TAPATURMA
VAKUUTUS
KESKUS

KEMIALLISTEN JA BIOLOGISTEN ALTISTEIDEN SEKÄ NANOTEKNOLOGIAN AIHEUTTAMAT TYÖTURVALLISUUS- JA TYÖTERVEYSRISKIT SUOMESSA

TAPATURMAVAKUUTUSKESKUKSEN
JULKAISUJA
2/2016

Julkaisija:
Tapaturmavakuutuskeskus (TVK)
(31.12.2015 asti Tapaturmavakuutuslaitosten liitto TVL)

www.tvk.fi

Helsinki 2016

Kirjoittaja:
Evelina Saarela
TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
Ympäristö- ja energiatekniikan koulutusohjelma
Kandidaatintyö
Joulukuu 2014
Tarkastaja: Johanna Pulkkinen

ISSN: ISSN 2343-4295
ISBN: 978-951-98488-8-4

Sisältö

1 Johdanto 6

2 Teoreettinen tausta 7
2.1 Kemialliset altisteet 7
2.2 Biologiset altisteet 8
2.3 Nanoteknologia 9

3 Tutkimusmenetelmät ja aineisto 11
3.1 Työn toteutustapa 11
3.2 Tiedonhaku 11
3.3 Työn lähdeaineisto 12

4 Kirjallisuusselvityksen tulokset 13
4.1 Yleiset riskeihin vaikuttavat tekijät 13
4.1.1 Yleiset työelämän kemiallisiin riskeihin vaikuttavat tekijät 14
4.1.2 Yleiset työelämän biologisiin riskeihin vaikuttavat tekijät 16
4.1.3 Yleiset työelämän nanoteknologisiin riskeihin vaikuttavat tekijät 19
4.2 Riskejä aiheuttavat altisteet 21
4.2.1 Riskejä aiheuttavat kemialliset altisteet 22
4.2.2. Riskejä aiheuttavat allergisoivat ja myrkylliset biologiset altisteet 27
4.2.3 Riskejä aiheuttavat zoonoosit ja muut infektiotaudit 29
4.2.4. Riskejä aiheuttavat nanoteknologiset altisteet 31
4.3 Erityisen riskialttiit alat 34
4.3.1 Jätehuolto 36
4.3.2 Kunnossapito 37
4.3.3 Metallurgia 38
4.3.4 Elintarviketeollisuus 38
4.3.5 Rakentaminen ja rakennusten korjaaminen 39
4.3.6 Metsäteollisuus ja biopolttoaineiden tuotanto ja käyttö 39
4.3.7 Terveydenhuolto 40

5 Tilastotutkimuksen tulokset 41
5.1 Altisteiden aiheuttamat työtapaturmat ja ammattitaudit Suomessa 41
5.2 Kirjallisuusselvityksen erityisen riskialttiiden alojen tilastollinen vertailu 43
5.2.1 Jätehuolto ja kunnossapito tilastoissa 44
5.2.2 Metallurgia tilastoissa 45
5.2.3 Elintarviketeollisuus tilastoissa 45
5.2.4 Rakentaminen ja rakennusten kunnostaminen tilastoissa 46
5.2.5 Metsäteollisuus tilastoissa 46
5.2.6 Terveydenhuolto tilastoissa 46

6 Yhteenveto ja johtopäätökset 48
6.1 Tärkeimmät havainnot ja päätelmät 48
6.1.1 Havainnot ja päätelmät yleisistä riskeihin vaikuttavista tekijöistä 48
6.1.2 Havainnot ja päätelmät riskejä aiheuttavista altisteista 49
6.1.3 Havainnot ja päätelmät erityisen riskialttiista aloista 50
6.2 Tulosten ja lähteiden luotettavuuden arviointi 52
6.3 Tulevaisuudennäkymät 53

Lähteet 54

Alkusanat

Kemiallisiin ja biologisiin altisteisiin sekä nanoteknologiaan liittyvää työturvallisuus- ja työterveystutkimusta tehdään laajasti. Tämän tutkimuksen aihe syntyi tarpeesta koota ja vetää yhteen aikaisempien tutkimusten tuloksia ja nostaa esille erityisesti nousevia riskejä sekä riskeille erityisen herkkiä aloja. Työssä pyrittiin myös tilastotietojen avulla saamaan tarkempi kuva kemiallisten ja biologisten altisteiden ja nanoteknologian aiheuttamista työtapaturma- ja ammattitautiriskeistä Suomessa.

Työ on tehty opinnäytetyönä Tampereen teknillisellä yliopistolla (TTY) yhteistyössä Tapaturmavakuutuslaitosten liiton (TVL) kanssa. Tutkimusta tehtäessä vuonna 2014 Tapaturma-vakuutuskeskuksen (TVK) nimi oli vielä Tapaturmavakuutuslaitosten liitto (TVL), tämän vuoksi raportissa käytetään TVK:sta sen vanhaa nimeä TVL.

Haluaisin kiittää kandidaatintyöni ohjaajaa Johanna Pulkkista sekä TVL:n tutkimus- ja analyysipalveluista johtaja Mika Tynkkystä ja työturvallisuuspäällikkö Janne Sysi-Ahoa perehdytyksestä, kommentoinnista ja tuesta työn suunnittelussa ja toteutuksessa.

4.4.2016
Evelina Saarela

Tiivistelmä

Kemialliset ja biologiset tekijät aiheuttavat Suomessa suurimman osan vuosittain rekisteröidyistä ammattitaudeista. Niiden lisäksi nanoteknologia on nouseva trendi, jonka hyödyntämiseen eri tuotteiden valmistuksessa liittyviä riskejä on tutkittu vasta vähän. Tämän työn tarkoituksena on tutkia kirjallisuusselvityksen ja tilastotutkimuksen avulla kemiallisia, biologisia ja nanoteknologiaan liittyviä tapaturma- ja ammattitautiriskejä. Tavoitteena on nostaa esille erityisesti nousevia riskejä sekä riskeille erityisen herkkiä aloja.

Riskejä aiheuttavien tekijöiden tarkastelu työssä on jaettu riskeihin vaikuttavien yleisten tekijöiden, riskejä aiheuttavien altisteiden ja erityisen riskialttiiden alojen tarkasteluun erikseen. Kemiallisia, biologisia ja nanoteknologiaan liittyviä tekijöitä on myös käsitelty erikseen. Riskiherkkiä aloja on tarkasteltu kaikkien kolmen altisteryhmän sekä tilastotietojen pohjalta. Tilastotietojen hyödyntämisellä pyrittiin selvittämään erityisesti Suomen tilannetta, sillä suurin osa tutkimuksista oli kansainvälisiä, esimerkiksi EU-alueen tai Pohjois-Amerikan, työturvallisuus- ja työterveystilannetta käsitteleviä.

Tutkimuksessa havaittiin kaikkiin kolmeen altisteryhmään liittyvän useita merkitysarvoltaan suuria riskitekijöitä. Kemiallisten ja nanoteknologiaan liittyvien riskien osalta erityisesti nopea tuotekehitys tunnistettiin yleiseksi ryhmien altisteiden riskeihin vaikuttavaksi tekijäksi, kun taas biologisten ja nanoteknologiaan liittyviin riskeihin yhdistettiin tekijänä myös varsinkin vähäiset tutkimustulokset ja huono tietämys ryhmään kuuluvista altisteista työpaikoilla. Yksittäisiä riskejä aiheuttavia altisteita tunnistettiin yhteensä 26. Kaikki tunnistetuista altisteista olivat ensisijaisesti ammattitautiriskejä kasvattavia ja hengitysteitse terveysvaikutuksia aiheuttavia. Altisteille herkimmiksi aloiksi tunnistettiin tutkimusten ja tilastotietojen pohjalta jätehuolto, kunnossapitotyö, metallurgia ja elintarviketeollisuus. Tulokset viittaavat siihen, että erityisesti tukitoimintojen ja uuden ympäristöystävällisen liiketoiminnan riskeihin sekä nanoteknologian mahdollisesti aiheuttamien ammattitautiriskien tutkimukseen tulisi kiinnittää huomiota. ■

1 Johdanto

Kemialliset ja biologiset altisteet sekä nanoteknologia ovat monilla työpaikoilla keskeisiä työturvallisuuteen ja -terveyteen vaikuttavia tekijöitä, joista voi kuitenkin olla hankalaa löytää koottua tutkimustietoa. Vaikka erilaisia kemiallisia ja biologisia tekijöitä sekä myös nanokokoisia ja ultrapieniä hiukkasia on esiintynyt työpaikoilla aina, uudenlaiset prosessit sekä kemian, biotekniikan ja nanoteknologian nopea kehitys ovat johtaneet mahdollisten uusien riskitekijöiden syntyyn. Näihin aloihin liittyvän tutkimustiedon karttuessa myös perinteisistä työtehtävistä on löytynyt riskejä, joita ei ole aiemmin havaittu.

Suomalaisen työelämän riskit ovat monin tavoin yhteneviä muualla Euroopassa ja esimerkiksi Yhdysvalloissa esiintyvien riskien kanssa, mikä mahdollistaa kansainvälisten tutkimusten hyödyntämisen myös kemiallisiin, biologisiin ja nanoteknologiaan liittyvien riskien arvioinnissa. Toisaalta kansalliset rakenteelliset painotukset tuovat oman lisänsä riskien arviointiin ja saattavat nostaa kansainvälisissä tutkimuksissa vähäisemmiksi katsottuja riskejä keskeisimmiksi.

Tämän työn tarkoituksena on tutkimustietoa ja ja Tapaturmavakuutuslaitosten liiton (TVL) hallinnoimia työtapaturma- ja ammattitautirekistereitä hyödyntäen selvittää, mitkä ovat tämän hetken huomattavimpia kemiallisiin biologisiin ja nanotekniikkaan liittyviin riskeihin vaikuttavia yleisiä tekijöitä ja altisteita työpaikoilla sekä tunnistaa erityisen riskialttiita aloja yleisesti ja Suomessa. Työ on toteutettu kahdessa osassa: tutkimustiedon pohjalta laadittuna kirjallisuusselvityksenä ja sen esille nostamia altisteherkkiä aloja Suomessa käsittelevänä tilastotutkimuksena. Aihepiirin laajuuden tähden yksittäisiä riskitekijöitä ei ole pääsääntöisesti käsitelty kovin syvällisesti vaan painopiste on ollut kokonaiskuvan muodostamisessa. Tarkastelun ulkopuolelle on jätetty maatalousyrittäjät sekä itsensä työllistävät yrittäjät, sillä heidän tapaturma- ja ammattitautitapauksensa eivät kuulu TVL:n aineistoon.
Aiheen käsittely alkaa kappaleessa 2, jossa kuvataan työn teoreettinen tausta: mitä kemialliset ja biologiset altisteet sekä nanoteknologia ovat ja miten ne ilmenevät työpaikoilla. Sitä seuraavassa Tutkimusmenetelmät ja aineisto -kappaleessa kerrotaan työn toteuttamismenetelmistä ja käytetyistä lähdemateriaaleista. Kappale 4 käsittelee kirjallisuusselvityksen ja kappale 5 tilastotutkimuksen tuloksia. Tuloksia vedetään yhteen ja arvioidaan Yhteenveto ja johtopäätökset -kappaleessa, jossa niistä summataan keskeisimmät havainnot ja trendit sekä pohditaan, mitkä havainnoista ovat oleellisimpia nyt ja lähitulevaisuudessa. Työn lopusta löytyvät lähdeluettelo sekä liitteet.

2 Teoreettinen tausta

2.1 Kemialliset altisteet

Kemikaaliturvallisuus on aiheena globaalisti työturvallisuuden kannalta keskeinen, sillä Kansainvälisen työjärjestön (ILO) arvioiden mukaan vuosittain yhteensä 2,02 miljoonaa työntekijää menehtyy ammattitauteihin, joista suurin osa on kemiallisten altisteiden aiheuttamia (ILO, 2013a). Euroopan työterveys- ja työturvallisuusviraston (EU-OSHA) arvioiden mukaan vastaava vuosittainen ammattitautikuolleisuus on EU-alueella 74 000 henkilöä (EU-OSHA, 2009b). Ammattitaudilla tarkoitetaan tautia, jonka voidaan todeta aiheutuneen taudin riskitekijöille altistumisesta töissä (ILO, 2013b). Ammattitautiriskien lisäksi kemiallisten altisteiden läsnäolo työympäristössä saattaa aiheuttaa esimerkiksi syttymis- ja räjähtämisherkkyydestä tai myrkyllisyydestä johtuvia välittömiä onnettomuusriskejä.

Kemiallisten altisteiden työntekijöille aiheuttamat riskit voidaan jakaa pääsääntöisesti kahteen ryhmään: terveysriskeihin ja fysikaalisiin riskeihin. Aineiden ja seosten vaarallisuutta arvioidaan ja luokitellaan näihin kategorioihin Suomessa, kuten muuallakin EU-alueella, vuonna 2009 säädetyn CLP-asetuksen avulla. Asetus korvaa siirtymäaikojen puitteissa EU:n vanhat aine- ja seosdirektiivit ja on yhdenmukainen YK:n hyväksymän GHS-järjestelmän kanssa, jonka tavoitteena on yhtenäistää koko maailman kemikaalien luokittelu- ja käsittelyperiaatteet. (Kemikaalineuvonta, 2013)

Toiminnanharjoittajia koskee kemikaaliturvallisuuden osalta EU:ssa myös REACH-asetus, jonka toimintaa CLP-asetus tukee. REACH-asetuksessa säädetään kemikaalien markkinoille ja käyttöön saattamiseen liittyvistä toimista, tarkoituksena huolehtia varsinkin erityistä huolta aiheuttavien aineiden riittävästä riskienhallinnasta ja tarpeen tullen kieltämisestä sekä testausmenetelmien luotettavuudesta (Euroopan kemikaalivirasto, 2014). Näiden kahden asetuksen lisäksi joidenkin kemikaalien erityisryhmien, esimerkiksi biosidien eli haitallisia eliöitä torjuvien aineiden, käytöstä on laadittu EU:ssa omia asetuksiaan (Tukes, 2014a).

CLP-asetuksessa määritetään, millä perusteilla aine tai seos testataan ja luokitellaan vaaralliseksi sekä miten vaarallisia kemikaaleja tulee merkitä, pakata ja käsitellä. Asetus määrittelee yhteensä yhdeksän päävaaraluokkaa, joihin vaaralliset aineet ja seokset luokitellaan. (EY N:o 1272/2008) Työterveyden parantamisen kannalta yksi olennaisimmista uudistuksista vanhoihin direktiiveihin nähden on uusi GHS 08 -vaaraluokka, jolla kuvataan vakavia terveysvaikutuksia, esimerkiksi karsinogeenisyyttä ja elinkohtaista myrkyllisyyttä.

Työympäristössä olevista kemikaaleista helpoimmin tunnistettavia ovat ne, jotka liittyvät suoraan työtehtävän suorittamiseen. Tällaisia ovat esimerkiksi raaka- ja apuaineet sekä työympäristön kunnossapitoon käytettävät kemikaalit. Toiminnanharjoittajan tulee olla selvillä tiloissaan olevien kemikaalien ominaisuuksista, sillä Suomessa laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn

turvallisuudesta velvoittaa selvilläolovelvollisuuden: velvollisuuden hankkia turvallisuuden kannalta riittävät tiedot toimitiloissa käytettävien tai varastoitavien vaarallisten kemikaalien ominaisuuksista. Lainsäädännössä annetaan velvoitteita liittyen myös muun muassa työtilojen turvalliseen suunnitteluun ja vaarallisten aineiden korvaamiseen turvallisemmilla. (L 3.6.2005/390)

Kemiallisia yhdisteitä voi syntyä myös varsinaisen työn sivutuotteena, esimerkiksi pölyinä tai höyryinä, tai niitä voi päätyä työympäristöön esimerkiksi ilmastoinnin tai rakenteiden kautta. Työympäristössä saattaa tapahtua myös epätoivottuja kemiallisia reaktioita, mikäli ympäristöön on esimerkiksi jäänyt kemikaalijäämiä tai aineita on yhdistetty virheellisesti. Esimerkkinä tällaisesta tapahtumasta on kloridiliuotinjäämiä sisältävän pinnan hitsaaminen, josta voi syntyä erittäin myrkyllistä fosgeenikaasua aikaansaava reaktio (EU-OSHA, 2012b). Sivutuotteista tai vahingossa syntyvistä yhdisteistä aiheutuvia riskejä on vaikeampi tunnistaa kuin tunnetuista aineista ja seoksista aiheutuvia, mikä tekee myös niiden arvioinnista ja hallinnasta hankalampaa.

2.2 Biologiset altisteet

Biologisilla altisteilla on muista työympäristössä mahdollisesti esiintyvistä altisteista poikkeavia ominaisuuksia, jotka vaikuttavat niiden aiheuttamien riskien arviointiin ja torjuntaan. Tärkeimpänä näistä pidetään monesti biologisten tekijöiden kykyä lisääntyä ja kehittyä: niiden määrä ympäristössä voi kasvaa erittäin nopeasti ja niille voi samalla syntyä uudenlaisia ominaisuuksia (EU-OSHA, 2010). Lisäksi monet biologisten altisteet aiheuttavat pitkittyneitä vaikutuksia ja ammattitauteja, joiden syy-seuraussuhteiden arviointi on usein monimutkaista. Arvioiden mukaan biologiset altistetekijät ovat EU-alueella syynä 5000 työntekijän menehtymiseen vuosittain (EU-OSHA, 2007).

Biologiset altistetekijät voidaan jakaa kuuteen pääryhmään: viruksiin, bakteereihin, sieniin, parasiitteihin, kasveihin sekä näiden metabolisiin yhdisteisiin (EU-OSHA, 2010). Joskus mukaan lasketaan myös hyönteiset (TTL, 2013b). Metabolisilla yhdisteillä tarkoitetaan aineita, jotka syntyvät eliöiden aineenvaihdunnan tuloksena, esimerkiksi joidenkin homeiden tuottamia toksiineja. EU:n lainsäädännössä biologisia altisteita käsittelevä direktiivi 2000/54/CE jakaa altisteet neljään eri luokkaan niiden patogeenisyyden, eli taudinaiheuttamiskyvyn, leviämisen sekä torjunta- ja parannuskeinojen saatavuuden mukaan. (D 2000/54/EC). Työntekijä voi joutua kosketuksiin taudinaiheuttajien eli patogeenien kanssa joko toisen ihmisen tai eläimen kautta tai työskenneltäessä taudinaiheuttajia sisältävässä ympäristössä, esimerkiksi käsiteltäessä jätteitä tai eloperäistä materiaalia (Rim & Lim, 2014). Taudinaiheuttajat voivat päästä elimistöön hengityksen, ruoansulatuksen, ihon, silmien, limakalvojen tai haavojen kautta (EU-OSHA, 2010). Eräs erityinen ja yleisimmin huolta aiheuttava patogeenien ryhmä ovat eläinten ja ihmisten välillä tarttumaan kykenevät taudit eli zoonoosit, joiden tutkimukseen ja torjuntaan on viime vuosina panostettu huomattavasti EU-tasolla (Zoonoosikeskus, 2013).

Taudinaiheuttajien lisäksi toinen yleinen biologisten altisteiden ryhmä ovat allergisoivat ja ärsyttävät aineet (Rim & Lim, 2014). Tällaisia ovat muun muassa orgaaniset pölyt, kuten puu- ja elintarvikepölyt, homeet sekä gram-negatiivisten bakteerien hajoamisesta syntyvät yhdisteet, endotoksiinit. Tyypillisimpiä näiden altisteiden aiheuttamista ammattitaudeista ovat erilaiset hengitystiealtistumisesta aiheutuvat taudit, esimerkiksi alveoliitti eli homepölykeuhko, sekä ihoallergiat. (TTL, 2013b) Joillain biologisilla altisteilla on myös karsinogeenisiä vaikutuksia (ILO, 2010).

2.3 Nanoteknologia

Nanomateriaali määritellään Euroopan komission nimeämissuosituksessa materiaaliksi, jonka sisältämistä partikkeleista yli puolella jokin ulkomitta on 1 - 100 nanometriä. Partikkelit voivat olla esiintyvät tyypillisesti joko sitoutumattomassa muodossa tai agglomeraatteina, eli usean heikosti toisiinsa sitoutuneen hiukkasen kokonaisuuksina. (Euroopan komissio, 2011) Nanomateriaalien kehittämiseen ja hyödyntämiseen keskittyvä nanoteknologia nykymuodossaan on uusi ja nopeasti kehittyvä tekniikan ala, jonka avulla materiaaleihin ja tuotteisiin saadaan uudenlaisia ominaisuuksia. Työpaikalla tapahtuvaa nanomateriaaleille altistumista on kuitenkin tutkittu vasta vähän (EU-OSHA, 2009c). Tämä näkyy myös lainsäädännössä: esimerkiksi Euroopan unionin REACH-asetus ei sisällä erillisiä määräyksiä nanoteknologialle (Savolainen, 2013).

Nanoteknologian kehitystä on selvennetty ajallisesti kuvassa 1. On kuitenkin huomattava, että nanokokoisiin hiukkasiin perustuvia sovelluksia,

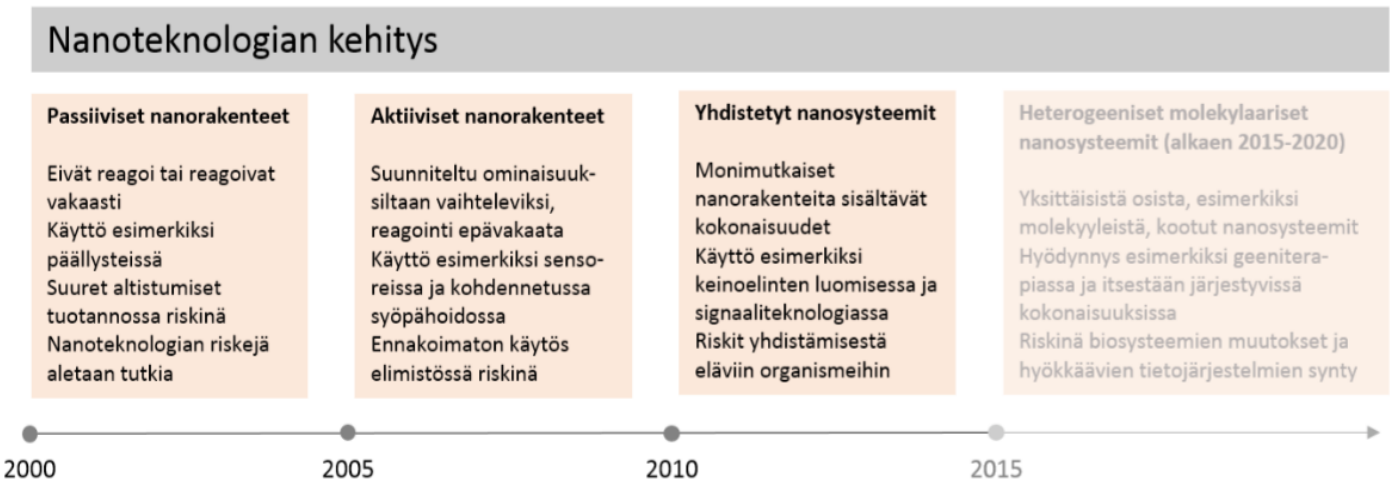
esimerkiksi valokuvausfilmien päällystämistä hopealla, on hyödynnetty jo ennen kuvassa esitettyä modernin nanoteknologian syntyä (OECD, 2005).

Kuvasta 1 huomataan, että modernin, hiukkasten rakenneominaisuuksia muuntelevan, nanoteknologian kehitys on alkanut 2000-luvun alussa, mutta kehittynyt nopein askelin kohti monimutkaisempia ja erilaisia toiminnollisuuksia sisältäviä rakenteita. Nykytrendi on suuntautumassa kohti biologisten järjestelmien toimintaa imitoivia heterogeenisiä molekylaarisia nanosysteemejä, jotka voidaan suunnitella ja koota yksittäisistä molekyyleistä tai muista rakenneosista käyttöön esimerkiksi lääketieteellisessä hoidossa (International Risk Governance Council, 2006).

Nanohiukkasia voi vapautua työympäristöön joko niitä sisältävien materiaalien tuotannosta ja käsittelystä tai sivutuotteena muista prosesseista. Ihmisen kehoon nanohiukkaset voivat päästä keuhkojen, suun tai ihon välityksellä. Vaarallisimmiksi terveydelle on luokiteltu vapaat nanopartikkelit (CRO Forum, 2010). Tällaisia nanopartikkeleita voi syntyä esimerkiksi pintoja hitsatessa tai poratessa nanorakenteita sisältävää betonia, eikä niihin liittyviä riskejä osata usein tunnistaa (EU-OSHA, 2012a).

Teollisuudessa yleisimmin käytössä olevia nanomateriaaleja ovat esimerkiksi metallinanohiukkaset ja erilaiset oksidipohjaiset nanoyhdisteet, muun muassa titaniumdioksidi (TiO2), sekä fullereenirakenteiset aineet, kuten pallomainen fullereeni (C60) ja hiilinanoputket (EU-OSHA, 2009c). Nanohiukkasilla on painoonsa nähden suuri pinta-ala, joka johtaa normaalisti korkeaan reaktiivisuuteen sekä fysikaalisten ominaisuuksien, esimerkiksi sähkönjohtavuuden ja optisten ominaisuuksien, muutoksiin. (OECD, 2005) Hiiliatomeista rakennettuja pallomaisia fullereenimolekyylejä ja onttoja hiilinanoputkia käytetään reaktiivisuutensa ansiosta muodostamaan lujia ja taipuisia yhdisteitä, joita käytetään esimerkiksi sähköä johtavien kalvojen ja rakennusmateriaalien valmistuksessa (Kauppinen & Kuusi, 2010). Nanokokoisista metallihiukkasista yksi käytetyimmistä on hopea, jota hyödynnetään antibakteeristen ominaisuuksiensa tähden esimerkiksi tekstiileissä ja elintarvikepakkauksissa. Titaniumdioksidi kykenee suodattamaan ultraviolettivaloa ja muodostamaan kovia pintoja, mikä on johtanut sen käyttöön laajasti muun muassa kosmetiikassa ja maaleissa. (CRO Forum, 2010)

Kuva 1. Nanoteknologian kehitys ja lähitulevaisuuden näkymät (laadittu lähteen International Risk Governance Council, 2006, s. 14 taulukon pohjalta).



3 Tutkimusmenetelmät ja aineisto

3.1 Työn toteutustapa

Työtä suunniteltaessa tavoitteeksi asetettiin laajaa aihealuetta kokoava kirjallisuuskatsaus, jota olisi mahdollista käyttää pohjana tulevalle tutkimukselle ja sen painopisteiden asettelulle. Tämän lisäksi toteutettiin kirjallisuusselvityksen jälkeen sen havaintoja riskialttiista aloista Suomessa tutkiva tilastotutkimus Tapaturmavakuutuslaitosten liiton (TVL) hallinnoimia työtapaturma- ja ammattitautirekistereitä hyödyntäen.

Kirjallisuusselvityksessä käytetyn lähdemateriaalin hakutiedot päätettiin koota hakupäiväkirjaan, jossa eri tietokannoista haettujen ja lähteenä käytettyjen julkaisujen määrät sekä hakuehdot ovat nähtävissä. Hakupäiväkirja löytyy työstä liitteenä 1. Hakupäiväkirjan sisältämät tulokset kattavat systemaattisesti tietokannoista etsityt lähteet, joiden lisäksi kirjallisuusselvityksessä on erityisesti teoriaosiota varten käytetty myös erikseen etsittyjä lähteitä.

3.2 Tiedonhaku

Kirjallisuusselvityksen tiedonhakuun käytettiin internetistä löytyviä tieteellisten julkaisujen tietokantoja sekä eri tutkimusorganisaatioiden sivustoja. Tietokannat, joista julkaisuja etsittiin, ovat Google Scholar, Tampereen teknillisellä yliopistolla käytössä oleva Nelli-portaali sekä avoin vertaisarvioitujen julkaisujen tiedeportaali PLOS One. Tutkimusorganisaatioista julkaisuja etsittiin erityisesti Euroopan työterveys- ja työturvallisuusviraston (EU-OSHA) sekä Kansainvälisen työjärjestön (ILO) tietokannoista. Suomeen liittyvää tietoa etsittiin erityisesti Työterveyslaitoksen (TTL) julkaisuista ja biologisiin tekijöihin liittyen myös Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen (THL) tietokannasta. Niissä tietokannoissa, joissa haun antamien tulosten julkaisuvuosien rajaaminen oli mahdollista, hakutulokset rajattiin ensisijaisesti koskemaan 2010-lukua, eli vuosia 2010-2014. Hakusanojen asettelulla pyrittiin etsimään selvityksen pohjaksi erityisesti kokoavia tutkimuksissa, joissa suurimpia kemiallisiin ja biologisiin altisteisiin sekä nanoteknologiaan liittyviä riskejä on pyritty tunnistamaan.

Tilastotietoja tilastotutkimusta varten haettiin Tapaturmavakuutuslaitosten liiton (TVL) Tapaturmapakki-työkalulla tietokannasta, johon on koottu Suomessa vakuutusyhtiöiden tietoon tulleet työtapaturmatapaukset vuosilta 1999-2012 ja ammattitautitapaukset vuosilta 2005-2012. Tilastotiedot rajattiin sekä työtapaturmien että ammattitautien osalta koskemaan vuosia 2005-2012, sillä tällä aikavälillä niiden tilastointiperiaatteissa ei ole tapahtunut huomattavia muutoksia. Hauista rajattiin pois työmatkalla sattuneet tapaturmat. Ammattitaudeista haettiin todettuja ammattitauteja rekisteröintivuoden mukaan, ammattitautiepäilyt rajattiin pois hauista. Tilastotutkimusta varten etsittiin sekä tilastoituja työtapaturmien ja ammattitautien määriä eri aloilta että sanahaulla mainintoja kirjallisuusselvityksessä keskeisiksi tunnistetuista altisteista työtapaturmakuvauksista. TVL:n hallinnoimien tietokantojen lisäksi tilastotietoja tutkimusta varten haettiin myös Tilastokeskuksen, Työterveyslaitoksen ja Turvallisuus- ja kemikaaliviraston (Tukes) tietokannoista ja tilastojulkaisuista, sekä muutamia tietoja myös yleisellä internet-haulla tilastointivastuussa olevien organisaatioiden sivustoilta.

3.3 Työn lähdeaineisto

Kirjallisuusselvityksen tiedonhaussa löytyi yhteensä 77 aihepiiriin liittyvää artikkelia ja tilastojulkaisua, joista suurin osa, 53 kappaletta, on luonteeltaan laajoja, kokonaista altisteryhmää, maakohtaista tai kansainvälistä työturvallisuus- ja terveystilannetta tai tiettyjen työperäisten sairauksien syitä analysoinutta tutkimusta. Artikkeleista suurin osa käsitteli aihepiiriltään useampaa kuin yhtä kolmesta tutkittavasta altisteryhmästä, kemiallisista, biologisista ja nanoteknologiaan liittyvistä altisteista. Jokaista yksittäistä altisteryhmää tai sen osaa käsitelleitä tutkimuksia valikoitui lähdeaineistoon suunnilleen yhtä paljon, noin 15 artikkelia altisteryhmää kohden. Lähteistä osa on suomenkielisiä ja käsittelee Suomen työterveyttä- ja turvallisuutta omana kokonaisuutenaan EU:n ja koko maailman tilanteessa. Lähdeaineistosta valtaosa, 64 artikkelia, on julkaistu aikavälillä 2010-2014. Vanhin artikkeli on vuodelta 2005. Suurin osa lähdeaineistoon valikoituneista artikkeleista haettiin Google Scholar -hakukoneen kautta, jonka lisäksi kirjastoportaali Nelli ja asiantuntijaorganisaatioiden julkaisuhaut tuottivat useita lähdeaineistoja. Hauista tehty hakupäiväkirja on työn liitteenä 1.

Lähdeaineiston tutkimusten yleisin muoto on kirjallisuusselvitys, ja suurin osa niistä on julkaistu kansainvälisissä tiedejulkaisuissa. Asiantuntijaorganisaatioista erityisesti EU-OSHA:n, TTL:n, ILO:n ja THL:n raportteja ja tilastotietoja kuuluu lähdeaineistoon huomattavasti, yhteensä 21 kappaletta. Myös Yhdysvalloissa toimivan kansallisen National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) -instituutin julkaisuja kuuluu lähdeaineistoon muutamia.

Tilastotutkimuksessa jokaiseen riskialttiiksi tunnistettuun alaan liittyvät työtapaturma- ja ammattitautitiedot löydettiin TVL:n hallinnoimista tietokannoista, jonka lisäksi Tilastokeskuksen tietokannoista saatiin tapaturmataajuuksien laskemiseen tarvittavat alakohtaisesti tehdyt vuosityötunnit. Sanahaut keskeisiksi tunnistetujen altisteiden aiheuttamista työtapaturmista tuottivat hakutuloksia työtapaturmakuvauksista vain muutamien altisteiden osalta. TTL:n julkaisuista saatiin lisätietoja erityisesti ammattitauteihin ja Tukesin VARO-rekisteristä kemikaalionnettomuuksiin liittyen.

Taulukko 1. Kirjallisuusselvityksessä ilmenneet yleisesti työympäristöjen kemiallisiin, biologisiin ja nanoteknologiaan liittyviin riskeihin vaikuttavat tekijät.

	Kemialliset altisteet	**Biologiset altisteet**	**Nanoteknologia**
Keskeisimmiksi nousseet	Iho- ja hengitystie-altistuminen Seosten turvallisuus ja samanaikainen altistuminen useille kemikaaleille Nopea tuotekehitys PK-yritykset ja aliurakoitsijat	Huono tietämys biologisista altisteista ja niiden tehokkaiden mittausmenetelmien puute Globalisaation vaikutus työpaikkojen biologisiin altisteisiin	Riskienarvioinnin haastavuus: tutkimustiedon ja mittausmenetelmien puutteen sekä nopean tuotekehityksen yhdistelmä Keuhkoaltistumisen riskit Nanoteknologian laaja-alainen hyödyntäminen
Muut esille tulleet	Lisääntyvä altistuminen kemikaaleille Työperäisten syöpien lisätutkimustarve	Lisääntyvä altistuminen biologisille tekijöille Biologisten ja kemiallisten tekijöiden yhdistelmät	Nanoteknologian asema lainsäädännössä ja sen määritelmät

4 Kirjallisuusselvityksen tulokset

4.1 Yleiset riskeihin vaikuttavat tekijät

Työympäristöjen kemiallisiin, biologisiin ja nanoteknologiaan liittyviin riskeihin vaikuttavia yleisiä tekijöitä, eli kehityssuuntia, tärkeimpiä altistumisreittejä ja -tapoja sekä lisätutkimustarpeita, tuotiin tutkimuksissa esille useita. Keskeisimmiksi nousseet ja muut esille tulleet tekijät on kerätty taulukkoon 1, jonka lisäksi jokaista käsitellään erikseen kappaleessa.

Tekijät on jaettu keskeisimpiin ja muihin havaittuihin niiden mainintakertojen ja nousevuuden arvioinnin mukaan: keskeisimmiksi nousseet tekijät tulivat esille useissa tutkimuksista ja ne arvioitiin usein nouseviksi. Nousevuuden arvioimisessa käytettiin EU-OSHA:n käyttämää määritelmää nousevasta riskistä: nousevalla riskillä tarkoitetaan riskiä, joka on sekä uusi että kasvava. Uudella riskillä tarkoitetaan joko riskiä, joka syntyy uuden ilmenevän tekijän, esimerkiksi uuden prosessin, teknologian tai työpaikan, seurauksena tai joka on ollut olemassa jo pidempään, mutta on tunnistettu vasta äskettäin. Kasvavalla riskillä tarkoitetaan riskiä, johon johtavien vaarojen määrä on kasvamassa, vaaroille altistumisen todennäköisyys on kasvamassa tai vaaran mahdolliset vaikutukset työntekijöiden terveyteen ovat kasvamassa. (EU-OSHA, 2007)

4.1.1 Yleiset työelämän kemiallisiin riskeihin vaikuttavat tekijät

Tutkimuksissa tunnistettiin monia tekijöitä, jotka vaikuttavat yleisesti kemiallisten altisteiden työpaikoilla aiheuttamiin riskeihin. Muutamat tekijöistä nousivat selkeästi keskeisimmiksi.

Iho- ja hengitystiealtistuminen

Iho- ja hengitystiealtistuminen on merkittävä tekijä kemialliselle työturvallisuudelle. Yhdysvaltojen teollisuudessa on havaittu, että 94 prosenttia kemikaalien aiheuttamista tapaturmista johtuu suorasta altistumisesta haitalliselle aineelle, kun taas esimerkiksi tulipalojen osuus on vain yksi prosentti. Tapaturmiin johtaneista altistumisista 48 prosenttia aiheutuu ihoaltistumisesta ja 25 prosenttia hengityksen kautta altistumisesta (Mannan et al., 2008).

Tapaturmien ohella myös työperäisestä iho- ja hengitystiealtistumisesta aiheutuvat ammattitaudit ovat tyypillisiä. Arvioiden mukaan kaikista aikuisiällä alkaneista astmoista 16,3 prosenttia aiheutuu työpaikalla tapahtuneesta altistumisesta (Tarlo & Lerniere, 2014). EU-OSHA nimeää ihoaltistumisen haitallisille kemikaaleille yhdeksi kymmenestä nousevimmasta työpaikkojen kemiallisesta riskistä EU-alueella. Esille nostettiin erityisesti se, ettei allergisoiville ihoaltisteille ole määritelty altistumisen raja-arvoja (EU-OSHA, 2009b). Iho- ja hengitystiealtistuminen on havaittu keskeiseksi työympäristöjen riskiksi myös Suomessa: haittapainotettuja elinvuosia (DALY) hyödyntävä vertailu sijoitti pölyjen ja kemikaalien aiheuttaman iho-, astma- ja keuhkoahtaumataudin riskien lisääntymisen työympäristön toiseksi suurimmaksi riskitekijäksi heti tapaturmien jälkeen (Pekkanen, 2010).

Seosten turvallisuus ja samanaikainen altistuminen useille kemikaaleille

EU-OSHA on nostanut seosten turvallisuuden yhdeksi tärkeimmistä työterveyden ja -turvallisuuden tutkimuspäämääristä aikavälille 2013-2020,

sillä työympäristöjen ja -tehtävien monimutkaistuessa monitekijäinen altistuminen tulee todennäköisesti lisääntymään eikä seoksista työympäristöissä ole riittäviä altistumistietoja. (EU-OSHA, 2014) Myös ILO toteaa, että seosten turvallisuuden arviointi ei ole GHS-järjestelmän käyttöönotosta huolimatta riittävällä tasolla: turvallisuuspohdinnat keskittyvät lähinnä puhtaisiin aineisiin, vaikka suurin osa työntekijöiden kemikaalialtistumisesta tapahtuu erilaisista seoksista (ILO, 2013a). Suomessa TTL näkee altistumisen pienelle määrälle useita vaarallisia kemikaaleja samanaikaisesti tulevaisuudessa tyypillisenä ilmiönä, jonka seurauksia ei tunneta vielä riittävästi (TTL, 2010c).

Nopea tuotekehitys

Tuotekehitys ja uusien työalojen syntyminen ovat ajankohtaisia erityisesti Suomen kaltaisilla alueilla, joilla on tarve parantaa kilpailukykyään uusien innovaatioiden avulla. Nopeaan tuotekehitykseen liittyvät riskit ovat usein monitekijäisiä, ja niihin sisältyy kemiallisten altisteiden lisäksi myös biologisia ja nanoteknologiaan liittyviä tekijöitä. (EU-OSHA, 2014) ILO painottaa turvallisuustutkimuksen merkitystä aineiden ja materiaalien markkinoille saattamisessa, vaikka se onkin monesti huomattavasti hitaampaa kuin itse tuotekehitys (ILO, 2013a).

Kemialliset altisteet ovat läsnä monissa uusissa teollisissa sovelluksissa. Joskus niiden rooli saattaa olla oletettua suurempi: esimerkiksi biotekniikan alalla juuri kemialliset altisteet ovat oletusten vastaisesti aiheuttaneet vakavimmat työturvallisuus- ja työterveysongelmat (Corn, 2012). Työelämän tulevaisuuden kehitystä arvioineessa tutkimuksessa on havaittu sekä vahvan talouskasvun että ympäristöarvojen nousun, sekä näiden erilaisten yhdistelmien, tuottavan uusia kemiallisiin altisteisiin liittyviä työturvallisuus- ja -terveysriskejä, joko lukuisten uusien sovellusten käyttöönoton tai puutteellisten työolojen ja -perehdytyksen tähden. (EU-OSHA, 2013)

PK-yritykset ja aliurakoitsijat

Pienet ja keskikokoiset yritykset sekä aliurakoitsijat nousivat esille kemiallisiin altisteisiin liittyvien riskien yhteydessä. Sekä PK-yritysten riskienhallinnan puutteet että aliurakoitsijoiden käyttö ovat EU:n kymmenen nousevimman kemiallisen riskin joukossa (EU-OSHA, 2009b). PK-yritysten merkitys Suomen taloudessa on kasvanut viime vuosien aikana, ja nykyään niihin työllistyy noin kaksi kolmannesta suomalaisista työntekijöistä (TTL, 2013d). EU-alueella kemian alan yrityksistä 96 prosenttia on kooltaan pieniä tai keskisuuria, eli työllistää alle 250 työntekijää (EU-OSHA, 2012b).

Sekä PK-yrityksissä että väliaikaisessa työsuhteessa työskentelevät jäävät muita työntekijöitä helpommin työturvallisuuden- ja työterveyden parannustoimenpiteiden ja raportoinnin ulkopuolelle, mikä voi hidastaa työolojen paranemista (ILO, 2013b). Suomessa on havaittu, että aliurakoinnin käyttö prosessilaitosten seisokeissa lisää kemikaalitapaturmien riskiä, sillä aliurakoitsijoiden riskienhallintaa ei ole usein toteutettu systemaattisesti (Malmén et al., 2010). Suomalaisissa yrityksissä turvallisuuskysymyksiä ei kyselytutkimuksen perusteella oteta riittävästi huomioon aliurakoitsijaa valittaessa, vaikka tilanne onkin muuttunut paremmaksi 2000-luvun alusta (Hämäläinen & Anttila, 2008).

Lisääntyvä altistuminen kemikaaleille

Riskiä lisääntyvästä altistumisesta kemikaaleille on perusteltu EU-alueella kasvavalla ammattitautien lukumäärällä ja herkistymis- ja allergiaoireiden lisääntymisellä työpaikoilla (EU-OSHA, 2014). Suomessa todetuissa ammattitautimäärissä ei ole havaittavissa tällaista trendiä (TTL, 2013a), joskin TTL:n teollisuuden työntekijöille tekemissä kyselytutkimuksissa yhä useampi työntekijä ilmoittaa käsittelevänsä töissä terveydelle vaarallisia tai haitallisia aineita. Kolmen vuoden välein tehtävissä seurantatutkimuksissa tällaisia aineita on aiemmin 2000-luvulla ilmoittanut käsittelevänsä noin 30 prosenttia työntekijöistä, kun luku edellisessä vuoden 2012 tutkimuksessa nousi 42 prosenttiin. (TTL, 2013b).

Työperäisten syöpien lisätutkimustarve

Työperäiset syöpien kohdalla painotettiin erityisesti niiden asemaa yhtenä suurimmista työperäisten kuolemien aiheuttajista (EU-OSHA, 2014). Erityisesti yhteistyön puute esimerkiksi terveydenhuollon ja työpaikkojen välillä sekä puute systemaattisesta syöpätilastojen ja altisteiden analysoinnista johtavat siihen, ettei työperäistä altistumista osata tunnistaa syövän syyksi, eikä työpaikoilla mahdollisesti vaikuttavia karsinogeenejä siten tunnisteta ajoissa (Rushton, 2014).

Arvioidaan myös, että työperäisistä altistuksista aiheutuvan keuhkosyövän tutkimus on jäänyt liian vähäiseksi tupakoinnin merkityksen keuhkosyövän aiheuttajana ylikorostuessa. Uusia hengityksen

kautta vaikuttavia karsinogeenejä löydetään jatkuvasti lisää ja tunnettuja arvioidaan uudestaan (Field & Withers, 2012). Keuhkosyöpä on Suomessa yleisin todettu työperäinen syöpä, ja on arvioitu, että 13-40 prosenttia keuhkosyöpätapauksista liittyy työperäiseen altistumiseen. Suuri osa tapauksista aiheutuu edelleen pitkien latenssiaikojen takia asbestista, mutta myös muita potentiaalisesti keuhkosyöpää aiheuttavia työaltisteita on tunnistettu runsaasti. (Rantanen, 2009)

4.1.2 Yleiset työelämän biologisiin riskeihin vaikuttavat tekijät

Biologisiin altisteisiin liittyviä riskejä työpaikoilla käsitelleet tutkimukset olivat suurilta osin yksimielisiä keskeisimmistä riskeihin vaikuttavista tekijöistä. Erityisesti kaksi keskeistä tekijää nousi esille tutkimuksissa.

Huono tietämys biologisista altistetekijöistä ja tehokkaiden mittausmenetelmien puute

Huono tietämys biologisista altistetekijöistä ja niiden tehokkaiden mittausmenetelmien puute oli toinen keskeisimmistä tekijöistä. Biologisten riskien huonon arviointi on arvioitu yhdeksi kymmenestä nousevimmasta työympäristöjen biologisiin tekijöihin liittyvästä riskistä EU-alueella. Syyksi riskienarvioinnin alhaiselle tasolle pidetään puutteellista tietämystä biologisista tekijöistä työpaikoilla sekä mittaus- ja arviointityökalujen, esimerkiksi standardoitujen mittausmenetelmien ja harmonisoitujen altistusrajojen, puutetta. Myös vähäinen perehdytys bioturvallisuuteen työpaikoilla vaikuttaa tilanteeseen. (EU-OSHA, 2007) TTL linjaa vuoden 2009 Työ ja terveys Suomessa -raportissaan, että biologisten altisteiden arviointiin työpaikoilla tarvitaan lisäohjeistusta (TTL, 2010c). Sitä seuranneen, vuoden 2012 raportin perusteella asiassa on tapahtunut edistystä ainakin metsäteollisuudessa (TTL, 2013d).

Pelkkää mittausmenetelmien kehitystä ei kuitenkaan pidetä riittävänä, vaan myös tulosten tulkintaan ja realististen altistumismallinnusten luomiseen tulisi kiinnittää huomiota (Guillemin, 2010). Myös eri alojen väliset erot riskitietoisuudessa nostettiin esille. Aloilla, joilla biologiset altisteet syntyvät sivutuotteina, tietoisuus on usein huonoa ja suojautumistoimenpiteet riittämättömiä. (Corrao et al., 2012) EU-alueella biologisten riskien tuntemus on hyvällä tasolla biologisten tekijöiden kanssa jatkuvasti työskentelevillä työntekijöillä, esimerkiksi lääkäreillä ja laboratoriohenkilökunnalla, mutta huonompaa muilla aloilla (EU-OSHA, 2010).

Globalisaation vaikutus biologisiin altisteisiin työpaikoilla

Toinen keskeiseksi noussut tekijä oli globalisaation vaikutus biologisiin altisteisiin työpaikoilla. Suomessa sosiaali- ja terveysministeriö on luokitellut globalisaation yhdeksi sosiaali- ja terveyspolitiikan suurimmista haasteista lähitulevaisuudessa (Sosiaali- ja terveysministeriö, 2013). Tutkimuksissa erityisesti tartuntatautien leviäminen huomioitiin jatkuvasti kasvavana riskinä. Globaalit epidemiat, esimerkeiksi SARS:in tai lintuinfluenssan kaltaisten patogeenien aiheuttamat laajat pandemiat, on arvioitu EU:ssa nousevimmaksi työpaikkojen biologiseksi riskiksi. Lentoliikenteen ja globaalien kuljetusten lisääntymisen sekä ilmastonmuutoksen nähdään lisäävän todennäköisyyttä myös jo pitkään tunnettujen tautien, esimerkiksi koleran ja keltakuumeen, palaamiseen EU-alueelle. (EU-OSHA, 2007)

Myös Euroopan tautikeskus (ECDC) luokittelee hyönteisistä leviävät trooppiset taudit huomattavaksi riskiksi Euroopassa (ECDC, 2014). Sika- ja lintuinfluenssan kaltaisten tautien aiheuttamaa pandemiaa Euroopassa pidetään epätodennäköisenä, mutta ennaltaehkäisyn ja varautumisen tärkeyttä painotetaan erityisesti riskialttiilla aloilla, kuten terveydenhuollossa ja karjankasvatuksessa. Myös vähemmän tunnetut mahdolliset epidemian aiheuttajat, kuten esimerkiksi globaalisti nouseviksi arvioidut hantavirukset, tulisi ottaa huomioon varautumisessa. (Dutkiewicz et al., 2011)

Vierasperäisiä ja uusia taudinaiheuttajia saatetaan myös käsitellä laboratorioissa liian heikoilla turvatoimilla, mikäli niiden ominaisuuksia ei tunneta kunnolla. Esimerkkitapauksiksi nostettiin Singaporessa ja Taiwanissa SARS-epidemian aikana tapahtuneet kaksi tartuntaan johtanutta laboratoriovahinkoa sekä USA:ssa havaittu mikrobiologien muuta väestöä suurempi todennäköisyyden sairastua meningokokin aiheuttamaan aivokalvontulehdukseen. (Corrao et al., 2012) Myös influenssan kaltaiset melko hyvin tunnetut taudit saattavat levitä muillakin kuin nykyisin tunnetuilla tavoilla, esimerkiksi pienipisaraisina aerosoleina sairastuneen ympärillä. (Cummings et al., 2014)

Lisääntynyt altistuminen biologisille tekijöille

Kahden keskeisimmäksi nousseen tekijän lisäksi myös muita biologisiin altisteisiin liittyviä tekijöitä tuli esille. Lisääntynyt altistuminen biologisille tekijöille otettiin esille TTL:n mittauksissa ja EU-OSHA:n raportissa. TTL:n työhygieenisissä mittauksissa on havaittu lievää nousua työilman jauhopölyn ja orgaanisen pölyn mediaanipitoisuuksissa mittausvälillä 2008-2011 verrattuna väliin 2004-2007 (TTL, 2013d). EU-OSHA näkee mahdollisuuksia sille, että orgaanisten pölyjen määrä tulee kasvamaan työpaikoilla, erityisesti teollisuuden muuttuessa entistä raaka-ainetietoisemmaksi, jolloin vanhoja materiaaleja kierrätetään ja pölyjä voi siten päästä helpommin vapautumaan työilmaan (EU-OSHA, 2014).

Biologisten ja kemiallisten tekijöiden yhdistelmät

Biologisten ja kemiallisten tekijöiden yhdistelmien altistumistyyppejä oli tutkimuksissa kaksi: biologiset tekijät, jotka vapauttavat haitallisia kemiallisia yhdisteitä sekä kemiallisten tekijöiden haitalliset vaikutukset biologisiin altisteisiin. Yhdistetty altistuminen kemiallisille ja biologisille tekijöille on yksi kymmenestä nousevimmasta biologisesta riskistä EU-alueen työpaikoilla. Työterveysongelmia pidetään helposti yksiselitteisinä, vaikka niiden on havaittu usein olevan monitekijäisiä. Esimerkkinä tällaisista tekijöistä ovat endotoksiinit, eli gram-negatiivisten bakteerien erittämät monissa työympäristöissä yleiset ärsyttävät yhdisteet, sekä homeiden tuottamat toksiinit. (EU-OSHA, 2007)

Antibioottien vääränlaisen käytön haitallisia vaikutuksia pidetään myös vakavana kemiallisiin tekijöihin linkittyvänä biologisena riskinä. Euroopan tautikeskus (ECDC) pitää kasvavaa vastuskykyä viimeisimmän sukupolven antibiooteille yhtenä sen suurimmista haasteista Euroopassa. Tilanteen indikaattorina käytetyn antibioottiresistentin bakteerin esiintyminen Suomessa on ollut vain satunnaista, mutta monissa muissa Euroopan maissa, esimerkiksi Iso-Britanniassa ja Saksassa, jo kokonaisille alueille levinnyttä. (ECDC, 2014) Lääkkeille vastustuskykyiset organismit ovat myös yksi nousevimmista työpaikkojen biologisista riskeistä EU-alueella (EU-OSHA, 2007). Antibiooteille vastustuskykyiset organismit saattavat päästä nykyisin leviämään helposti globaalisti sairaaloiden välillä, sillä Euroopasta ja Yhdysvalloista suuntautuu esimerkiksi Aasiaan sairaalaturismia halvempien hintojen tähden. Myös sairaalajätteen mahdollisesti sisältämät antibioottiresistentit taudinaiheuttajat saattavat levitä, mikäli jätettä ei käsitellä huolellisesti. (Sharma, 2011)

4.1.3 Yleiset työelämän nanoteknologisiin riskeihin vaikuttavat tekijät

Monet tutkimuksissa esille tuoduista yleisellä tasolla nanoteknologian työturvallisuus- ja työterveysriskeihin vaikuttavista tekijöistä liittyivät nanoteknisten sovellusten uutuuteen ja laaja-alaiseen hyödyntämiseen. Tutkimukset olivat yleisten vaikuttavien tekijöiden suhteen melko yksimielisiä. Nanoteknologian turvallisuuden tutkimista ja kehittämistä pidettiin useissa tutkimuksissa kiireisenä: esimerkiksi EU-OSHA on nostanut nanohiukkaset EU-alueen nousevimmaksi kemialliseksi riskiksi työpaikoilla (EU-OSHA, 2009b).

Riskienarvioinnin haastavuus

Kaikissa nanoteknologiaa työpaikoilla käsitelleissä tutkimuksessa huomattavana nanoteknologian turvallisuuteen liittyvänä tekijänä mainittiin nanoteknologian riskienarvioinnin haastavuus, jolle mainittiin syiksi erityisesti tutkimustiedon puute sekä nopea tuotekehitys. Koottujen tutkimustulosten pohjalta on esitetty arvio, jonka mukaan nanoteknologian turvallisuuden tutkimus on 20 vuotta tuotekehitystä jäljessä (EU-OSHA, 2014), ja EU-komissio on nimennyt teollisen nanotekniikan turvallisuuteen liittyvän epävarmuuden suurimmaksi nanotekniikan innovaatioesteeksi EU-alueella. (Savolainen, 2013). Yhdysvalloissa tehdyssä selvityksessä on huomattu, että nanoteknologian alalla toimivien yritysten työterveys- ja työturvallisuuskäytännöissä on usein puutteita. (EU-OSHA, 2009c).

Huomattavina ongelmina pidettiin erityisesti tiedon puutetta nanohiukkasten fysikaalis-kemiallisista ominaisuuksista sekä niiden käyttäytymisestä ilmassa (Savolainen et al., 2010). Myös nanohiukkasten tutkimiseen sopivien mittaus- ja tutkimusmenetelmien puute mainittiin yhtenä pääsyistä vähäiselle tiedolle (Vishwakarma et al., 2010), ja standardoitujen mittausmenetelmien kehittämistä pidetään joidenkin arvioiden mukaan tärkeimpänä nanoturvallisuustutkimuksen tavoitteena. Nanohiukkasten rutiinimittaukset ovat työpaikoilla vielä mahdottomia mittausmenetelmien työläyden ja kalliin hinnan tähden. (Nel et al., 2011)

Huomattavaa on myös, että ensimmäisiä altistujia käyttöön tuleville nanomateriaaleille ovat useim-

miten työntekijät. (Schulte et al., 2010) Myös työympäristöjen suunnittelu otettiin esille: nanoturvallisuuden tutkimus on tähän mennessä keskittynyt paljon hiukkasten toksikologiaan, mutta vain vähän turvallisempien työympäristöjen suunnitteluun (Seal & Karn, 2014).

Keuhkoaltistumisen riskit

Nanopartikkeleille keuhkojen kautta altistumisen riskeistä oltiin tutkimuksissa melko yksimielisiä. Myös ihoaltistuminen mainittiin keskeisenä riskinä (Vishwakarma et al., 2010), mutta esille tuotiin myös tutkimustuloksia, joiden mukaan iho olisi nanohiukkasille selkeästi hengitysteitä hankalampi väylä päästä elimistöön (EU-OSHA, 2009c; Savolainen et al., 2010). Koe-eläintutkimuksissa on havaittu huomattavia vaikutuksia keuhkoaltistumisesta nanohiukkasille. Joidenkin hiukkasten kohdalla vaikutuksia on ollut nähtävissä sekä hengityselimissä että sekundäärisissä elimissä, jonne hiukkaset ovat kulkeutuneet keuhkojen kautta. (Castranova, 2011) Ilmiö on nanohiukkasten ominaisuus: suuremmilla, yli 500 nanometrin kokoisilla hiukkasilla tällaisia vaikutuksia ei ole tutkimuksissa havaittu (Oberdörster, 2009). Erityisesti erittäin pienet, alle 10 nanometrin suuruiset nanohiukkaset, kykenevät läpäisemään solukalvon kohde-elimessään ja vaikuttamaan siten sen toimintaan (Vishwakarma et al., 2010).

Nanorakenteisilla, huonosti liukenevilla partikkeleilla on tutkimustulosten mukaan suurempi potentiaali aiheuttaa hengitettyinä keuhkosyöpää ja -tulehduksia kuin samojen aineiden suuremmilla hiukkasilla (Schulte et al., 2010). Kuitumaisilla nanohiukkasilla on myös havaittu yhteys asbestisairauksien kaltaisiin vaikutuksiin keuhkoissa, esimerkiksi keuhkofibroosiin, karsinoomaan ja mesotelioomaan (Oberdörster, 2009). Esille nostettiin myös tuloksia useilla yleisimmillä nanomateriaaleilla (hiilimusta, alumiinioksidi, alumiinisilikaatti, titaniumdioksidi ja kvartsi) tehdystä eläinkokeesta, jossa kaikkien materiaalien havaittiin aiheuttavan keuhkokasvaimia. Myös aineiden nanokokoa suuremmat mikrokokoiset hiukkaset aiheuttivat kasvaimia, mutta pienemmällä todennäköisyydellä kuin nanohiukkaset. (EU-OSHA, 2009c).

Nanotekniikan laaja-alainen hyödyntäminen

Nanoteknologisia sovelluksia hyödynnetään jo nykyisin huomattavasti monilla suurilla aloilla, esimerkiksi rakennusteollisuudessa, energian varastoinnissa, lääketieteessä, autojen valmistamisessa, kemianteollisuudessa ja sähkö- ja signaalinkäsittelytekniikassa (EU-OSHA, 2009c). Kaikkia nanohiukkasille altistuvia työntekijäryhmiä ei ole vielä tunnistettu (Schulte et al., 2010). Nanokokoiset tekniikat ovat kehittyneet ja levinneet eri aloille nopeammin kuin kymmenen vuotta sitten tehdyissä arvioissa oletettiin. Suunnitelmallisuus nanohiukkasten hallitsemisessa ja tarkoituksettomien hiukkasten poistaminen eri ympäristöistä nousevat siksi tärkeiksi. (Nel et al., 2010) Suomessa on noin 300 nanotekniikkaa hyödyntävää yritystä, ja niiden määrä on kasvussa (Savolainen, 2013).

Nanoteknologian asema lainsäädännössä

Yhtenä nanoteknologian turvallisuuteen työpaikoilla vaikuttavana tekijänä pidetään sitä, että nanoteknologisia sovelluksia ajatellaan liian usein yhtenä aineryhmänä, vaikka todellisuudessa kysymys on laajasta kirjosta rakenteiltaan ja ominaisuuksiltaan erilaisia aineita. Siksi olisi keskeistä erottaa terveydelle haitalliset nanopartikkelit haitattomista (Savolainen et al., 2010). EU:n REACH-asetusta ei pidetä sopivana hiukkas- ja nanomuotoisten aineiden säätelyyn, ja EU:n säätämää nanoteknologian määritelmää joudutaan todennäköisesti muuttamaan tulevaisuudessa uusien tutkimustulosten myötä (Savolainen, 2013). Termin ‘nanopartikkeli’ määritelmässä nähtiin myös puutteita: esimerkiksi nanopartikkelien usein muodostamat yhteenliittymät, agglomeraatit, eivät sisälly varsinaiseen määritelmään, vaikka niitä usein käsitellään osana sitä. (EU-OSHA, 2009c)

4.2 Riskejä aiheuttavat altisteet

Kirjallisuusselvityksen tutkimuksissa tunnistettiin paljon työympäristöissä työturvallisuus- ja työterveysriskejä aiheuttavia altisteita, joista keskeisimmät ja muut tärkeät esille nousseet on esitetty taulukossa 2.

Altisteita tuli tutkimuksissa esille runsaasti, joten vain useammassa tutkimuksessa esille nostetut altisteet määriteltiin tärkeiksi. Biologiset altisteet on jaettu tyyppinsä mukaan kahteen pääluokkaan: allergisoiviin ja myrkyllisiin sekä zoonooseihin ja muihin infektiotauteihin. Altisteiden määrittämisessä keskeiseksi käytettiin kriteereinä niiden mainintakertoja tutkimuksissa ja nousevuutta, kuten yleisten tekijöidenkin kohdalla. Monilla altisteista havaittiin tutkimuksissa mahdollisia työterveys- ja työturvallisuusvaikutuksia, joita ei välttämättä oteta nykytilanteessa riittävissä määrin huomioon.

4.2.1 Riskejä aiheuttavat kemialliset altisteet

Työpaikoilla käytössä olevien ja sivutuotteena syntyvien kemiallisten aineiden ja seosten valtavasta määrästä johtuen selvityksessä tunnistettiin lukuisia kemiallisia altisteita, jotka voivat aiheuttaa riskejä työturvallisuudelle ja -terveydelle. Tutkimuksissa oli kuitenkin havaittavissa selkeää painottumista tiettyihin altisteisiin, joista monet voivat aiheuttaa riskejä hyvinkin erilaisissa työympäristöissä ja -tehtävissä.

Dieselhöyry

Dieselhöyry on koostumukseltaan kaasuista ja kiinteistä aineista muodostuva seos, joka sisältää muun muassa hiilidioksidia, häkää, alkaaneja, haihtuvia orgaanisia yhdisteitä eli VOC-yhdisteitä, polyaromaattisia hiilivetyjä eli PAH-yhdisteitä, ammoniakkia, nitraatteja ja sulfaatteja (McDonald et al., 2011). Suurin osa näistä aineista kuuluu ILO:n ammattitauteja aiheuttavien yhdisteiden listalle (ILO, 2010).

Dieselhöyryn karsinogeenisyydestä on viime vuosina saatu lisänäyttöjä, mistä johtuen Kansainvälinen syöpäjärjestö IARC siirsi sen karsinogeenisyysluokasta 2B, eli mahdollisesti syöpää aiheuttavasta, luokkaan 1 eli syöpää aiheuttavaksi vuonna 2012 (Field & Withers, 2012). Työperäisen altistumisen dieselhöyrylle on lisäksi tutkimuksissa havaittu lisäävän alttiutta keuhkoahtaumatautiin (Hart et al., 2012), hermostotulehduksiin (Levesque et al., 2011) sekä liikehermoja rappeuttavaan ALS-tautiin (Pamphlett & Rikard-Bell, 2013), joskin kaikissa tutkimuksissa todettiin tarve lisätutkimukselle ennen riskien suuruuteen liittyvien johtopäätösten tekemistä.

EU-OSHA nimeää dieselhöyryn toiseksi tärkeimmäksi työpaikkojen nousevista kemiallisista

Taulukko 2. Kirjallisuusselvityksessä ilmenneet tärkeimmät kemialliset, biologiset ja nanoteknologiset altisteet.

	Kemialliset altisteet	**Biologiset altisteet**	**Nanoteknologia**
Keskeisimmiksi nousseet	Dieselhöyry Styreeni Epoksihartsit ja isosyanaatit Spraymaalit ja -pinnoitteet Hitsaushuurut Kvartsipöly Keinotekoiset mineraalikuidut	***Allergisoivat ja myrkylliset altisteet:*** Elintarvikepölyt Endotoksiinit Homesienet ja hiivat Puupöly Punkit **Zoonoosit ja muut infektiotaudit:** Hepatiitit B ja C HIV Tuberkuloosi MRSA ja muut antibiooteille vastustuskykyiset bakteerit	Hiilinanoputket Nanokokoiset metallipölyt Titaniumdioksidi Muut nanometallioksidit
Muut tärkeät esille nousseet	Hormonitoimintaa häiritsevät aineet Asbesti	Myyräkuume Legionella Geenimuunnellut organismit	Agglomeraatit

altisteista heti nanoteknologian jälkeen. Päätöstä perusteltiin tutkimusnäytöillä dieselhöyryjen mahdollisista keuhkosyöpää ja muita keuhkovaurioita aiheuttavista ominaisuuksista sekä laajalla esiintymisellä erilaisissa työympäristöissä (EU-OSHA, 2009b). Dieselhöyry on tunnistettu yhdeksi merkittävimmistä työympäristön altistetekijöistä myös Suomessa (Pekkanen, 2010). TTL ei ole ottanut dieselpäästöjä esille vuosien 2009 ja 2012 Työ ja terveys Suomessa -raporteissaan lukuun ottamatta mainintaa niiden sisältämistä nanopartikkeleista, jotka nähdään tulevaisuuden tärkeänä tutkimuskohteena (TTL, 2010c).

Styreeni

Styreeni jäi vähälle huomiolle kansainvälisissä kokoamatutkimuksissa, mutta Suomea koskeva tieto ja tuoreet yksittäisiä tekijöitä käsittelevät tutkimukset viittasivat siihen, että sillä saattaa olla aikaisemmin arvioitua suurempia vaikutuksia pitkäaikaiseen työterveyteen. Styreeni on nykyisen CLP-luokituksensa mukaan herkästi syttyvää ja ärsyttävää, hengitettynä haitallista haihtuvaa nestettä (TTL, 2013c). Styreeniä käytetään erityisesti lujitemuovipinnoitteiden valmistamiseen esimerkiksi lasikuituteollisuudessa ja laminoinnissa (TTL, 2013d).

Lasikuituveneiden valmistajille suoritettu tutkimus havaitsi styreenillä lievää sytotoksisuutta, eli solumyrkyllisyyttä, matalille styreenipitoisuuksille altistuneissa työntekijöissä ja lievää maksamyrkyllisyyttä korkeille styreenipitoisuuksille altistuneissa (Strafella et al., 2013). Lasikuitutyöntekijöillä on myös havaittu lisääntyneitä DNA-vaurioita verrokkiryhmään verratessa, myös alle 20 ppm eli kahdeksan tunnin haitalliseksi tunnetuille pitoisuuksille, altistuneilla työntekijöillä (Wongvijitsuk et al., 2011).

Vastaavia tuloksia perimälle haitallisuudesta on saatu myös aiemmista tutkimuksista, kuten myös styreenin mahdollisesta karsinogeenisyydestä. Vahvin näyttö eläinkokeista koskee keuhkosyöpää, mutta myös leukemiaa, lymfoomia, haimasyöpää ja ruokatorven syöpää on tutkittu yhteydestä styreenialtistukseen, ja karsinogeenisyyttä tukevia tuloksia on saatu. Styreenin karsinogeenisyyttä käsitellyt kirjallisuusselvitys tuki varotoimia styreenin karsinogeenisyyden suhteen. (Huff & Infante, 2011) Toisaalta myös vastakkaisia arvioita on esitetty: esimerkiksi lujitemuoviteollisuuden työntekijöitä laajalla otannalla analysoinut tutkimus ei löytänyt yhteyttä styreenille ja millekään edellä mainituista syöpätyypeistä (Collins et al., 2013).

Suomessa tehtyjen työhygieenisten mittausten mukaan styreenialtistuminen on kasvanut suomalaisilla työpaikoilla vuosien 2004-2007 seurantajaksosta vuosien 2008-2011 jaksoon: esimerkiksi HTP-arvon, eli haitalliseksi tunnetun pitoisuuden, ylitykset ovat nousseet 14 prosentista 30 prosenttiin. Styreeni nousee TTL:n arviossa yhdeksi merkittävimmistä altisteista suomalaisilla työpaikoilla (TTL, 2013d). TTL huomio styreenin myös meluvammojen riskitekijänä, sillä se on aineena ototoksinen, eli voi lisätä kuulovaurion riskiä ilmetessään meluisassa työympäristössä (TTL, 2010b). Meluvammat ovat yleisin ammattitautien ryhmä Suomessa (TTL, 2013d).

Epoksihartsit ja isosyanaatit

Epoksihartsit ja isosyanaatit nousivat esille voimakkaasti herkistävien ominaisuuksiensa tähden. Epoksihartsit ovat koveteaineita, joiden toiminta perustuu epoksimuovien kyvylle jähmettyä yhdistettäessä niitä kovetusaineisiin. Epoksihartsit ovat tyypillisiä erilaisissa maaleissa, pinnoitteissa ja liimoissa. (TTL, 2010a) Isosyanaatit taas ovat kemikaaliryhmä, jolle tyypillisiä ominaisuuksia ovat melko kevyt molekyylipaino sekä korkea reaktiivisuus. Niitä käytetään laajasti erilaisten materiaalien, esimerkiksi polyuretaanien ja pinnoitteiden, valmistukseen. (Centers for Disease Control and Prevention, 2014).

Epoksihartsien aiheuttamiin riskeihin liittyy toinen kemiallisten altisteiden trendi, nopea tuotekehitys. Epoksihartseja pidetään nousevana kemiallisina riskeinä, erityisesti niiden allergisoivuuden, käyttämisen jatkuvasti uusiin sovelluksiin sekä niiden valmistuksessa käytettävien aineiden, esimerkiksi bisfenoli-A:n ja happoanhydridien, tähden. (EU-OSHA, 2009b). Happoanhydridit ovat yleinen työperäistä astmaa aiheuttavana tekijä (Tarlo & Lerniere, 2014).

Isosyanaattien on todettu pystyvän vaikuttamaan työperäisen astman, keuhkojen vajaatoiminnan, silmän allergiareaktioiden ja ihosairaus kontaktidermatiitin syntyyn (EU-OSHA, 2008). Näistä syistä ne on nostettu epoksihartsien ohella EU:n kymmenen nousevimman työpaikkojen kemiallisen riskin joukkoon (EU-OSHA, 2009b). Polyuretaanivaahtojen sekä spraymaalien ja -kiinnikkeiden valmistuk-

sessa erityisesti käytettävät di-isosyanaatit ovat monilla teollistuneilla alueilla yleisimpiä työperäisen astman aiheuttajia (Tarlo & Lerniere, 2014).

Suomessa TTL mittaa työhygieenisissä mittauksissaan altistumista sekä isosyanaateille että hartseille ja niiden valmistusaineille. Viimeisimmässä Työ ja terveys Suomessa -raportissa havaittiin positiivista edistymistä isosyanaattien pitoisuuksien suhteen (TTL, 2013d). Vuoden 2009 raportissa todettiin kuitenkin epoksihartsien valmistuksen happoanhydridipitoisuuden ylittävän tehdyissä mittauksissa usein HTP-arvon (TTL, 2010c).

Spraymaalit ja -pinnoitteet

Epoksihartseihin ja isosyanaatteihin liittyen spraymaalit ja -pinnoitteet nousivat esille. Spraytuotteissa erityisesti isosyanaatteja on normaalisti enemmän kuin tavallisissa maaleissa ja pinnoitteissa (EU-OSHA, 2009b). Näiden aineiden lisäksi spraytuotteet sisältävät usein hengitysteitä ärsyttäviä VOC-yhdisteitä (Hasan et al., 2013) ja spraymaalit muiden maalituotteiden tavoin esimerkiksi potentiaalisesti karsinogeenisiä kromi- ja nikkeliyhdisteitä (Field & Withers, 2012). Lisäksi spraytuotteiden käyttö voi altistaa liuottimille, jotka on yhdistetty neurologisten vaurioiden ilmenemiseen pitkäaikaisessa altistuksessa (EU-OSHA, 2012a). On havaittu, että spraymaalituotteita töissään käyttävillä altistuminen aromaattisille hiilivedyille on keskimäärin kahdeksankertaista verrattuna tavallisia maalituotteita töissään käyttäviin (Van Tongeren et al., 2013). Erityisesti polysykliset aromaattiset hiilivedyt eli PAH-yhdisteet on liitetty syövän syntyyn (Rushton, 2014).

Hitsaushuurut

Hitsaushuurut on tunnistettu yhdeksi työympäristöjen merkittävimmistä altisteista Suomessa (Pekkanen, 2010). Pääsyynä altistuksen haitallisuuteen ovat huurujen sisältämät karsinogeeniset kromi(VI)- ja nikkeliyhdisteet, joiden tähden hitsaajat ovat myös suurin ammattiryhmä Suomen syöpävaarallisille aineille altistuvien työntekijöiden rekisterissä, eli ASA-rekisterissä (TTL, 2013d). Hitsaushuuruista saattaa myös aiheutua uusia riskejä uusien hitsaustekniikoiden ja hitsattavien materiaalien, esimerkiksi polymeerien, käyttöönoton myötä (EU-OSHA, 2009b). Hitsaushuurut sisältävät lisäksi nanokokoisia hiukkasia, joiden vaikutuksia muun muassa keuhkosyövän syntyyn on tutkittu (Field & Withers, 2012).

Kvartsipöly

Kvartsipöly eli piidioksidi (SiO_2) nousi esille huolta aiheuttavana työpaikkojen altisteena, johon ei ole osattu aiemmin kiinnittää riittävästi huomiota. Kvartsipölyä syntyy sivutuotteena useista tavallisista työtehtävistä esimerkiksi rakennusalalla, ja on arvioitu, että sille altistuu Suomessa noin 70 000 työntekijää (TTL, 2010c). Kvartsipöly on tunnistettu yhdeksi työympäristön merkittävimmistä kemiallisista altistetekijöistä Suomessa (Pekkanen, 2010). Kvartsipölyn aiheuttamaa riskiä Suomessa pienentävät tosin viime vuosien voimakkaat laskut työympäristöjen kvartsipitoisuuksien HTP-ylityksissä. TTL:n vuosina 2008-2011 tekemistä kvartsimittauksista 12 prosenttia ylitti HTP-arvon, kun edellisellä jaksolla 2004-2007 ylityksiä oli ollut 47 prosenttia mittauksista. Pääsyyksi vähennykseen mainitaan EU:n vuoden 2007 kvartsisopimuksen vaikutukset riskien tunnistamiseen ja torjumiseen. (TTL, 2013d).

Kvartsipöly linkittyy riskinä myös nanohiukkasten aiheuttamiin riskeihin, sillä sen hiukkaset esiintyvät eri kokoluokissa, joista pienimmät luokitellaan nanohiukkasiksi. Nanokokoisella kvartsipölyllä on tutkimuksissa todettu makrokokoista pölyä korkeampaa toksisuutta. (Song & Tang, 2011) Myös makrokokoinen, alle kymmenen mikrometriä halkaisijaltaan oleva kvartsipöly kykenee pääsemään ihmisen keuhkoihin, jossa sen on yleisesti tutkimuksissa tunnistettu kykenevän aiheuttamaan silikoosia, eli kivipölykeuhkosairautta, sekä keuhkosyöpää (Steenland & Ward, 2013). IARC luokittelee kvartsipölyn luokan 1 karsinogeeniksi keuhkosyöpäriskin tähden. Kvartsipölyä pidetään yhtenä keskeisimmistä IARC:n karsinogeenisyysluokan 1 aineista työympäristöissä sen laajan esiintyvyyden tähden: mahdollisia altistumispaikkoja rakennussektorin lisäksi ovat muun muassa metallintyöstö, kaivostoiminta sekä lääke- ja hammaslääketieteellinen laboratoriotyöskentely. (Field & Withers, 2012) Kvartsipölylle altistuminen saattaa johtaa myös munuaissairauksiin ja vaikuttaa tiettyjen reumasairauksien syntyyn (TTL, 2011). Lisäksi pitkäaikaisen altistumisen yhteydestä sydän- ja verisuonitautien syntyyn on saatu näyttöjä (Liu et al., 2014).

Keinotekoiset mineraalikuidut

Keinotekoiset mineraalikuidut, erityisesti keraamiset mineraalikuidut, kuten alumiinisilikaattikuidut, nousivat esille. Keinotekoiset mineraalikuidut ovat

EU:ssa käytössä olevan määritelmän mukaan epäorgaanisista materiaaleista, esimerkiksi kivestä ja lasista, valmistettuja kuitumaisia materiaaleja (Euroopan komissio, 2012). Keraamisten kuitujen käyttö on yleistynyt suomalaisessa teollisuudessa. Erityisen paljon niitä hyödynnetään esimerkiksi metalliteollisuudessa. (Metsärinne et al., 2007) Myös asbestit ovat silikaattipohjaista kuitua, mutta niitä ei lasketa keinotekoisten mineraalikuitujen joukkoon, sillä asbestia esiintyy niistä poiketen luonnostaan maaperässä (Euroopan komissio, 2012).

Keinotekoiset mineraalikuidut ovat EU:n kymmenen nousevimman työpaikkojen kemiallisen riskin joukossa Erityisen haitallisina pidetään pieniä, alle kolmen mikrometrin kokoisia kuituja, jotka pääsevät hengitettyinä keuhkorakkulatasolle, sekä tiedon puutetta eri kuitumateriaalien tunnistamisessa. Eri kuitumateriaaleja ei myöskään osata tunnistaa riittävän hyvin. (EU-OSHA, 2009b) Eläinkokeissa on havaittu lämpöä kestävien keraamisten kuitujen kykenevän aiheuttamaan asbestitautien kaltaisia keuhkosairauksia kuten fibroosia, keuhkosyöpää ja mesotelioomaa eli keuhkopussin syöpää. Euroopassa ja Yhdysvalloissa tehdyissä epidemologisissa tutkimuksissa niitä ei ole kuitenkaan havaittu, joskin näyttöjä lievemmistä keuhkoihin kohdistuvista vaikutuksista, esimerkiksi lievistä hengityselinoireista ja keuhkopussikeplakeista, on saatu. (Utell & Maxim, 2010) Keraamisten mineraalikuitujen on havaittu pystyvän pysymään keuhkokudoksessa 20 vuoden ajan ja mahdollisesti aikaansaavan muutoksia keuhkoja ympäröivien keuhkopussien kudoksissa (Lockey et al., 2012).

Hormonitoimintaa häiritsevät aineet

Hormonitoimintaa häiritsevät aineet nähdään EU:ssa lisätutkimusta vaativana aineryhmänä. Aineet on arvioitu EU-alueella nousevaksi riskiksi (EU-OSHA, 2009b). Huolestuttavana nähdään aineiden perimään ja lisääntymiseen haitallisesti vaikuttavien ominaisuuksien lisäksi niiden mahdolliset karsinogeeniset ominaisuudet, joista ei suoritettu vielä tarpeeksi epidemologista tutkimusta. (EU-OSHA, 2014)

Asbesti

Asbestin käyttö on ollut kiellettyä Suomessa vuodesta 1994 (Työsuojeluhallinto, 2013a), mutta asbestisairauksien hitaan ilmaantuvuuden tähden asbestin aiheuttamien ammattitautien määrät ovat olleet viime vuosina kasvussa. TTL on nostanut esille huolestuttavana havaintona, että asbestisairauksia on havaittu myös vuoden 1994 jälkeen aloittaneilla työntekijöillä asbestisaneerauksessa (TTL, 2013d). Asbestin vapautuminen eri materiaaleista voi vaihdella suuresti. Helpoiten sitä vapautuu rakennusten eristeistä ja myös vähemmän tunnetuista lähteistä, kuten vanhoista teipeistä, köysistä ja tekstiileistä Tietoisuutta asbestia sisältävistä materiaaleista esimerkiksi purkutyömailla sekä turvallisen kuljetuksen ja jätteidenkäsittelyn roolia tulisi siksi painottaa. (ILO, 2006)

4.2.2. Riskejä aiheuttavat allergisoivat ja myrkylliset biologiset altisteet

Allergisoivat ja myrkylliset tekijät ovat toinen biologisten altisteiden kahdesta pääluokasta. Niiden riskit perustuvat monesti niiden nesteiden ja kaasujen kanssa muodostamiin helposti leviäviin bioaerosoleihin. (Rim & Lim, 2014).

Elintarvikepölyt

Elintarvikepölyihin lukeutuvat muun muassa eri kasveista syntyvät jauhopölyt, maitojauhe ja kananmunajauhe. Suomessa vuosina 2008-2011 tehdyissä mittauksissa 40 prosenttia jauhopölymittauksista ylitti HTP-arvon, ja TTL luokitteleekin jauhopölyn pitoisuuksiensa tähden yhdeksi merkittävimmistä altisteista työpaikoilla, erityisesti leipomoissa. (TTL, 2013d). Elintarvikepölyt lukeutuvat yleisimpiin työperäiselle astmalle herkistäviin altisteisiin (Tarlo & Lerniere, 2014). Riskinä on myös esimerkiksi jauhojen mahdollinen kontaminaatio muilla haitallisilla biologisilla tekijöillä (Rim & Lim, 2014)

Endotoksiinit

Endotoksiinit ovat gram-negatiivisten bakteerien ulkokuoren sisältämiä aineita, joilla on toksisia vaikutuksia ihmisen elimistössä (TTL, 2013b). Endotoksiinit aiheuttavat herkistymistä ja tulehdusreaktioita altistuneiden työntekijöiden keuhkoissa, joskin ne saattavat myös suojata allergioilta, mikäli niille altistuu jo lapsuusaikana (Dutkiewicz et al., 2011). Viiden vuoden endotoksiinitutkimus havaitsi, että matalille endotoksiinipitoisuuksille töissään hengityksen kautta neljän vuoden ajan altistuneilla vastustuskyky hengitystietulehduksille

palautui selkeästi sen jälkeen, kun he olivat olleet vuoden altistumatta. Näin ei kuitenkaan käynyt korkeille endotoksiinipitoisuuksille altistuneilla. (Skogstad et al., 2011)

Endotoksiineja havaitaan erityisen paljon maataloustöissä, puuteollisuudessa ja jätteidenkäsittelyssä (Dutkiewicz et al., 2011), mutta niitä on havaittu merkittäviä määriä myös yllättävissä työympäristöissä, kuten hammaslääketieteellisissä toimenpiteissä käytettävistä vesilinjastoista (Corrao et al., 2012) sekä metallurgisissa käsittelynesteissä (Sharma, 2011). Endotoksiineille altistuminen on myös arvioitu riskiksi liittyen erityisesti biomassan lisääntyvään hyödyntämiseen esimerkiksi energiasektorilla (EU-OSHA, 2013). EU-OSHA luokittelee endotoksiinit EU-alueen kymmenen nousevimman biologisen työpaikkojen riskin joukkoon. Syiksi valinnalle annetaan endotoksiinien esiintyminen kaikissa pölyä sisältävissä työympäristöissä sekä laajat terveyshaitat, esimerkiksi astmaoireet, infektiot sekä myrkyllisyydestä johtuvat vaikutukset, muun muassa orgaanisten pölyjen aiheuttama toksinen oireyhtymä (ODTS). (EU-OSHA, 2007)

Homesienet ja hiivat

Suomessa homesienet ovat suurin ammattiastman ja ammattinuhien sekä näiden epäilyjen aiheuttaja. TTL pitää syynä tähän työpaikkojen sisäilmaongelmia. (TTL, 2013a) Sisäilmaongelmista tekevät haasteellisia eri tilojen monipuoliset käyttötarkoitukset: ne voivat olla työpaikkoja, yleisiä tiloja tai jotain tältä väliltä. (Guillemin, 2010) Homeisiin liittyviä merkitykseltään nousevia riskejä nähdään erityisesti biomassan käytön ja varastoinnin kasvuun liittyen (EU-OSHA, 2013).

Homesienten soluseinämät sisältävät endotoksiinien tavoin vaikuttavia aineita, glukaaneja, jotka voivat aiheuttaa tulehdusta ja allergiaoireita altistuneissa. Näitä aineita on viimeaikaisissa selvityksissä havaittu merkittäviä määriä esimerkiksi autojen sisäilmassa. Lisäksi huonosti tunnistetuista riskeistä nostettiin esille nesteitä käsittelevät työntekijät, jotka saattavat altistua töissään biofilmien sisältämille hiivoille. (Dutkiewicz et al., 2011)

Puupöly

Puupöly kuuluu ILO:n ammattitauteja aiheuttavien karsinogeenisten aineiden listalle (ILO, 2010). Tutkimusten mukaan sen tiedetään altistavan ylempien hengitysteiden syövälle (Gioffè et al., 2011; Dutkiewicz et al., 2011), mutta sen karsinogeenisyyden mekanismit ovat vasta vähän tutkittuja (EU-OSHA, 2009b).

Puupölyt altistavat tutkimustulosten perusteella työntekijöitä astmalle, bronkiitille, nenän ja silmien allergiaoireille sekä keuhkojen vajaatoiminnalle (Dutkiewicz et al., 2011). Ne ovat myös yksiä yleisimmistä astmalle herkistävistä altisteista työpaikoilla (Tarlo & Lerniere, 2014). Altisteena puupöly liittyy myös esimerkiksi endotoksiineihin ja homeisiin, sillä se sisältää niitä vaihtelevia määriä käsittelytavasta ja laadusta riippuen (Gioffè et al., 2011). Myös puun sisältämät bakteerit ovat riski työntekijöille esimerkiksi biopolttoaineiden tuotannossa (Corrao et al., 2012). Suomessa kehitys puupölyjen pitoisuuksien suhteen työpaikoilla on ollut viime vuosina tilastojen valossa positiivista. TTL:n suorittamien työhygieenisissä mittauksissa havaittiin vuosina 2008-2011 HTP-pitoisuuden ylityksiä 14 prosentissa puupölymittauksista. Ylitysten määrä on pienentynyt edellisistä mittausaikaväleistä, vaikka puupölyn HTP-arvo on tiukentunut. (TTL, 2013d)

Punkit

Punkeilla viitattiin tutkimuksissa jauho-, syyhy- ja pölypunkkeihin, ei tavallisiin punkkeihin ja puutiaisiin, joiden riskit liittyvät niiden levittämiin tauteihin. Allergisoivia punkeista tekevät niiden ulosteiden sisältämät allergisoivat aineet, joista suurin osa on entsyymejä (Dutkiewicz et al., 2011). Punkit ovat riskinä erityisesti elintarvikealalla ja maa- ja metsätaloudessa (Rim & Lim, 2014). Myös eläinten kanssa työskentelevillä on korkea riski sairastua punkkiperäiseen allergiaan (Corrao et al, 2012).

4.2.3 Riskejä aiheuttavat zoonoosit ja muut infektiotaudit

Myös toiseen biologisten altisteiden pääryhmään, zoonooseihin ja muihin infektiotauteihin, liittyviä riskejä tunnistettiin tutkimuksissa useita. Riskit linkittyivät usein yleiseksi biologisiin altisteisiin vaikuttavaksi tekijäksi tunnistettuun globalisaatioon.

Hepatiitit B ja C

Hepatiitit B ja C ovat maksasairauksia aiheuttavia viruksia, jotka voivat levitä veren ja limakalvojen välityksellä. Hepatiitti B:tä vastaan on olemassa tehokas rokote, mutta hepatiitti C:tä vastaan sitä ei olla onnistuttu kehittämään. (THL, 2014a) Vakavien infektio-oireiden lisäksi hepatiitit B ja C ovat Kansainvälisen syöpäjärjestön IARC:in luokan 1 biologisten karsinogeenien listalla, eli niiden aiheuttamien kroonisten infektioiden tiedetään kykenevän aiheuttamaan maksasyöpää (Corrao et al., 2012). Molemmat virukset kuuluvat myös ILO:n ammattiperäisiä syöpiä aiheuttavien tekijöiden listalle (ILO, 2010). Hepatiitti B ja C ovat lukeutuvat terveydenhuoltoalan keskeisimpiin infektioriskeihin (Rim & Lim, 2014; Corrao et al., 2012). Muita riskialttiita aloja EU-alueella ovat muun muassa ensiapupalvelut, koulutus, kosmetologia, laboratoriotyö, hammaslääketieteellisten laitteiden korjaus, hautauspalvelut, sosiaalitoimi ja siivous (EU-OSHA 2009a).

HIV

Toinen esille noussut veren ja limakalvojen välityksellä tarttuva tauti oli HIV. HIV-infektion vaaraa lisäävänä tekijänä on se, ettei sitä välttämättä osata epäillä potilailla tai asiakkailla eikä riittäviä varotoimia siksi aina noudateta (Rim & Lim, 2014). Lisäksi esimerkiksi Ranskassa HIV on tarttunut työntekijöihin väärin käsitellyn lääketieteellisen jätteen kautta (Sharma, 2011). Myös HIV-positiivisten ja muita autoimmuunitauteja sairastavien työntekijöiden asema otettiin esille: työssäkäyvistä osa sairastaa HIV:n kaltaisia autoimmuunitauteja ja siksi myös vastustuskyvyltään heikompien työntekijöiden työterveys tulee ottaa huomioon työpaikkojen biologisia riskejä arvioitaessa ja niitä torjuttaessa (Corrao et al., 2012).

Tuberkuloosi

Tuberkuloosi, etenkin sen antibioottiresistentti muoto, tuli esille mahdollisesti nousevana riskinä. Tuberkuloosi on bakteerin aiheuttama sairaus, joka aiheuttaa osalle sairastuneista vakavan keuhkotaudin ja leviää aerosolina ilmassa oireisen henkilön yskiessä tai puhuessa. Suurimmalle osalle tartunnan saaneista ei kehity oireita. Tuberkuloosia vastaan on olemassa rokote, mutta sitä annetaan nykyisin Suomessa vain erityisessä tarttumis- ja sairastumisvaarassa oleville lapsille. (THL, 2014e)

Tuberkuloosia pidetään huomattavana työperäisenä infektioriskinä terveydenhuollossa (Rim & Lim, 2014; Corrao et al., 2012; Sharma, 2011). Tuberkuloosin nopean diagnostisoinnin on tärkeää: hoitoa saamaton henkilö voi tartuttaa 10-15 muuta henkilöä vuodessa. Uutena riskinä ovat myös havaitut antibioottiresistentit muunnokset tuberkuloosista. Yleinen kehitys tuberkuloosin suhteen on kuitenkin ollut positiivista Euroopassa. (ECDC, 2014) Myös EU-OSHA pitää antibioottiresistenttiä tuberkuloosia huomattavana uhkana EU-alueella. Se listaa tuberkuloosin kaksi alatyyppiä, lintutuberkuloosin (Mycobakterium avium) ja nautatuberkuloosin (Mycobakterium bovis), merkitykseltään nouseviksi zoonooseiksi EU-alueella. Samoin kolmatta tuberkuloosille sukua olevaa tautia, paratuberkuloosia, on kulkeutunut EU-alueelle. (EU-OSHA, 2007)

MRSA ja muut antibiooteille vastustuskykyiset bakteerit

MRSA:lla tarkoitetaan metisilliini-antibiooteille vastustuskykyistä Staphylococcus aureus -bakteeria. Normaali ja ihmiskehossa yleinen Staphylococcus aureus ja MRSA aiheuvat tulehduksia samalla tavalla, mutta MRSA:n antibioottihoito on sen resistenssin tähden vaikeampaa. (THL, 2014d) Sairaalainfektioita aiheuttavat bakteerit ovat yleisimmin normaaleilta kannoiltaan melko harmittomia, mutta antibioottien vääränlainen käyttö johtaa kantojen kehittymiseen vastustuskykyisemmiksi niille. MRSA:n lisäksi tunnistettuja antibioottiresistenttejä bakteereja ovat esimerkiksi yleisten enterokokki- ja streptokokkibakteerien jotkut muodot. (EU-OSHA, 2007)

MRSA, kuten muutkin lääkkeille vastustuskykyiset taudinaiheuttajat, nähdään huomattavana riskinä terveydenhuollon työntekijöille EU-alueella. Riskiä kasvattaa uusien antibioottiresistenttien bakteerien nopea kehitys, jota arvioiden mukaan edesauttavat karjankasvatuksessa käytettävät antibiootit etenkin EU-alueen ulkopuolella sekä liian lyhyet tai liian pienillä annoksilla toteutettavat antibioottikuurit. (EU-OSHA, 2007). Eri alojen biologisia riskejä arvioinut raportti piti MRSA:ta nousevana riskinä, erityisesti terveydenhuoltohenkilöstölle (Rim & Lim, 2014).

Hantavirukset

Hantavirukset ovat tulehdustauteja aiheuttavia viruksia, joiden lievempään ryhmään Suomessa

tyypillinen Puumala-virus eli myyräkuume kuuluu. Hantaviruksia pidetään globaalisti nousevana terveysuhkana. (Dutkiewicz et al., 2011) Myyräkuume on zoonoosi, joka aiheuttaa sairastuneelle muun muassa korkeaa kuumetta ja munuaisten vajaatoimintaa. Tauti saadaan monesti hoidettua hyvin, joskin joissain tapauksissa voidaan joutua turvautumaan keinomunuaishoitoon. (THL, Myyräkuume, 2014) Myyräkuumeeseen kuolee Suomessa hyvin vähän ihmisiä, vähemmän kuin yksi vuotta kohti (THL, Myyräkuume, 2014). Viimeisin Suomessa sattunut kuolemantapaus on kuitenkin työperäinen: ulkomaalainen tutkija kuoli myyräkuumeeseen elokuussa 2014 Jyväskylässä tutkiessaan myyriä, raportoidusta suojavälineiden käytöstä huolimatta (Yle Uutiset, 2014).

Legionella

Legionella on aerosolien kautta leviävä bakteeri, joka voi aiheuttaa ihmisessä pahimmillaan vakavaan keuhkokuumeeseen johtavan legionelloositaudin. Tauti saattaa levitä esimerkiksi saastuneiden vesijärjestelmien kautta useaan ihmiseen, mutta se ei tartu ihmisten välillä. (THL, 2014b) Ennen tunnistamattomalla legionellan riskiryhmällä, ajoneuvojen kuljettajilla, saattaa olla muita korkeampi riski sairastua ilmastointilaitteista peräisin olevalle legionellalle, erityisesti lämpimien kausien aikana (Corrao et al., 2012). Muita tutkimusten perusteella riskialttiiksi havaittuja aloja ovat muun muassa autojen valmistus, muoviteollisuus, laivojen korjaus, jätevedenkäsittely, hammaslääketieteelliset palvelut, puutarhatyöt, kaivostyö, turbiinityö, LVI- ja rakennusala sekä junien ja muiden ajoneuvojen kuljettaminen (Dutkiewicz et al., 2011). Suomessa on havaittu teollisista jätevesistä aiheutunut leginelloosiepidemia vuonna 2007, kun viisi työntekijää sairastui legionelloosiryhmään kuuluvaan Pontiac-kuumeeseen kemian tehtaan jätevedenpuhdistamolla (THL, 2014c).

Geenimuunnellut organismit

Geenimuunnellut organismit tulivat esille uutena työpaikkojen biologisena riskitekijänä. Ne nähdään EU-tasolla yhtenä haasteena muutenkin usein monimutkaisessa biologisten tekijöiden riskinarviossa (EU-OSHA, 2007). Myös työhygieniaa käsitellyt tutkimus otti asian esille, painottaen työhygieenisistä mittauksista vastaavien tahojen vastuuta kehittää toimivia mittausmenetelmiä myös GM-organismien kaltaisille uusille altisteille (Guillemin, 2010).

4.2.4. Riskejä aiheuttavat nanoteknologiset altisteet

Useita mahdollisia työpaikoilla riskejä aiheuttavia nanoaltisteita tuli esille selvityksessä. Myös tulosten tulkintaan vaikuttavia tekijöitä otettiin esille, esimerkiksi varovaisuuden tarve erityisen suurilla annoksilla tehtyjen tutkimusten tuloksia tulkitessa, jottei niistä tehtäisi liiallisia yksinkertaistuksia nanohiukkasten toksikologiasta (Oberdörster, 2009). Joitain nanoaltisteita on myös tutkittu selvästi enemmän kuin toisia: esimerkiksi ihmisiä koskeva nanohiukkasten myrkyllisyysdata perustuu lähes pelkästään hiilimustalla tehtyihin tutkimuksiin (EU-OSHA, 2009c).

Hiilinanoputket

Hiilinanoputket ovat hiiliatomeista rakennettuja putkimaisia fullereeniyhdisteitä, jotka jaetaan kahteen luokkaan, yksiseinäisiin hiilinanoputkiin (SWCNT) ja moniseinäisiin hiilinanoputkiin (MWCNT) niiden rakenteen mukaan (Savolainen et al., 2010). Hiilinanoputkien aiheuttamat riskit ovat erityisen kiinnostuksen kohteena, sillä niiden käyttö on laajaa ja tuotantokapasiteetit suuria. Tulevaisuudessa niitä tullaan hyödyntämään runsaasti myös esimerkiksi akkujen ja paristojen valmistuksessa. (EU-OSHA, 2013). Yhdysvaltojen työturvallisuus- ja terveysinstituutti (NIOSH) on tehnyt mittauksia, joiden mukaan hiilinanoputkien pitoisuudet ilmassa voivat joidenkin työtehtävien suorituspaikoissa olla huomattavia. (Nel et al., 2011).

Erityisesti keuhkoaltistumiseen hiilinanoputkille liitettiin riskejä tutkimuksissa. Paljon huomiota herättänyt koe-eläintutkimus (Poland et al., 2008) toi esiin tuloksia, joiden mukaan moniseinäisillä hiilinanoputkilla on havaittavissa selkeitä asbestinkaltaisia ominaisuuksia, mesoteliooman aiheuttamisen suhteen jopa voimakkaammin kuin joillain asbestilaaduilla. Tulokset on tosin nostettu esille myös kriittisessä valossa, sillä koe suoritettiin pistämällä hiilinanoputkia neulalla hiirten vatsaonteloon. Hengitettyjen hiilinanoputkien pääsyä keuhkoista vatsaontelon alueelle ei ole vielä tutkittu. (Oberdörster, 2009).

Koe-eläimillä tehdyistä tutkimuksista on saatu tuloksia, joiden mukaan hiilinanoputket aiheuttavat oksidatiivista stressiä, eli solujen liikahapettumista, tulehdusta, granuloomia ja fibroosia keuhkoissa (Savolainen et al., 2010). Myös yksiseinäisten hiilinanoputkien vaikutuksista solujen jakautumiseen ja sitä kautta geeni- ja kromosomivaurioihin on saatu näyttöä (Schulte et al., 2010). Hiilinanoputkien vaikutuksia koe-eläinten keuhkoissa on myös verrattu tavallisiin pyöreisiin hiilimustapartikkeleihin. Tutkimuksessa havaittiin hiilinanoputkien tulehduskapasiteetin olevan 23-kertainen pyöreisiin hiilihiukkasiin verrattuna päivän altistumisen jälkeen (Castranova, 2011).

Nanokokoiset metallipölyt

Tyypillisiä yleisesti käytössä olevia nanokokoluokan metallipartikkeleita ovat muun muassa alumiini-, rauta-, hopea- ja kultapartikkelit (EU-OSHA, 2009c). Myös nanokokoluokkaa karkeammat metallipölyt ovat iho- ja hengityselinsairauksien riskitekijöitä (EU-OSHA, 2009b). Nanokokoisiin metallihiukkasiin liitettiin tutkimuksissa myös muita, erityisesti niiden korkeasta reaktiivisuudesta johtuvia riskejä.

Antibakteeristen ominaisuuksiensa vuoksi paljon käytettyjen hopeananopartikkelien mahdollisia negatiivisia vaikutuksia ihmisen hyödyllisiin bakteerikantoihin ja soluihin on tutkittu vasta vähän. Hopeananopartikkelien on havaittu voivan soluihin sisälle päästessään vapauttaa ioneja ja aiheuttaa siten vaurioita (Luoma, 2008). Hopea- ja kultananopartikkelien on lisäksi havaittu kykenevän leviämään useisiin eri elimiin kehossa hengityksen kautta tapahtuneen altistumisen jälkeen. Suorien vaikutusten lisäksi nanojauheisiin liittyy suuresta pinta-alasta aiheutuvia katalyyttisia riskejä sekä tulipalo- ja räjähdysriskejä: esimerkiksi mikro- tai nanokokoinen alumiinijauhe saattaa räjähtää staattisen sähkön vaikutuksesta. (EU-OSHA, 2009c)

Erityisenä tekijänä nanokokoisiin metallihiukkasiin liittyen tuotiin esille niin kutsuttu Troijan hevonen -ilmiö. Ilmiössä muuten mahdollisesti haitattoman nanopartikkelin korkea reaktiivisuus johtaa siihen, että siihen sitoutuu toksisia aineita, jotka pääsevät hiukkasen mukana elimistöön. (Vishwakarma et al., 2010). Tutkimustulosten perusteella pidettiin esimerkiksi mahdollisena, että hopeananopartikkelit voisivat kuljettaa solukalvon läpi mukanaan soluille haitallisia hopeaioneja (Luoma, 2008). On myös tehty havainto, että orgaaniset aineet, esimerkiksi proteiinit ja lipidit, tarttuvat teollisesti tehtyjen metallinanohiukkasten pintaan ja vaikuttavat niiden käyttäytymiseen elimistössä (Savolainen, 2013).

Titaniumdioksidi

Titaniumdioksidi (TiO2) on runsaasti käytetty materiaali, jota hyödynnetään sekä sen tavallisessa että nanokoossa, joiden pinta- ja reaktiivisuusominaisuudet ovat erilaisia. (EU-OSHA, 2009c). Kansainvälinen syöpäjärjestö IARC luokittelee titaniumdioksidin luokkaan 2B, eli potentiaalisesti karsinogeeniseksi (NIOSH, 2011). Titaniumdioksidin tutkimusten perusteella havaitut terveysriskit liittyvät keuhkoaltistukseen. Positiivisena kehityksenä aineen käyttöturvallisuudessa ovat olleet nanokokoiselle titaniumdioksidille laaditut käyttöturvallisuustiedotteet, jotka ovat EU-OSHA:n arvioiden mukaan asianmukaisella tasolla (EU-OSHA, 2009b).

Nanokokoisella titaniumdioksidilla tehdyistä eläinkokeista on tulkittavissa suora yhteys keuhkoaltistumisen ja tulehdusreaktioiden välillä. On esitetty myös tuloksia, joiden mukaan nanokokoinen titaniumdioksidi pystyy siirtymään keuhkoista verenkiertoon ja siten muihin elimiin. (Savolainen et al., 2010). Verenkierrossa nanotitaniumdioksidin on havaittu mahdollisesti aiheuttavan hiussuonten ahtaumia. Erityisen haitalliseksi on havaittu piioksidilla pinnoitetulle titaniumdioksidille altistuminen. (Savolainen, 2013) Pitkäkestoisissa eläinkokeissa nanokokoisen titaniumdioksidin on havaittu aiheuttavan tulehdusta sekä solu- ja kudosvaurioita rotissa ja hiirissä (EU-OSHA, 2009c). Keuhkovaurioiden mahdollisuuksien lisäksi myös tuloksia mahdollisista suorista DNA-vaurioista on saatu, sillä nanokokoisen titaniumdioksidin on havaittu pystyvän pääsemään solujen sisälle (NIOSH, 2011).

Huomattavaa oli myös, että vaikka työperäiselle titaanidioksidialtistukselle on määritelty esimerkiksi Yhdysvalloissa rajoja, niissä ei ole välttämättä otettu huomioon hiukkasten kokoa. Ultrahieno titaniumdioksidipöly on todettu syövän riskiä tilastollisesti lisääväksi nykyisiä massapitoisuusrajoja pienempinä pitoisuuksina. (Schulte et al., 2010) NIOSH:in suorittamissa tutkimuksissa nanokokoisen titaniumdioksidin keuhkoja vahin-

goittava potentiaali arvioitiin 41-kertaiseksi karkeampaan titaniumdioksidiin verrattuna (Castranova, 2011).

Muut nanometallioksidit

Muutamat tutkimuksista (Savolainen, 2013; Castranova, 2011; EU-OSHA, 2009c) toivat esille tuloksia, joiden mukaan jotkut nanokokoiset metallioksidihiukkaset, erityisesti mangaanioksidi (MnO_2), pystyvät siirtymään hengitettyinä suoraan koeeläinten aivoihin nenän hajuepiteelin kautta. On myös saatu tuloksia, joiden mukaan tällaisen mangaanioksidialtistuksen jälkeen aivoissa on havaittavissa tulehdustekijöitä. Toisaalta on myös arvioitu, että ihmisellä hajuepiteelin kautta altistuminen on merkitykseltään todennäköisesti vähäistä ihmisen suhteessa pienen hajuepiteelialueen tähden (Savolainen, 2013). Sinkkioksidilla (ZnO) tehdyistä tutkimuksista on saatu tuloksia, joiden mukaan nanokokoisen sinkkioksidijauheen hengittäminen aiheutti hengitysteihin suurempia saostumia kuin mikrokokoisen jauheen hengittäminen (EU-OSHA, 2009c).

Agglomeraatit

Nanohiukkasilla agglomeraatio, eli löyhä yhteenliittyminen, on yleistä, toisin kuin suuremmilla partikkeleilla (Oberdörster, 2009). Agglomeraatio muuttaa nopeasti nanohiukkasten ominaisuuksia ja voi vaikuttaa siten myös niiden käytökseen esimerkiksi ilmassa ja elimistössä (Savolainen et al., 2010). Yksi tutkimus nosti nanohiukkasten agglomeraation ja sitä voimakkaampien sidosten syntymisen, aggregaation, mekanismien ja käytöksen paremman ymmärtämisen tärkeimmäksi tavoitteeksi nanoturvallisuuden tutkimuksessa (Seal & Karn, 2014). Agglomeraatio voi tutkimushavaintojen perusteella aiheuttaa vääristyneitä mittaustuloksia työhygieenisissä mittauksissa. Agglomeraatit kykenevät esimerkiksi keuhkoissa purkautumaan takaisin alkuperäisiksi partikkeleikseen, jolloin ilmasta mitattu hiukkaspitoisuus ei välttämättä anna todellista kuvaa työntekijöiden hengitysaltistumisesta. (EU-OSHA, 2009c)

4.3 Erityisen riskialttiit alat

Erillisiin työympäristön kemiallisiin, biologisiin ja nanoteknologisiin altisteisiin liittyvien riskien ja trendien ohella tutkimukset arvioivat työntekijä- ja ammattiryhmiä näiden riskitekijöiden suhteen. Riskialtteimmiksi arvioidut alat ja niihin liitetyt riskitekijät on koottu taulukkoon 3. Kaikkia aloja ja niihin liitettyjä riskitekijöitä kuvataan vielä myöhemmin kappaleessa.

Kaikki riskialttiiksi arvioidut alat otettiin esille useissa tutkimuksista, ja monet useimmin esille tulleista aloista ja ammateista sisälsivät riskitekijöitä kaikista kolmesta altisteiden luokasta. Moniin aloihin havaittiin liittyvän myös uusista sovelluksista tai työntekijämäärän kasvusta johtuvia nousevia riskejä.

Taulukko 3. Kirjallisuusselvityksessä ilmenneet kemiallisten, biologisten ja nanoteknologiaan liittyvien riskien kannalta altteimmat alat ja niihin liitetyt riskitekijät.

Riskialttiiksi tutkimuksissa arvioitu ala	Alaan liitettyjä riskitekijöitä
Jätehuolto	Jätehuollon työterveys- ja työturvallisuusriskien riittämätön huomiointi lainsäädännössä Työntekijämäärän jatkuva kasvu Koottujen työterveystietojen puuttuminen monissa maissa Elektroniikkajätteen käsittelyssä vapautuvat aineet ja muut vaarallisen jätteen käsittelyn riskit Bioaerosolit, taudinaiheuttajat ja endotoksiinit Lääketieteellisen jätteen infektioriskit Nanomateriaalijätteiden käsittelyssä vapautuvat hiukkaset Jätteidenpoltossa vapautuvat karsinogeenit ja muut haitalliset aineet
Kunnossapito	Useat eri työympäristöt ja aliurakointi Altistuminen useille keskeisille kemiallisille altisteille Maalaus- ja hitsaustyön syöpäriskit Hitsauksessa syntyvät nanohiukkaset Hengitetyt siivouskemikaalit ja astmariski, erityisesti voimakkaista siivous- ja desinfiointikemikaaleista Infektiot ihmis- ja eläinperäisistä jätteistä työympäristössä Tuoreiden ja agglomeroituneiden nanohiukkasten seoksille altistuminen prossessilaitteistojen kunnossapidossa
Metallurgia	Hitsaushuurujen riskit Karsinogeeniset metallit ja metalliyhdisteet Astmalle altistavat metallisuolat Kvartsipöly, keinotekoiset mineraalikuidut ja muut pölyt Laitteiden puhdistamiseen käytettävät voimakkaat desinfiointiaineet, erityisesti sprayt Metallinkäsittelynesteistä syntyvät bakteereja ja endotoksiineja sisältävät bioaerosolit Nanokokoiset altisteet: metallihöyryt, beryllium ja dieselhöyry
Elintarviketeollisuus	Ammattitautien korkea tilastollinen esiintyvyys Suomessa Elintarvikelisäaineille altistuminen Voimakkaat puhdistusaineet Jäähdytysaineille, esimerkiksi ammoniakille, altistuminen Tuotantoeläinten antibiooteille vastustuskykyiset taudinaiheuttajat Elintarvikepölyt Homeet ja hiivat Nano- ja bioteknologian hyödyntäminen
Rakentaminen ja rakennusten korjaaminen	Altistuminen useille keskeisille kemiallisille altisteille, esimerkiksi isosyanaateille, epoksihartseille, kvartsipölylle, liuottimille, raskas-metalleille, asbestille ja dieselhöyrylle Yleiset puutteet alan työntekijöiden perehdytyksessä Rakennusmateriaalien sisältämät taudinaiheuttajat ja homeet Nanomateriaalit pinnoitteissa ja eristeissä Työolojen muuttaminen muita aloja harvemmin Suomessa työntekijän työhön liittyvän sairauden tähden
Metsäteollisuus sekä biopolttoaineiden tuotanto ja käyttö	Biologiset altisteet: endotoksiinit, orgaaniset pölyt, homeet, sienet, puupöly ja taudinaiheuttajat Bioaerosolit biopolttoaineiden tuotannossa Rikkiyhdisteet ja valkaisukemikaalit, esimerkiksi rikkidioksidi ja klooridioksidi, paperiteollisuudessa Häkämyrkytyksen riski biopolttoaineiden käytössä Nanoselluloosan käyttöönotto
Terveydenhuolto	Globalisaatio: erikoiset taudit, epidemiat ja pandemiat Antibiooteille vastustuskykyiset taudinaiheuttajat Infektioriskit kaikille keskeisille taudinaiheuttajille Lääketieteellisen jätteen käsittelyn tartuntariskit Neulanpistotapaturmien lisääntyvä riski kiireessä Voimakkaille desinfiointikemikaaleille altistuminen

4.3.1 Jätehuolto

EU-OSHA on arvioinut jätteenkäsittelyalan kemiallisten riskien kannalta nousevimmaksi alaksi EU-alueella. Esille nostettiin se, että jätteenkäsittelyalan lainsäädäntö EU:ssa on laadittu ympäristöä mahdollisimman vähän kuormittavaksi, mutta työturvallisuutta ja -terveyttä ei ole otettu samoissa määrin huomioon. (EU-OSHA, 2009b) Kierrätyksen yleistymisestä johtuen alan työtekijämäärä kasvaa jatkuvasti. Jätehuoltoalan työntekijöistä ei monessa maassa löydy koottuja työterveystilastoja, mikä tekee alaan liittyvien riskien analysoimisesta hankalaa. (EU-OSHA, 2007)

ILO pitää erityisenä jätehuoltoalan kemiallisena riskinä elektroniikkajätteen käsittelystä vapautuvia kemikaaleja, sillä tekniikan nopea kehitys on johtanut laitteiden tiheään uusimiseen ja siten kasvavaan elektroniikkajätteen määrään (ILO, 2013a). Erityisesti raskasmetallit ja halogeenit ovat huomattavia riskejä elektroniikkajätteen käsittelyssä. Kehittyvä ala tarvitsisi riskinarviointien laatimiseksi lisää mittaus- ja tutkimustuloksia esimerkiksi jätteen käsittelypaikkojen sisäilman laadusta. (Tsydenova & Bengtsson, 2010)

Biologisia altistetekijöitä käsitelleet tutkimukset arvioivat muutamia riskejä jätehuoltoalalla erityisen suuriksi. Tällaisia olivat bioaerosolit, taudinaiheuttajat ja endotoksiinit (Dutkiewicz et al., 2011), lääketieteellisen jätteen tartuntariskit (Sharma, 2011) sekä orgaaniset pölyt ja allergeenit (EU-OSHA, 2007). Myös nanojätteen käsittely nousi esille. Nanomateriaaleja sisältävän jätteen käsittelyn riskit ovat erilaisia kuin niiden käytön tai valmistuksen, mistä johtuen sitä varten pitäisi laatia oma riskinarvionsa (Amyotte, 2011). Esimerkkinä tällaisesta riskin muuttumisesta ovat jätteet, joissa nanohiukkaset ovat sitoutettuna kiinni materiaaliin ja voivat jätteenkäsittelyssä vapautua, vaikka eivät tekisi niin normaaleissa käyttöolosuhteissa (Savolainen et al., 2010).

Suomessa yksi tämänhetkisistä jätehuoltoalan trendeistä on jätteiden polttaminen energiaksi, joka lisääntyy jatkuvasti: esimerkiksi vuonna 2012 kotitalousjätteitä poltettiin henkilöä kohti yli kaksinkertainen määrä vuoteen 2000 verrattuna (Yle Uutiset, 2012). Tutkimuksissa nousi esille muutamia erityisesti jätteenpolttoon liittyviä riskejä. Kansainvälisen syöpäjärjestön IARC:in karsinogeenisyysluokkaan 1 kuuluvista aineista nikkeliyhdisteitä, berylliumia ja kadmiumia on havaittu korkeina pitoisuuksina jätteenpolttolaitosten läheisyydessä (Field & Withers, 2012). Sekä kotitalousjätettä että teollista jätettä polttavien laitosten ilmasta on havaittu erittäin haitallisia polykloorattuja dibentsodioksiineja ja -furaaneja (EU-OSHA, 2009b).
TTL:n suorittamista virtsan arseenitesteissä korkeimmat pitoisuudet kaikista tutkituista mitattiin henkilöiltä, jotka työskentelivät ongelmajätteen tai pilaantuneen maan käsittelyssä. TTL toi myös esille mahdollisuuden siihen, että viimeaikaiset vaarallisten aineiden kiellot, esimerkiksi puunkäsittelyssä ja elektroniikassa, voivat johtaa ongelmajätetyöntekijöiden lisääntyneeseen altistumiseen, kun kielletyt materiaalit poistetaan tiettyinä aikoina kerralla käytöstä. (TTL, 2010c)

4.3.2 Kunnossapito

Toinen usein altistusherkäksi arvioitu ala oli kunnossapito, joka sisältää muun muassa siivoamisen ja erilaiset huoltotyöt. Merkittäviä alaan liittyviä riskitekijöitä ovat työskentely monissa eri työympäristöissä sekä usein aliurakoitsijana. Kunnossapitotöissä on mahdollista altistua kaikille EU-OSHA:n nousevimmiksi määrittelemille kemiallisille altisteille. Erityisesti riskienhallinnan tärkeys korostuu ammateissa, jotka sisältävät useita erilaisia kunnossapitotöitä, esimerkiksi ajoneuvojen huollossa. (EU-OSHA, 2009b) Suomessa teollisuuden nykyisillä suljetuilla prosessilaitteistoilla huomattavimmat altistumiset tapahtuvat normaalisti poikkeustilanteissa, esimerkiksi kunnossapito- ja huoltotöissä sekä näytteenotossa (TTL, 2010c).

Erityisesti mainituista riskialttiista kunnossapitotehtävistä maalaus nousi esille karsinogeenisyysarvionsa tähden: Kansainvälinen syöpäjärjestö IARC on luokittanut maalaustyön yhdeksi kuudesta luokan 1 syöpäriskiammatista, eli ammatista, joissa altistuminen luokan 1 karsinogeeneille on yleistä. (Field & Withers, 2012). Myös hitsaus nousi esille potentiaalisesti karsinogeenisen altistumisen tähden (TTL, 2013d).

Voimakkaiden siivouskemikaalien käyttö nousi esille erityisesti astmariskinä. Sairaaloissa puhdistuskemikaaleja käyttäviä tutkittaessa on havaittu lähes kaikkien voimakkaiden siivouskemikaalien, esimerkiksi huuhteluaineiden ja kloramiinien, lisäävän todennäköisyyttä astmaoireisiin, joidenkin aineiden osalta jopa moninkertaiseksi (Arif & Delcos, 2012). Nykyisten tutkimusnäyttöjen perusteella pidetään mahdollisena, että myös suhteellisen pienet jatkuvasti hengitetyt pitoisuudet siivous- ja ilmanraikastuskemikaaleja voivat aiheuttaa astmaa (Tarlo & Lerniere, 2014). Siivous-

työssä on mahdollista altistua myös zoonooseille ja muille taudinaiheuttajille, mikäli työ tapahtuu ympäristössä, jossa on ihmis- tai eläinperäistä jätettä (Rim & Lim, 2014). Myös altistuminen nanopartikkeleille, erityisesti riskianalyysien kannalta monimutkaiselle sekoitukselle tuoreita ja jo mahdollisesti agglomeroituneita vanhempia nanopartikkeleita, prosessilaitteistoja siivotessa ja huollettaessa tuli esille siivousalan riskinä (Savolainen et al., 2010).

4.3.3 Metallurgia

Metallurgia tuli esille kaikkien kolmen riskitekijäluokan kannalta herkkänä alana. Alan yleisiä kemiallisia altistetekijöitä ovat hitsaushuurujen lisäksi karsinogeeniset metallit ja metalliyhdisteet, esimerkiksi kromipinnoitusten ja -pigmenttien valmistuksen yhteydessä usein ilmenevä kromin kromi(VI)-muoto ja nikkeliyhdisteet (Field & Withers, 2012), astmalle herkistävät metallisuolat (Tarlo & Lerniere, 2014), kvartsipöly, keinotekoiset mineraalikuidut sekä metallien käsittelylaitteiden puhdistuksessa käytettävät voimakkaat desinfiointiaineet, erityisesti nykyisin suosiotaan kasvattavassa spray-muodossa (EU-OSHA, 2009b). Laajan yhdysvaltalaisen tilastotutkimuksen mukaan metallinpinnoituksessa ja -kiillotuksessa työskentelevillä työntekijöillä lähes kaksinkertainen riski joutua kemikaalitapaturmaan kemian alan työntekijöihin verrattuna (Mannan et al., 2009).

Biologisista tekijöistä lisähuomiota vaativiksi nousivat metallien käsittelynesteistä syntyvät bioaerosolit, jotka voivat sisältää hengitystietulehduksia aiheuttavia bakteereja (Dutkiewicz et al., 2011), homeita ja hiivoja (Rim & Lim, 2014) sekä endotoksiineja (Sharma, 2011). Nanokokoisia pölyjä sisältävistä aineista metallialan työympäristöissä on tutkittu ainakin metallihöyryjä, berylliumia ja dieselhöyryjä (EU-OSHA, 2009c). TTL otti raportissaan esille, että vaikka yhä harvemmat metalliteollisuuden työntekijät kokevat pölyt haitaksi työpaikallaan, joissain alan työtehtävissä, kuten metallin jalostuksessa ja metallituotteiden valmistuslaitoksilla, pölyt ovat edelleen huomattava haitta (TTL, 2013d).

4.3.4 Elintarviketeollisuus

Elintarviketeollisuudessa työskentelevillä on Suomessa suurin työntekijää kohden laskettu riski sairastua ammattitauteihin (TTL, 2013d). Myös kemikaaleihin liittyvät yllättävän suuret tapaturmariskit elintarvikealalla nousivat esille Yhdysvalloissa tehdyssä seurantatutkimuksessa: elintarvikealalla tapahtui seurantajaksolla kemikaalitapaturmia likimain samalla taajuudella kuin kemian sektorilla (Mannan et al., 2009). Myös elintarvikkeiden valmistamisessa käytettävät lisäaineet (EU-OSHA, 2009b) ja laitosten voimakkaat puhdistusaineet sekä jäähdytysaineet, esimerkiksi ammoniakki, aiheuttavat riskejä (EU-OSHA, 2012a). Nousevista biologisista työpaikkojen riskeistä erityisesti eläimissä mahdollisesti esiintyvät antibioottiresistentit taudinaiheuttajat nousivat elintarvikealalla keskeisiksi biologisiksi riskeiksi (EU-OSHA, 2007). Myös kaksi muuta tärkeää biologisten altisteiden ryhmää, elintarvikepölyt sekä homeet ja hiivat, ovat elintarviketeollisuuden keskeisiä työhygieniahaasteita (Rim & Lim, 2014). Lisäksi sekä nano- että bioteknologiaa hyödynnetään jo elintarviketeollisuudessa (EU-OSHA, 2014).

4.3.5 Rakentaminen ja rakennusten korjaaminen

Rakentaminen ja rakennusten korjaaminen tulivat esille alana, joihin voidaan liittää useimmat tutkimusten tunnistamista keskeisistä altisteriskeistä. EU-OSHA on arvioinut rakennusalan jätehuoltoalan ohella toiseksi kemiallisten riskien kannalta nousevaksi alaksi. Valintaa perusteltiin alan työntekijöiden mahdollisena altistumisena esimerkiksi isosyanaateille, epoksihartseille, kvartsipölylle, liuottimille, raskasmetalleille ja asbestille, sekä työntekijöiden monesti puutteellisella perehdytyksellä. (EU-OSHA, 2009b). Rakennustyöntekijöiden altistuminen dieselhöyryille on myös keskimäärin korkeaa (Field & Withers, 2012).

Biologisista altisteista rakennussektoriin liitettiin rakennusmateriaalien mahdollisesti sisältämät taudinaiheuttajat ja homeet (Rim & Lim, 2014) sekä uusien, ympäristöystävällisten rakennusmateriaalien mahdollisesti haitalliset biologiset altistetekijät (EU-OSHA, 2014). Myös nanoteknologia koskettaa rakennusalaa muutenkin kuin kvartsipölyn ja dieselhöyryjen kautta. Joidenkin tutkimustulosten mukaan maalarit ja rakennustyöntekijät kuuluvat työssään eniten titaniumdioksidille altistuviin (NIOSH, 2011). Nanomateriaaleja käytetään lisäksi jo nykyisellään runsaasti esimerkiksi rakennuselementtien pinnoitteissa ja eristeissä (EU-OSHA, 2009c). Rakennusalan organisaatiotekijöihin liittyen TTL nostaa esille, että kyselytutkimuksen mukaan rakennusalalla työoloja

muutetaan Suomessa muita aloja harvemmin työntekijän työhön liittyvän sairauden tähden (TTL, 2013d).

4.3.6 Metsäteollisuus ja biopolttoaineiden tuotanto ja käyttö

Metsäteollisuus ja erityisesti siihen liittyvänä nousevana alana biopoltto-aineiden tuotanto ja käyttö tulivat esille ensisijaisesti biologisten riskien tähden. Alan kannalta keskeisiä huomioitavia biologisia altisteita ovat endotoksiinit (EU-OSHA, 2009b), orgaaniset pölyt, homeet ja muut sienet sekä kenttätyössä zoonoosit esimerkiksi punkeista (Rim & Lim, 2014). Puu- ja auringonkukansiemenpohjaisessa biomassateollisuudessa sekä tuotannossa että poltossa työskentelevät työntekijät altistuvat bioaerosolille, joka voi sisältää vaarallisia taudinaiheuttajia (Ławniczek-Wałczyk et al., 2012).

TTL:n raportti otti esille metsäalan biologisista altisteista puupölyn ja mikrobit, joille altistuminen on alalla edelleen tyypillistä. Näiden lisäksi tärkeinä kemiallisina altisteina alalla mainittiin raportissa rikkiyhdisteet ja valkaisukemikaalit (TTL, 2013d). Myös häkämyrkytykset ovat huomattava riski biomassan polttamisessa, mikäli esimerkiksi pellettisiiloissa ei ole kunnollista ilmanvaihtoa (TTL, 2010c). Nanoteknologia koskettaa myös sellu- ja paperialaa, sillä nanoselluloosan käyttö on jatkuvan tuotekehityksen kohteena Suomessa (Savolainen, 2013).

4.3.7 Terveydenhuolto

Terveydenhuolto nousi esille erityisesti infektioriskien kannalta huomioitavana alana. EU-OSHA pitää erityisesti globalisaatiota ja lääkkeille vastustuskykyisiä organismeja kahtena alan infektioriskien kehitystä määrittelevänä tekijänä (EU-OSHA, 2007). Terveydenhuollossa on mahdollista altistua kaikille keskeisiksi määritellyille taudinaiheuttajille, esimerkiksi hepatiiteille, HIV:lle ja MRSA:lle (Dutkiewicz et al., 2011). Taudinaiheuttajien lisäksi erityisinä riskitekijöinä mainittiin lääketieteellinen jäte ja sen käsittely, joka on globaalisti alhaisella turvallisuustasolla ja voi siten edistää myös epidemioiden ja pandemioiden syntymistä (Sharma, 2011). Myös neulanpistotapaturmat tulivat esille: on havaittu, että kiireessä työskenteleminen, esimerkiksi väestön ikääntyessä yleistyvän kotisairaanhoidon yhteydessä, lisää riskiä neulanpistotapaturmiin (EU-OSHA, 2007). Tapaturmista voi aiheutua vakavia tauteja myös vähemmän huomioidussa eläinlääketieteessä (Rim & Lim, 2014).

Sairaaloissa käytetyillä voimakkailla desinfiointikemikaaleilla on myös havaittu yhteys astman syntyyn (Arif & Delcos, 2012). Myös nanoteknologiaa hyödynnetään lääketieteellisissä hoidoissa (EU-OSHA, 2009c), mutta hoitojen turvallisuuspohdinnat keskittyvät lähinnä potilaan turvallisuuteen (Nel et al., 2011). Kemialliset ja biologiset altisteet eivät nouse TTL:n arvioissa erityisen keskeisiksi, sillä terveydenhuoltoalalla esimerkiksi ammattitautien esiintyvyys on Suomessa keskimääräistä kaikkien alojen ammattitautiesiintyvyyttä alhaisempi (TTL, Työ ja terveys Suomessa 2012, 2013).

5 Tilastotutkimuksen tulokset

5.1 Altisteiden aiheuttamat työtapaturmat ja ammattitaudit Suomessa

Kemiallisille, biologisille ja nanoteknologisille altisteille Suomessa työssään altistuvien kokonaismäärää on hankala arvioida altisteryhmien monipuolisuuden tähden. Tarkimmat arviot löytyvät kemiallisille tekijöille altistuvista. TTL:n arvioiden mukaan Suomessa kemikaaleille altistuu töissään noin miljoona työntekijää, joista puolen miljoonan altistus on ainakin kohtalaista (TTL, 2013d).

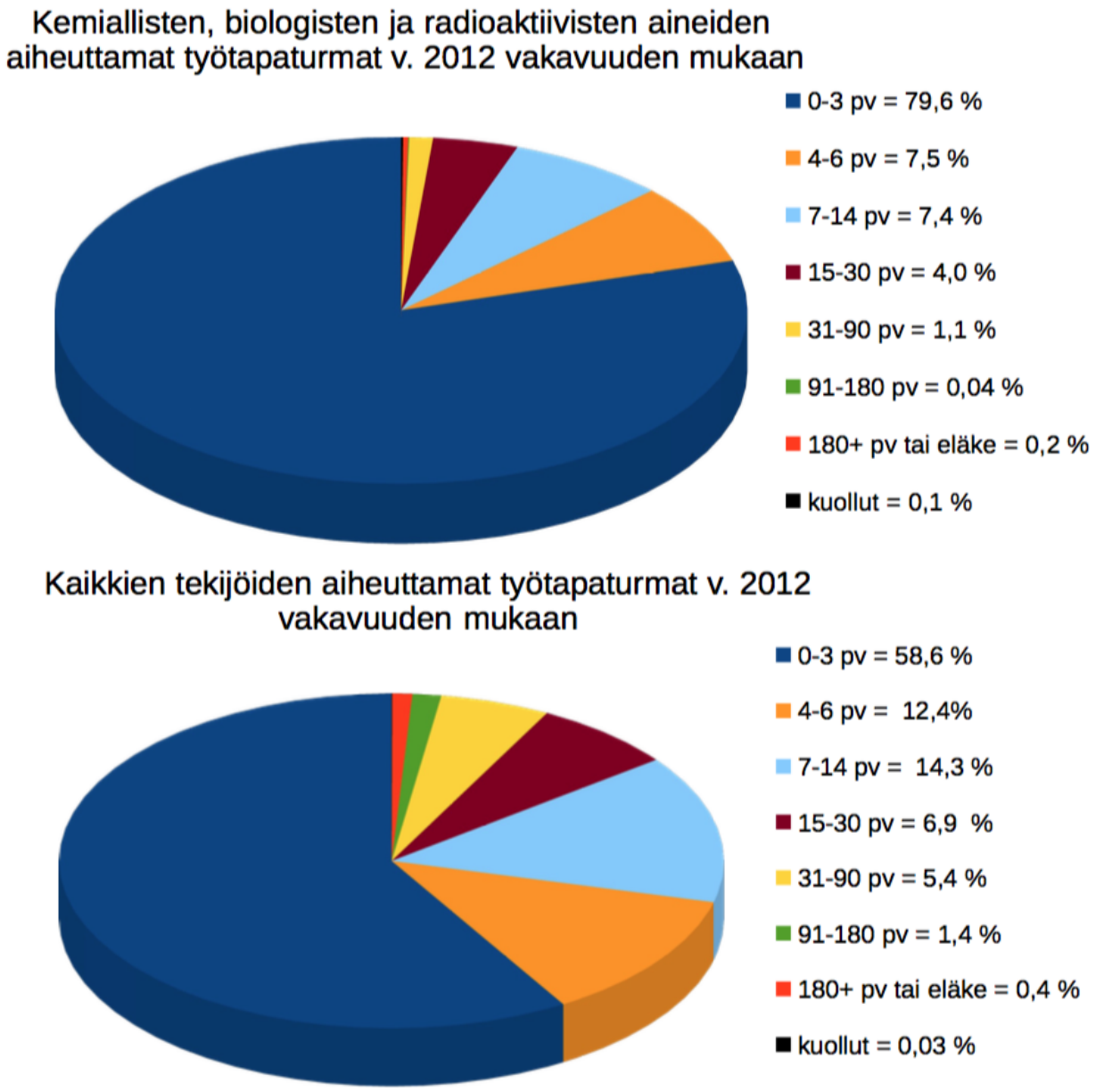
Vuonna 2012 rekisteröitiin TVL:n hallinnoimiin tietokantoihin kemiallisten ja biologisten tekijöiden aiheuttaneen Suomessa 2087 työtapaturmaa. Yhteensä työtapaturmia tapahtui vuoden aikana 105 430, joten kemialliset ja biologiset altisteet aiheuttivat 2 prosenttia kaikista työpaikalla sattuneista tapaturmista. Luvussa ovat tapaturmien aiheuttajaluokkien määrittelyn tähden mukana myös tämän työn aihepiiriin kuulumattomat radioaktiivisten aineiden aiheuttamat tapaturmat, joiden määrä on tosin hyvin vähäinen. (TVL, 2014a) Nanokokoisten aineiden aiheuttamia työtapaturmia ei eritellä tilastoissa, mutta koska kysymys on kemiallisista ja biologisista aineista, mahdollisten nanomateriaaleista aiheutuneiden tapaturmien voidaan olettaa sisältyvän samaan ryhmään kemiallisten, biologisten ja radioaktiivisten tekijöiden aiheuttamien tapaturmien kanssa.

Kuvassa 2 on kuvattu vuonna 2012 tapahtuneet kemiallisten, biologisten ja radioaktiivisten aineiden aiheuttamat työtapaturmat sekä kaikki työtapaturmat niiden vakavuuden mukaan prosenttiosuuksina. Tuloksia tulkitessa on otettava huomioon, että esimerkiksi ensisijaisesti tulipalon aiheuttamia tapaturmia ei ole tilastojen jaottelun tähden otettu huomioon kemiallisten, biologisten ja radioaktiivisten aineiden ryhmässä, vaikka osa tällaisista tulipaloista saattaa olla pohjimmiltaan kemiallisten ja biologisten tekijöiden aiheuttamia.

Vertailusta huomataan, että kemiallisten, biologisten ja radioaktiivisten aineiden aiheuttamat työtapaturmat ovat poissaolojen pituuksissa mitattuina lievempiä kuin työtapaturmat keskimäärin. Näiden tekijöiden aiheuttamista työtapaturmista 79,6 prosenttia oli lieviä, alle 4 päivän poissaoloon johtaneita, kun taas kaikista työtapaturmista lieviä oli huomattavasti pienempi osuus, 58,6 prosenttia. Kaikki vakavien tapaturmien prosenttiosuudet olivat pienempiä kemiallisten, biologisten ja radioaktiivisten aineiden osalta lukuun ottamatta kuolemaan johtaneita työtapaturmia. Tähän tosin voi vaikuttaa kuolemaan johtaneiden tapaturmien yleisesti alhainen määrä: kemiallisista, biologisista ja radioaktiivisista tekijöistä niitä aiheutui kaksi ja kaikista tekijöistä yhteensä 32.

Vuosina 2005-2012 Suomessa rekisteröitiin yhteensä 991 kemiallisten, biologisten ja radioaktiivisten aineiden aiheuttamaa ammattitautia. Yhteensä ammattitauteja rekisteröitiin 1737, joten kemialliset, biologiset ja radioaktiiviset aineet aiheuttivat aikavälillä 57 prosenttia kaikista ammattitaudeista. Ammattitautien vuosittaiset rekisteröintimäärät ovat kuitenkin olleet laskussa aikavälillä. (TVL, 2014a)

Kuva 2. Kemiallisten, biologisten ja radioaktiivisten aineiden aiheuttamat sekä kaikkien tekijöiden aiheuttamat työtapaturmat v. 2012 vakavuuden mukaan. (laadittu lähteen TVL, 2014a perusteella)



5.2 Kirjallisuusselvityksen erityisen riskialttiiden alojen tilastollinen vertailu

TVL:n ja Tilastokeskuksen tarjoamien tilastojen avulla on taulukkoon 4 koottu kirjallisuusselvityksen erityisen riskiherkiksi kemiallisten, biologisten ja nanoteknologisten altistekijöiden suhteen tunnistamien alojen Suomea koskevaa tilastotietoa. Taulukkoon on laskettu tapaturmataajuudet tehtyjen työtuntien sekä kemiallisista, biologisista ja radioaktiivisista altisteista aiheutuneiden tapaturmien alakohtaisten määrien avulla. Taulukkoon on myös määritetty, mikä osuus tapaturmista oli yli neljän päivän poissaoloon johtaneita. Myös vuonna 2012 rekisteröidyt ammattitaudit on merkitty taulukkoon. Jokaisen alan tunnuslukuja ja joihinkin alojen tyypillisiin altisteisiin liittyviä tilastotietoja käsitellään alakohtaisesti myöhemmin kappaleessa.

Taulukko 4. Kirjallisuusselvityksessä kemiallisille, biologisille ja nanoteknologisille altisteille erityisen herkiksi arvioitujen alojen Suomessa tehdyt työtunnit, kemiallisista, biologisista ja radioaktiivisista tekijöistä aiheutuneet työtapaturmat, vakavien työtapaturmien alakohtainen osuus, alojen tapaturmatiheydet miljoonaa työtuntia kohti ja kemiallisten ja biologisten tekijöiden aiheuttamat ammattitaudit aloilla vuonna 2012. (laadittu lähteiden TVL, 2014a ja Tilastokeskus, 2014, pohjalta)

Ala	Palkansaajien tehdyt työtunnit v. 2012 (milj. h)	Kemiallisista, biologisista ja radioaktiivisista altisteista aiheutuneet työtapaturmat v. 2012	Kemiallisista, biologisista ja radioaktiivisista työtapaturmista vakavia (4 tai enemmän pv poissaoloon johtaneita) v. 2012 (%)	Kemiallisten, biologisten ja radioaktiivisten aineiden aiheuttamien työtapaturmien tiheys v. 2012, (tapaturmaa/ milj. h)	Rekisteröidyt kemiallisten ja biologisten altisteiden aiheuttamat ammattitaudit v. 2012
Jätehuolto ja **kunnossapito:** Sähkö-, kaasu-, lämpö-, vesi-, viemäri- ja jätevesihuolto (35-39) Kiinteistön ja maiseman hoito (81)	123,0	184	22,3	1,50	21
Metallurgia: Metallien jalostus (24) Metallituotteiden valmistus (pl. koneet ja laitteet) (25)	87,7	103	24,3	1,17	46
Elintarviketeollisuus: Elintarvikkeiden, tekstiilien ja vaatteiden valmistus (10-15)	74,0	82	26,8	1,12	35
Rakentaminen ja rakennusten kunnostaminen: Rakentaminen (41-43)	233,4	202	25,2	0,87	249
Metsäteollisuus: Sahatavaran, paperin sekä paperituotteiden valmistus (16-17) Painaminen ja jäljentäminen (18)	82,8	62	21,0	0,75	39
Terveydenhuolto: Terveyspalvelut (86)	270,4	35	20,0	0,13	15

Alat on määritelty Tilastokeskuksen tilastoimien palkansaajien tehtyjen työtuntien mukaan, joita ei tilastoissa ole kaikilta osin ilmoitettu jokaiselle alalle erikseen. Tämän tähden esimerkiksi jätehuolto ja kunnossapito ovat samassa luokassa ja elintarvike- ja tekstiiliteollisuus edustavat taulukossa yhdessä elintarviketeollisuutta Numerot alakuvausten yhteydessä ovat niiden TOL 2008 -luokituksia, joilla varmistettiin, että molempien lähteiden luvut kuvaavat samaa työntekijäjoukkoa

5.2.1 Jätehuolto ja kunnossapito tilastoissa

Taulukosta 4 havaitaan, että kirjallisuusselvityksessä altisteherkimmiksi nousseilla aloilla, jätehuollolla ja kunnossapidolla, oli vuonna 2012 Suomessa kaikista selvityksessä altistumisherkiksi tunnistetuista aloista suurin kemiallisista, biologisista ja radioaktiivisista altisteista aiheutuvien työtapaturmien tiheys, 1,50 tapaturmaa miljoonaa työtuntia kohti. Toisaalta alalla samana vuonna rekisteröityjen ammattitautien määrä on melko vähäinen suhteessa suureen työtapaturmatiheyteen.

Kirjallisuusselvityksessä erityisesti kunnossapitoalan altisteriskejä lisäävänä tekijänä pidettiin aliurakointia. Tilastot näyttäisivät tukevan aliurakoitsijoiden suurempia kemiallisiin altisteisiin liittyviä riskejä ainakin kuolemaan johtaneiden työtapaturmien osalta: Suomessa kemiallisiin tekijöihin, pois lukien vesistöön hukkuminen, on työpaikoilla vuosina 2005-2012 kuollut kuusi työtekijää, joista kaksi kolmasosaa työskenteli muun kuin pääsääntöistä määräysvaltaa työkohteessa käyttävän yrityksen palveluksessa: kolme aliurakoitsijan ja yksi alihankkijan palveluksessa (TVL, 2014b).

5.2.2 Metallurgia tilastoissa

Metallurgia nousee taulukossa 4 kemiallisista, biologisista ja radioaktiivisista tekijöistä aiheutuneiden tapaturmien tiheydessä toiseksi riskialttiimmaksi alaksi 1,17 tapaturmalla miljoonaa työtuntia kohden. Myös yli neljän päivän poissaoloon johtaneiden tapaturmien osuus tapahtuneista tapaturmista on taulukon aloista kolmanneksi korkein, 24,3 %. Sivun 45 kuvasta 2 nähdään tämän suhdeluvun olevan kaikilla aloilla Suomessa keskimäärin 20,4 %. Kirjallisuusselvityksessä metallurgiaan liitettyihin kahteen keskeiseksi tunnistettuun kemialliseen riskitekijään, hitsaukseen ja spraytuotteiden käyttöön, liittyy huomattava silmävammojen riski: suurin osa vuosina 2005-2012 tapahtuneista spraytuotteiden käytöstä tai hitsauksesta aiheutuneista työtapaturmista oli lieviä, alle neljän päivän poissaoloon johtaneita, mutta suurin osa niistä kohdistui tapaturmakuvaushaun perusteella kasvoihin, erityisesti silmiin (TVL, 2014a).

5.2.3 Elintarviketeollisuus tilastoissa

Taulukossa 4 elintarviketeollisuus on tapaturmatiheydeltään kolmanneksi suurin (1,12 tapaturmaa miljoonaa työtuntia kohden) ja vakavien tapaturmien osuudeltaan suurin ala: kaikista alalla vuonna 2012 tapahtuneista kemiallisten, biologisten ja radioaktiivisten tekijöiden aiheuttamista työtapaturmista 26,8 % (keskiarvo kuvan 2 mukaisesti kaikilla aloilla Suomessa 20,4 %).

Leipomotyöntekijöillä vaikuttaisi tilastojen perusteella olevan muita elintarviketyöntekijöitä suurempi ammattitautiriski työntekijää kohden laskettuna. Vuosina 2005-2012 ammattiryhmässä leipomotuotteiden, makaronien ja muiden vastaavien tuotteiden valmistus työskentelevillä todettiin 219 kemiallisten ja biologisten tekijöiden aiheuttamaa ammattitautia, mikä vastaa 40,1 prosenttia kaikista elintarvike- ja juomateollisuuden työntekijöiden ammattitaudeista (TVL, 2014a). Osuus ammattitaudeista on suurempi kuin ryhmään kuuluvien työntekijöiden osuus elintarviketeollisuuden kokonaistyövoimasta, joka Elintarviketeollisuusliiton (ETL) mukaan oli 24,5 prosenttia vuonna 2010 (Elintarviketeollisuusliitto, 2012). Runsaat jauhopitoisuudet työpaikan ilmassa voivat lisätä myös riskiä pölyräjähdyksiin, mutta tilastoista ei löydy kuvauksia elintarvikepölyistä aiheutuneista pölyräjähdyksistä vuosilta 1999-2012 (TVL, 2014a). Sen sijaan elintarviketeollisuudessa jäähdytykseen yleisesti käytetty ammoniakki aiheuttaa runsaasti vuototilanteita: Tukesin ylläpitämästä VARO-rekisteristä nähdään, että valtaosa sen vuosina 2005-2012 tutkimista ammoniakkivuodoista on tapahtunut elintarviketeollisuudessa. Syynä ovat olleet useimmiten vanhentuneet putkistot ja venttiilit (Tukes, 2014b).

5.2.4 Rakentaminen ja rakennusten kunnostaminen tilastoissa

Rakentamisen ja rakennusten kunnostamisen alalla vakavien työtapaturmien osuus kemiallisten, biologisten ja radioaktiivisten tekijöiden aiheuttamista työtapaturmista on taulukossa 4 aloista

toiseksi suurin elintarviketeollisuuden jälkeen. Alan vuonna 2012 rekisteröityjen ammattitautien määrä on myös suuri, joskin pitkien latenssiaikojen jälkeen ilmenevillä asbestisairauksilla on vaikutusta määrään.

Mineraalipölyt, joihin lukeutuu muun muassa rakennusalalla riskiksi tunnistettu kvartsipöly, aiheuttivat aikavälillä 2005-2012 Suomessa 62,3 % kaikista aikavälillä rekisteröidyistä kemiallisten tekijöiden aiheuttamista ammattitaudeista (TVL, 2014). Tähänkin arvoon tosin vaikuttavat menneiden vuosikymmenten asbestialtistukset. Kirjallisuusselvityksessä esille tulleet puupölyn aiheuttamat ylähengitysteiden syövät eivät näytä tilastojen pohjalta yleisiltä Suomessa: tapauksia todetaan vain muutamia kappaleita vuodessa, esimerkiksi vuonna 2011 kaksi kappaletta (TTL, 2013a).

5.2.5 Metsäteollisuus tilastoissa

Metsäteollisuuden tapaturmatiheys on taulukossa 4 aloista toiseksi alhaisin, ja vakavien työtapaturmien osuus (21,0 %) on vain hieman kaikkien alojen keskiarvoa (20,4 %) korkeampi. Tukesin ylläpitämästä VARO-onnettomuustutkintarekisteristä nähdään, että paperiteollisuudessa yleiset klooridioksidi ja rikkidioksidi ovat vuosina 2005-2014 olleet yksiä yleisimmistä onnettomuustutkintaan johtaneita vuotoja aiheuttaneista kemikaaleista (Tukes, 2014b). Klooridioksidista ja rikkidioksidista aiheutuneita tapaturmista suurin osa on ollut hengitysaltistumisesta johtuvia ärsytys- tai pahoinvointioireita, joita klooridioksidin tapauksessa on tapauksista muutamassa ilmennyt työtapaturmakuvausten mukaan myös hengityssuojainten käytön jälkeen. (TVL, 2014)

5.2.6 Terveydenhuolto tilastoissa

Terveydenhuolto on sekä työtapaturmatiheydeltään että vakavien työtapaturmien arvoiltaan alhaisin taulukon 4 aloista. Alan vakavien työtapaturmien osuus (20,0 %) on kaikkien alojen keskiarvoa (20,4 %) pienempi.

Tartuntataudit arvioitiin kirjallisuusselvityksessä suurimmaksi terveydenhuoltoalan riskeistä. Riskitilanteiden huomattavasta määrästä huolimatta työperäisiä hepatiittitapauksia raportoidaan Suomessa vain vähän, esimerkiksi vuosina 1997-2007 kaksi kappaletta (Työsuojeluhallinto, 2013b). Suomessa ei ole tiettävästi raportoitu yhtäkään työperäisestä altistumisesta aiheutuvaa HIV-tapausta (Työsuojeluhallinto, 2013b), vaikka vakuutusyhtiöille tartuntavaaratilanteita on sanahakujen perusteella raportoitu vuosina 2005-2013 noin sata kappaletta. MRSA-tartuntavaaratilanteita on samana aikavälinä raportoitu yhteensä noin 60. (TVL, 2014a) Tuberkuloosia raportoidaan ammattitautina muutamia vuodessa, esimerkiksi vuonna 2011 5 kappaletta. Lisäksi erityisesti syyhypunkkien aiheuttamia ammattitauteja todetaan Suomessa terveydenhoito-, sosiaali- ja kasvatusalalla työskentelevillä. (TTL, 2013a)

6 Yhteenveto ja johtopäätökset

6.1 Tärkeimmät havainnot ja päätelmät

Kirjallisuusselvityksessä tunnistettiin yhteensä 15 tämän hetkistä työpaikkojen kemiallisiin, biologisiin ja nanoteknologisiin riskeihin vaikuttavaa yleistä tekijää ja 26 keskeistä riskejä aiheuttavaa altistetta. Lisäksi tunnistettiin 7 erityisesti kemiallisille, biologisille ja nanoteknologiaan liittyville riskeille altista alaa, joiden tilastollinen tutkimus painotti osaa aloista ja antoi muutamasta kuvan Suomessa riskeiltään kirjallisuuskatsauksen arvioita vähäisempinä.

6.1.1 Havainnot ja päätelmät yleisistä riskeihin vaikuttavista tekijöistä

Tutkimustulosten puute ja alhainen tietämys altisteista työpaikoilla nousi esiin keskeisenä trendinä kaikkiin kolmeen altisteryhmään vaikuttavien yleisten tekijöiden osalta. Kemiallisten altisteiden osalta huono tietämys liitettiin erityisesti PK-yrityksiin ja aliurakoitsijoihin, kun taas biologiset ja nanoteknologiset altisteet nähtiin kokonaisuutena huonosti tunnettuina. Huonoon tietämykseen ja tutkimustulosten puutteeseen liitettiin kemiallisten ja nanoteknologisten altisteiden osalta erityisesti nopea tuotekehitys sekä biologisten ja nanoteknolologisten altisteiden osalta tehokkaiden mittausmenetelmien puute. Myös eri altisteiden keskeisen vuorovaikutuksen tutkimista yksittäisten altisteiden tutkimisen rinnalla pidettiin tärkeänä. Tutkimustiedon ja tietämyksen puutteen trendi osoittaa kemiallisten, biologisten ja nanoteknologisten altisteiden jatkuvan monipuolisen tutkimisen ja riskienarvioinnin tarpeen sekä uusien, edullisempien ja helppokäyttöisempien mittausmenetelmien kehittämisen tärkeyden.

Hengitystiealtistuminen nousi tutkimuksissa esille keskeisenä tekijänä kemiallisiin ja nanoteknologisiin altisteisiin liittyen. Hengitystiealtistuminen biologisille altisteille ei noussut tutkimuksissa erityisesti esille, mutta on kuitenkin otettava huomioon, että suuri osa erityisesti allergisoivista biologisista altisteista aiheuttaa oireita juuri hengitystiealtistumisen kautta. Prosessisuunnittelun ja ilmanlaadun epäpuhtausmittausten rooli korostuu hengitysaltistumisen torjumisessa. Ihoaltistumisen rajojen määrittämisen tarve on myös tutkimusten perusteella tärkeä osa työterveyden- ja työturvallisuuden parantamista työympäristöissä.

Lisääntyvä altistuminen kemiallisille ja biologisille altisteille tuli esille selvityksessä. Suomea koskeva mahdollisena trendinä esille nousi kierrätyksen ja uusien materiaalien käytön lisääntyminen, joka voi lisätä erityisesti biologista altistumista

Lainsäädännön ja kansainvälisen yhteistyön asema nousivat myös esille tutkimuksissa. Lainsäädännön rooli liitettiin erityisesti nanoteknologisiin altisteisiin niiden nopean kehityksen ja sovellusten uutuuden tähden. Kansainvälisen yhteistyön merkitys korostui erityisesti globaalien biologisten altisteiden, erityisesti epidemioiden ja pandemioiden osalta. Sekä maakohtaista huolellista varautuminen että globalisaation aikaansaama taudinaiheuttajien nopeaa leviäminen maasta toiseen painottuivat.

Yleisesti voidaan sanoa sekä altisteiden tutkimuksen että niiden lainsäädännöllisen ja työpaikkakohtaisen hallinnoimisen olevan keskeisiä teemoja kirjallisuusselvityksen tunnistamissa yleisissä kemiallisiin, biologisiin ja nanoteknologisiin

altisteisiin vaikuttavissa tekijöissä. Koska altisteiden muuttuminen ja uusien altisteiden ilmestyminen on nopeaa, uusimmat tutkimustulokset tulisi saada mahdollisimman nopeasti käyttöön lainsäädäntöön ja työpaikkojen riskienarviointiin.

6.1.2 Havainnot ja päätelmät riskejä aiheuttavista altisteista

Selvityksessä keskeisimmiksi nousseista kemiallisista altisteista kolme, dieselhöyryt, hitsaushuurut ja kvartsipöly, ovat työtehtävistä syntyviä sivutuotteita, mistä johtuen niiden tunnistaminen ja niiden aiheuttamien riskien hallinta voi olla varsinaisia käytössä olevia kemikaaleja alhaisemmalla tasolla. Nopean tuotekehityksen trendiin liittyivät kemiallisista riskialtisteista erityisesti isosyanaatit ja epoksihartsit, sekä niihin liittyen spray-tuotteet, joiden helppo käyttötapa on lisännyt niiden suosiota, mutta johtaa samalla helposti hengitettävien aerosolien syntyyn käytössä. Suosiotaan ovat Suomessa kasvattaneet myös keinotekoiset mineraalikuidut, joista erityisesti lämpökestäviin keraamisiin kuituihin liitettiin mahdollisia haittavaikutuksia. Styreeni nousi selvityksessä esimerkiksi aineesta, jota on käytetty teollisuudessa jo pitkään, mutta jonka pitkäaikaisista terveysvaikutuksista on saatu uutta näyttöä.

Biologisista tekijöistä allergisoivat ja myrkylliset tekijät vaikuttaisivat olevan Suomessa keskeisempiä työpaikkojen riskejä kuin zoonoosit ja muut infektiotaudit. Allergeeneistä ja myrkyllisistä tekijöistä selvityksessä kaikki keskeisiksi havaitut punkkeja lukuun ottamatta aiheuttavat pääsääntöisesti hengitystieoireita ja -tauteja. Biologisista pölyistä erityisesti jauhopöly nousi suomalaisten työhygieniamittausten perusteella keskeiseksi. Suoran ilma-altistumisen lisäksi tekijät voivat levitä myös nesteaerosoleissa monenlaisissa eri työympäristöissä. Selvityksessä tunnistetut keskeiset zoonoosit ja muut infektiotaudit luokiteltiin lähinnä terveydenhuollon riskeiksi. Globalisaation vaikutus korostui erityisesti antibiooteille vastustuskykyisten bakteerien osalta. Myös hyvin tunnettujen tautien, esimerkiksi tuberkuloosin, muuntuminen lääkkeille vastustuskykyisiksi nähtiin huomattavana työterveysriskinä.

Kaikki selvityksessä tunnistetuista keskeisistä nanoteknologisista altisteista ovat teollisesti valmistettuja, sillä sivutuotteina syntyviä nanopartikkeleita käsiteltiin lähinnä kemiallisia riskejä koskevissa arvioinneissa. Yleisimmin partikkeleihin liitettiin karsinogeenisiä ja tulehdusominaisuuksia. Teollisesti valmistettujen nanopartikkelien työterveydelle ja -turvallisuudelle aiheuttamista riskeistä ei ole juurikaan saatavissa tilastotietoja. Laaja käyttö nähtiin erityisesti hiilinanoputkien ja titaniumdioksidin osalta huomattavana riskejä lisäävänä tekijänä. Myös nanokokoisten hiukkasten erityiskäytöksen, esimerkiksi Troijan-hevonen -ilmiön ja agglomeraation, lisätutkimustarve painottui.

Yhteenvetona altisteista voidaan todeta, että kaikki kirjallisuusselvityksessä keskeisimmiksi tunnistetut kemialliset, biologiset ja nanoteknologiset altisteet ovat ensisijaisesti ammattitauteja aiheuttavia ja pääsääntöisesti hengityselinten kautta vaikuttavia. Tapaturmia aiheuttavat altisteet eivät nousseet esille tutkimuksissa, mikä voi ainakin osittain johtua niiden alakohtaisuudesta: monet tapaturmavaaralliset altisteet ovat läsnä vain tietyissä työympäristöissä, kun taas ammattitauteja aiheuttavia altisteita tavataan usein monissa erilaisissa työympäristöissä.

6.1.3 Havainnot ja päätelmät erityisen riskialttiista aloista

Tilastotutkimuksen perusteella työn aiheina olevista tekijöistä aiheutuvat työtapaturmat voidaan arvioida Suomessa yleisesti melko harvinaisiksi ja seurauksiltaan keskimäärin lieviksi. Kemiallisista ja biologiset tekijät aiheuttavat kuitenkin suurimman osan ammattitaudeista.

Kaksi riskiherkimmäksi kirjallisuusselvityksessä arvioitua alaa, jätehuolto ja kunnossapito, ovat muiden alojen turvallisuutta usein tukevia toimintoja, joissa on kuitenkin itsessään korkeiksi arvioidut altistumisriskit. Tilastotutkimuksen perusteella jätehuolto ja kunnossapito nousivat kokonaisalana Suomessa kirjallisuusselvityksen tunnistamista aloista työtapaturmataajuudeltaan suurimmaksi, kun tarkasteltiin kemiallisten, biologisten ja radioaktiivisten tekijöiden aiheuttamia tapaturmia. Molemmilla aloilla on mahdollista altistua laajalle määrälle erilaisia kemiallisia, biologisia ja nanoteknologiaan liittyviä altisteita jätteiden tai vaihtelevien työympäristöjen kautta. Nämä alat nähtiin myös nousevina muun muassa materiaalien kierrätyksen lisääntymisen tähden. Selvityksen ja tilastojen perusteella vaikuttaa siltä, ettei monesti aliurakoitsijoina toimivien jätehuolto- ja kunnossapitotyöntekijöiden riskienhallintaan kiinnitetä tarpeeksi huomiota.

Muista tutkimuksissa esille tulleista aloista metallurgia nousi keskeiseksi erityisesti kemiallisten

riskitekijöidensä tähden. Alaan liitetyt riskit olivat sekä suoraan työtehtäviin liittyviä, kuten altistuminen karsinogeenisille metalleille ja allergisoiville metallisuoloille, että työtehtävien sivutuotteista, kuten hitsaushuuruista ja puhdistusaineista, aiheutuvia. Biologisista riskitekijöistä metallurgiaan liitettiin erityisesti käsittelynesteistä syntyvät bioaerosolit ja nanoteknologiaan liittyvistä tekijöistä nanokokoluokan metallihöyryt, hitsaushöyryt, dieselhöyry ja kvartsipöly. Metallialalla oli tilastotutkimuksessa heti jätehuolto- ja kunnossapitoalan jälkeen suurin työtapaturmien taajuus sekä suhteessa korkea rekisteröityjen kemiallisten ja biologisten tekijöiden aiheuttamien ammattitautien määrä vuonna 2012.

Elintarviketeollisuudessa työskentelevillä on Suomessa muihin aloihin verrattuna huomattava riski sairastua ammattitauteihin, ja alan vuonna 2012 rekisteröityjen kemiallisista ja biologisista tekijöistä aiheutuneiden ammattitautien määrä Suomessa oli verrattain korkea. Alalla kemiallisten, biologisten ja radioaktiivisten aiheuttamien työtapaturmien taajuus oli myös kolmanneksi suurin esille tulleista keskeisistä aloista, ja yli neljän päivän poissaoloihin johtaneiden tapaturmien osuus näistä tapaturmista oli suurin kaikista keskeisistä aloista. Leipomotyöntekijöillä havaittiin työntekijää kohti suurempi tilastollinen todennäköisyys ammattitaudeille kuin muilla elintarviketyöntekijöillä. Elintarvikeala vaikuttaa sekä tapaturma- että ammattitautiriskien pienentämistoimenpiteiden kannalta keskeiseltä, erityisesti esille tulleen nano- ja bioteknologian hyödyntämisen alalla lisääntyessä.

Rakentaminen ja rakennusten korjaaminen nousivat tilastoissa esille vuonna 2012 rekisteröityjen korkean kemiallisten ja biologisten tekijöiden aiheuttaman ammattitautimäärän tähden, joskin huomattava osa näistä ammattitaudeista aiheutuu pitkien latenssiaikojen tähden todennäköisesti asbestista. Tutkittu työtapaturmien taajuus oli alalla vuonna 2012 alhaisempi kuin esimerkiksi elintarviketeollisuudessa, mutta yli neljän päivän poissaoloon johtaneiden tapaturmien osuus oli keskeisiksi nousseista aloista toiseksi suurin. Rakennusala nousi keskeiseksi laajan, kaikkiin kolmeen altisteryhmään jakautuvan mahdollisen altistuksen, mutta myös muita aloja enemmän perehdytykseen ja työolojen hitaaseen muuttumiseen liittyvien tekijöiden tähden.

Metsäteollisuudessa, ja siihen liitettynä erityisalana biopolttoaineiden tuotannossa ja käytössä, erityisesti biologiset altisteet korostuivat kirjallisuusselvityksessä. Kemiallisista tekijöistä paperinvalmistuskemikaalit nousivat esille. Kemiallisten, biologisten ja radioaktiivisten aineiden aiheuttamien tapaturmien taajuus ja vakavien tapaturmien osuus olivat aloista toisiksi pienimmät. Biopolttoaineisiin liittyvät riskit nähtiin useissa tutkimuksissa nousevina niiden käytön yleistymisen, käsittelystä syntyvien bioaerosolien ja havaittujen polton häkämyrkytysriskien tähden.

Terveydenhuolto nousi esille erityisesti taudinaiheuttajiin liittyvien riskien tähden. Suomessa riskit eivät kuitenkaan tilastojen pohjalta näytä yhtä suurilta kuin kirjallisuuskatsauksen arvioissa, sillä terveydenhuollossa kemiallisten, biologisten ja radioaktiivisten tekijöiden aiheuttamien tapaturmien taajuus, vakavien tapaturmien osuus näistä tapaturmista sekä suhteellinen ammattitautien määrä olivat alhaisimpia kaikista keskeisiksi nousseista aloista. Esimerkiksi neulanpistotapaturmista aiheutuu hyvin harvoin sairauksia Suomessa. Kirjallisuusselvityksessä voimakkaasti esille noussut globalisaation vaikutus terveydenhuollon altisteisiin voi kuitenkin nostaa esille uusia riskitekijöitä, joihin tulee varautua.

Yleisesti voidaan todeta kirjallisuusselvityksen havaitsemien riskialttiiden alojen olevan melko hyvin linjassa tilastotutkimuksen antaman kuvan kanssa. Aloista erityisesti jätehuolto, kunnossapito, metallurgia ja elintarviketeollisuus vaikuttavat tutkimusten ja tilastotietojen kannalta Suomessa nousevilta ja keskeisiltä aloilta kemiallisen, biologisen ja nanoturvallisuuden kehitystyön kannalta.

6.2 Tulosten ja lähteiden luotettavuuden arviointi

Kirjallisuuskatsauksen lähdeaineistoon kuuluvien tutkimusten laatua voidaan pitää vertaisarvioinnin ja julkaisupaikan kannalta arvioituna hyvänä, sillä kaikki tutkimuksista on julkaistu joko kansainvälisissä tiedejulkaisuissa, vertaisarvioiduissa kokoelmissa tai kansallisten ja kansainvälisten asiantuntijaorganisaatioiden julkaisukokoelmissa. Tämä pätee myös tilastotutkimuksen tilastotietoihin, jotka on haettu tilastointivastuussa olevien organisaatioiden tietokannoista. Kirjallisuusselvityksessä saatuja havaintoja riskialttiista aloista tukevat keskeisimpien alojen arvioiden yhteneväisyydet tilastotutkimuksen tulosten kanssa. Objektiivisuuteen tulosten koonnissa ja esittämisessä pyrittiin laatimalla yhteenvetoja tutkimusten havaitsemista keskeisimmistä riskitekijöistä kirjoitusprosessin aikana.

Kirjallisuusselvityksen lähdeaineiston tutkimuksen ovat tuoreita, keskimäärin alle neljä vuotta vanhoja, ja myös vanhimmat käytetyistä tutkimuksista ovat alle kymmenen vuotta vanhoja. Tilastotiedon julkaisemisen viiveestä johtuen tuorein tilastotutkimuksessa käytetty tilastotieto on vuodelta 2012. Tällä voi olla vaikutusta keskeisimpien altisteiden ja riskiherkkien alojen tunnistamisessa, mikäli työelämän altisteissa tai työelämän rakenteissa, esimerkiksi riskiherkkien alojen työntekijämäärissä, on kuluneiden kahden vuoden aikana tapahtunut huomattavia muutoksia. Vuoden 2012 jälkeen julkaistut lähdeaineiston artikkelit eivät kuitenkaan nostaneet esille tällaisia muutoksia. Myös tilastojen virheellinen tulkinta on mahdollinen virhelähde, jota pyrittiin estämään perehtymällä hyvin hakutyökalujen toimintaan ja tilastoinnin periaatteisiin.

Kaikkiin kolmeen kirjallisuuskatsauksessa tutkittuun altisteryhmään liittyen tehdään runsaasti tutkimusta, mikä tekee otoksen edustavuuden arvioimisesta osana kaikkea tutkimusta haastavaa. Aineisto on kuitenkin työn kokoon nähden melko laaja, minkä voidaan nähdä parantavan sen todennäköistä edustavuutta kaikesta tutkimuksesta. Joistain aihepiireistä, esimerkiksi dieselhöyryn ja hiilinanoputkien terveysvaikutuksista, on viime aikoina tehty erityisen paljon tutkimusta, mikä voi vaikuttaa siihen, että nämä aiheet painottuvat aineistossa suhteessa liikaa. Tämä on pyritty ottamaan huomioon aineiston kokoamisessa, mutta ilmiö voi kuitenkin vaikuttaa hieman erityisesti nouseviksi arvioitujen riskien painotukseen.

Erityisesti altisteherkkiä aloja koskevan tutkimustiedon relevanssi suomalaisessa työelämässä on olennainen kysymys, sillä suurin osa lähdeaineistoon kuuluvista tutkimuksista käsittelee altisteita joko toisessa maassa tai useammassa maassa samanaikaisesti. Globalisaation mukanaan tuomien riskien, esimerkiksi pandemioiden, kannalta useamman maan lähestymistapa on hyvin käyttökelpoinen, mutta työpaikan paikallisten riskien osalta esimerkiksi työoloilla, ilmastolla ja maakohtaisilla säädöksillä voi olla vaikutusta havaintoihin. Tutkimusaineisto pyrittiin rajaamaan koskemaan Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa suoritettuja tutkimuksia tällaisten altisteiden osalta. Tästä huolimatta on todennäköistä, että jotkin työssä esitellyt tutkimusten havainnot eivät ole Suomen olosuhteissa yhtä keskeisiä kuin alkuperäisissä arvioissa, mikä voi vaikuttaa kirjallisuusselvityksen tulosten sovellettavuuteen Suomessa. Koska tutkimuksessa painotettiin nimenomaan riskeiltään nousevia aloja, on myös mahdollista, että joku tällä hetkellä kemiallisten, biologisten ja nanoteknologisten riskien kannalta huomionarvoinen ala on jäänyt vähemmälle huomiolle.

6.3 Tulevaisuudennäkymät

Tulosten pohjalta voidaan todeta, että vaikka kemiallisten ja biologisten tekijöiden aiheuttamien ammattitautien määrät ovat Suomessa olleet laskussa ja monille kemiallisille ja biologisille tekijöille altistuminen mittaustilastojen mukaan vähentyneet, on kemiallisen, biologisten ja nanoteknologisten altisteiden tutkiminen ja vähentäminen työympäristöissä keskeinen osa erityisesti työterveyden parantamista monilla aloilla.

Tutkimusten esille nostamat tulevaisuuden kehityssuunnat, ympäristöystävällisten prosessien kehitys ja nanoteknologian lisääntyvä käyttö, luovat uusia mahdollisuuksia, joiden toteutuksessa ja lainsäädännön kehityksessä tulisi kuitenkin muistaa myös työntekijöiden asema. Uusien, toimenkuvaltaan monipuolisten ja eri ympäristöissä työskentelevien ammattiryhmien työperäisten kemiallisten, biologisten ja nanoteknologiaan liittyvien turvallisuus- ja terveysriskien selvittäminen on tärkeää, kuten jätehuolto- ja kunnossapitoalojen arvioista huomataan. On myös otettava huomioon, etteivät kaikki luokitukseltaan haastavat ammatit, esimerkiksi altisteiden kannalta varmasti keskeinen asfalttityöala, nouse välttämättä esille tutkimuksissa joko pienen työntekijämäärän tai vähäisen alaan suoraan kohdistuvan tutkimuksen tähden. Myös tällaisia aloja tulisi pyrkiä tutkimaan niiden sisältämien riskien havaitsemiseksi ja hallitsemiseksi. Tutkimuksista kävi myös selkeästi ilmi, että kemialliset, biologiset ja nanoteknologiaan liittyvät altistetekijät ovat yhteydessä toisiinsa, mistä johtuen riskien arvioinnissa tulisi hyödyntää eri osa-alueisiin liittyvää tietämystä ja pohtia tekijöiden vuorovaikutuksia työympäristössä ja ihmisen elimistössä.

Lähteet

Amyotte P. 2011. Are classical process safety concepts relevant to nanotechnology applications?. Journal of Physics: Conference Series 304 (2011). [Internet]. [Viitattu 18.8.2014]. Saatavilla: http://iopscience.iop.org/1742-6596/304/1/012071/pdf/1742-6596_304_1_012071.pdf

Arif A., Delcos C. 2012. Association between cleaning-related chemicals and work-related asthma and asthma symptoms among healthcare professionals. Occupational Environmental Medicine 69 (2012), s. 35-40. [Internet]. [Viitattu 26.8.2014]. Saatavilla: http://faculty.rmu.edu/~short/research/formaldehyde/formaldehyde-papers/Arif-AA-and-Delcos-GA-2012.pdf

Castranova V. 2011. Overview of Current Toxicological Knowledge of Engineered Nanoparticles. Journal of Environmental Medicine 53:6 (2011). [Internet]. [Viitattu 19.8.2014]. Saatavilla: http://journals.lww.com/joem/Abstract/2011/06001/Overview_of_Current_Toxicological_Knowledge_of.4.aspx

Centers for Disease Control and Prevention (CDC). 2014. Isocyanates. [Internet]. [Viitattu 27.7.2014]. Saatavilla: http://www.cdc.gov/niosh/topics/isocyanates/

CRO Forum. 2010. Nanotechnology. [Internet]. [Viitattu 3.7.2014]. Saatavilla: http://www.swissre.com/r/CRObriefing_Nanotechnology_Nov2010.pdf?19=930&44=43173279&43=582292&32=10792&7=582292&50=NFubfkk%2F8awKqqv2yXMDsAFNBFLINMWlCryJOqbAkeK7lW6GoWsnGYFqchLYv%2FRoPl7vOA7yc%2BbsyOfaQA%2BwdOpvv%2BYDQ9UjY3FaNK%2FMybM%3D&18=0.8414083756840506

Collins J., Bodner K., Bus J. 2013. Cancer Mortality of Workers Exposed to Styrene in the U.S. Reinforced Plastics and Composite Industry. Epidemology 24:2 (2013), s. 195-203. [Internet]. [Viitattu 28.7.2014]. Saatavilla: http://journals.lww.com/epidem/Abstract/2013/03000/Cancer_Mortality_of_Workers_Exposed_to_Styrene_in.5.aspx

Corn M. Handbook of Hazardous Materials. 2012. 772 s. Academic Press. ISBN 0-12-189410-X. Saatavilla internetissä: http://www.google.fi/books?hl=fi&lr=&id=JBYkHR7FViYC&oi=fnd&pg=PA81&dq=occupational+biosafety&ots=6vg5KIh13t&sig=U2cFXnElQYwRFkH8rATCHzxKzEw&redir_esc=y#v=onepage&q=occupational%20biosafety&f=false

Corrao C., Mazzotta A., La Torre G., De Giusti M. 2012. Biological Risks and occupational health. Industrial Health 50 (2012), s. 326-327. [Internet]. [Viitattu 5.8.2014]. Saatavilla: https://www.jstage.jst.go.jp/article/indhealth/50/4/50_MS1324/_pdf

Cummings K., Martin S., Lindsley W., Othumpangat S., Blachere F., Noti J., Beezhold D., Roidad N., Parker J., Weissman D. 2014. Exposure to influenza virus aerosols in the hospital setting: is routine patient care an aerosol generating procedure?. The Journal of infectious diseases 210:3 (2014), s. 504-505. [Internet]. [Viitattu 8.8.2014]. Saatavilla: http://jid.oxfordjournals.org/content/early/2014/03/30/infdis.jiu127.short

D 2000/54/EC. Directive of the European Parliament and of the Council of 18 September 2000 on the protection of workers from risks related to exposure to biological agents at work (seventh individual directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC). Saatavilla: http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/;ELX_SESSIONID=Sw5LTxsHF5xy9PvnCm4YlkSf0w5nhRMHPVTxpwyKsHhLPTXRkbDv!910712921?uri=CELEX:32000L0054

Dutkiewicz J., Cisak E., Sroka J., Wójcik-Fatla A., Zając V. 2011. Biological agents as occupational hazards – selected issues. Annals of Agricultural and Environmental Medicine 18:2 (2011), s. 286-293. [Internet]. [Viitattu 4.8.2014]. Saatavilla: http://www.researchgate.net/publication/51979864_Biological_agents_as_occupational_hazards_-_selected_issues/file/72e7e52120a1c7b2b3.pdf

Elintarviketeollisuusliitto. 2012. Tärkeimmät elintarviketeollisuuden alat 2010. [Internet]. [Viitattu 12.8.2014]. Saatavilla: http://www.etl.fi/www/fi/liitetiedostot/tilastot/muut_tilastot/Tarkeimmat_elintarviketeollisuuden_alat.pdf

ECDC. 2014. Annual report of the Director 2013. [Internet]. [Viitattu 7.8.2014]. Saatavilla: http://www.ecdc.europa.eu/en/aboutus/Key%20Documents/annual-report-director-2013.pdf

Euroopan kemikaalivirasto (ECHA). 2014. REACH. [Internet]. [Viitattu 25.6.2014]. Saatavilla: http://echa.europa.eu/regulations/reach

Euroopan komissio. 2011. 2011/696/EU: Commission recommendation of 18 October 2011 on the definition of nanomaterial, Text with EEA relevance. [Internet]. Saatavilla: eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:275:0038:0040:EN:PDF

Euroopan komissio. 2012. Recommendation from the Scientific Committee on Occupational Exposure Limits for man made-mineral fibres (MMMF) with no indication for carcinogenicity and not specified elsewhere. [Internet]. [Viitattu 30.7.2014]. Saatavilla: http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CCwQFjAB&url=http%3A%2F%2Fec.europa.eu%2Fsocial%2FBlobServlet%3FdocId%3D7722%26langId%3Den&ei=Uw3ZU9yBM6WCzAORuoGgDw&usg=AFQjCNGT0bYOhCSzsvn3xItIvzZODoY3Tw&sig2=20LG6vR83pvMxPpAnzz-kg&bvm=bv.72185853,d.bGQ

EU-OSHA. 2007. Expert forecast on Emerging Biological Risks related to Occupational Safety and Health. 145 s. [Internet]. [Viitattu 27.6.2014]. Saatavilla: https://osha.europa.eu/en/publications/reports/7606488

EU-OSHA. 2008. Occupational skin diseases and dermal exposure in the European Union (EU-25). 240 s. [Internet]. [Viitattu 28.7.2014]. Saatavilla: https://osha.europa.eu/en/publications/reports/TE7007049ENC_skin_diseases

EU-OSHA. 2009a. Biological agents and pandemics: a review of the litterature and national policies. 88 s. [Internet]. [Viitattu 13.8.2014]. Saatavilla: https://osha.europa.eu/en/publications/literature_reviews/lit_review_biological-agents

EU-OSHA. 2009b. Expert forecast on emerging chemical risks related to occupational safety and health. 197 s. [Internet]. [Viitattu 24.7.2014]. Saatavilla: https://osha.europa.eu/en/publications/reports/TE3008390ENC_chemical_risks

EU-OSHA. 2009c. Literature Review – Workplace exposure to nanoparticles. 91 s. [Internet]. [Viitattu 3.7.2014]. Saatavilla: https://osha.europa.eu/en/publications/literature_reviews/workplace_exposure_to_nanoparticles

EU-OSHA. 2010. Risk assesment for biological agents. [Internet]. [Viitattu 26.6.2014]. Saatavilla: https://osha.europa.eu/en/publications/e-facts/efact53

EU-OSHA. 2012a. Maintenance and hazardous substances. [Internet]. [Viitattu 3.7.2014]. Saatavilla: https://osha.europa.eu/en/publications/e-facts/e-fact-66-maintenance-and-hazardous-substances

EU-OSHA. 2012b. Maintenance and hazardous substances – Maintenance in the chemical industry. [Internet]. [Viitattu 25.6.2014]. Saatavilla: https://osha.europa.eu/en/publications/e-facts/e-fact-67-maintenance-chemical-industry

EU-OSHA. 2013. Green jobs and occupational safety and health: Foresight on new and emerging risks associated with new technologies by 2020. 216 s. [Internet]. [Viitattu 22.7.2014]. Saatavilla: https://osha.europa.eu/en/publications/reports/green-jobs-foresight-new-emerging-risks-technologies

EU-OSHA. 2014. Priorities for occupational safety and health research in Europe for the years 2013-2020. [Internet]. [Viitattu 22.7.2014]. Saatavilla: https://osha.europa.eu/en/publications/reports/summary-priorities-for-osh-research-in-eu-for-2013-20

EY N:o 1272/2008. CLP-asetus. Saatavilla: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:353:0001:1355:FI:PDF

Field R., Withers B. 2012. Occupational and Environmental Causes of Lung Cancer. Clinical Chest Medicine 4 (2012). [Internet]. [Viitattu 23.7.2014]. Saatavilla: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3875302/pdf/nihms-397865.pdf

Gioffè A., Marramao A., Iannò A. 2011. Airborne Microorganisms, Endotoxin, and Dust Concentration in Wood Factories in Italy. Annual Occupational Hygiene Online. [Internet]. [Viitattu 12.8.2014]. Saatavilla: http://annhyg.oxfordjournals.org/content/early/2011/10/03/annhyg.mer082.full.pdf+html

Guillemin M. 2010. The future of occupational and environmental hygiene. Italian Journal of Occupational and Environmental Hygiene 1:2 (2010), s. 96-100. [Internet]. [Viitattu 6.8.2014]. Saatavilla: http://ijoehy.it/Archivio/2/96%20-%20100%20Keynote%20Guillemin.pdf

Hart J., Eisen E., Laden F. 2012. Occupational diesel exhaust exposure as a risk factor for COPD. Current Opinion in Pulmonary Medicine 2 (2012), s. 151-154. [Internet]. [Viitattu 25.7.2014]. Saatavilla: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3648416/

Hasan N., Said M., Leman A. 2013. Health effect from Volatile Organic Compounds and Useful Tools for Future Prevention: A Review. International Journal of Environmental Engineering Science and Technology Research 1:2 (2013). [Internet]. [Viitattu 29.7.2014]. Saatavilla: http://www.ijestr.org/IJESTR_Vol.%201,%20No.%202,%20February%202013/Health%20effect%20from%20Volatile%20Organic%20Compounds%20and%20Useful%20Tools%20for%20Future%20Prevention%20A%20Review.pdf

Huff J., Infante P. 2011. Styrene exposure and risk of cancer. Mutagenesis (2011). [Internet]. [Viitattu 28.7.2014]. Saatavilla: http://mutage.oxfordjournals.org/content/early/2011/07/01/mutage.ger033.full

Hämäläinen P., Anttila S. 2008. Onnistuneen työterveys- ja työturvallisuusjohtamisen sisältö ja käytännöt. [Internet]. [Viitattu 23.7.2014]. Saatavilla: http://tyosuojelujulkaisut.wshop.fi/documents/2008/05/TSJ_85a.pdf

ILO. 2006. A practical guide on best practice to prevent or minimise asbestos risks in work that involves (or may involve) asbestos: for the employer, the workers and the labour inspector. [Internet]. [Viitattu 31.7.2014]. Saatavilla: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_117883.pdf

ILO. 2010. List of Occupational Diseases (revised 2010). [Internet]. [Viitattu 1.7.2014]. Saatavilla: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_125137.pdf

ILO. 2013a. Safety and Health in the Use of Chemicals at Work. [Internet]. [Viitattu 24.6.2014]. Saatavilla: http://www.ilo.org/safework/info/publications/WCMS_235085/lang–en/index.htm

ILO. 2013b. The Prevention of Occupational Diseases. [Internet]. [Viitattu 24.6.2014]. Saatavilla: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_208226.pdf

International Risk Governance Council (IRGC). 2006. White Paper on Nanotecnology Risk Governance. [Internet]. [Viitattu 1.7.2014]. Saatavilla: http://www.irgc.org/IMG/pdf/IRGC_white_paper_2_PDF_final_version-2.pdf

Kauppinen, E., Kuusi O. 2010. Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan julkaisu 2/2010, Teknologian arviointeja 28: Nanohiilten tulevaisuuden mahdollisuudet ja merkitys Suomelle. [Internet]. [Viitattu 3.7.2014]. Saatavilla: http://web.eduskunta.fi/dman/Document.phx/~public/TuV/Nanohiilten+tulevaisuuden+mahdollisuudet+TUVJ+2+2010?folderId=~public%2FTuV&cmd=download

Kemikaalineuvonta. 2013. CLP. [Internet]. [Viitattu 25.6.2014]. Saatavilla: http://www.kemikaalineuvonta.fi/fi/Saadosalue/CLP/

L 3.6.2005/390. Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta. Saatavilla: http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2005/20050390

Ławniczek-Wałczyk A., Gołofit-Szymczak M., Cyprowski M., Górny R. 2012. Exposure to harmful microbiological agents during the handling of biomass for power production purposes. Medycyna Pracy 63:4 (2012), s. 395–407. [Internet]. [Viitattu 29.8.2014]. Saatavilla: http://www.imp.lodz.pl/upload/oficyna/czasopisma/MP_4-2012_A_Lawniczek-Walczyk.pdf

Liu Y., Rong Y., Steenland K., Christiani D., Huang X., Wu T., Chen W. 2014. Long-term Exposure to Crystalline Silica and Risk of Heart Disease Mortality. Epidemology Online. Saatavilla: http://journals.lww.com/epidem/Abstract/publishahead/Long_term_Exposure_to_Crystalline_Silica_and_Risk.99303.aspx

Lockey J., Roggli V., Hilbert T., Rice C., Levin L., Borton E., Biddinger P., LeMasters G. 2012. Biopersistence of Refractory Ceramic Fiber in Human Lung Tissue and a 20-Year Follow-Up of Radiographic Pleural Changes in Workers. Journal of Occupational and Environmental Medicine 54:7 (2012), s. 781-788. [Internet]. [Viitattu 30.7.2014]. Saatavilla: http://journals.lww.com/joem/Fulltext/2012/07000/Biopersistence_of_Refractory_Ceramic_Fiber_in.5.aspx

Luoma S. 2008. Silver nanotechnologies and the environment: old problems or new challenges?. Project on Emerging Nanotechnologies 15. [Internet]. [Viitattu 21.8.2014]. Saatavilla: www.nanotechproject.org/process/assets/files/7036/nano_pen_15_final.pdf

Malmén Y., Nissilä M., Virolainen K., Repola P. 2010. Process chemicals – An ever present concern during plant shutdowns. Journal of Loss Prevention in the Process Industries 2 (2010), s. 249-252. [Internet]. [Viitattu 23.7.2014]. Saatavilla: http://www.sciencedirect.com.libproxy.tut.fi/science/article/pii/S0950423009001685

Mannan M., O'Connor T., Keren N. 2008. Patterns and trends in injuries due to chemicals based on OSHA occupational injury and illness statistics. Journal of Hazardous Materials 163 (2009), s. 349–356.[Internet]. [Viitattu 20.7.2014] Saatavilla: http://www.sciencedirect.com.libproxy.tut.fi/science/article/pii/S0304389408010005/pdfft?md5=6d3f74046176996c4962a2a5aa21bfca&pid=1-s2.0-S0304389408010005-main.pdf

McDonald J., Campen M., Harod K., Seagrave J-C., Seilkop S., Mauderly J. 2011. Engine-Operating Load Influences Diesel Exhaust Composition and Cardiopulmonary and Immune Responses. Environmental Health Perspectives 119 (2011), s. 1136-1141. [Internet]. [Viitattu 25.7.2014]. Saatavilla: http://ehp.niehs.nih.gov/1003101/

Metsärinne, S., Mäkinen, M., Linnainmaa, M., Piirainen, J., Kangas, J., Tossavainen, A., Säntti, J., Kalliokoski, P., Veteli, M., Seuri, M., Savolainen, H. & Pavela, M. 2006. Tulenkestäville keraamisille kuiduille altistuminen ja sen hallinta metalliteollisuudessa. Kuopio: Työterveyslaitos, Kuopion yliopisto, STM työsuojeluosasto, Porin kaupunki. 41 s.

NIOSH. 2011. Occupational exposure to titanium dioxide. [Internet]. [Viitattu 20.8.2014]. Saatavilla: http://www.cdc.gov/niosh/docs/2011-160/

Nel A., Grainger D., Alvarez P., Badesha S., Castranova V., Ferrari M., Godwin H., Grodzinski P., Morris J., Savage N., Scott N., Wiesner M. 2011. Nanotechnology Research Directions for Societal Needs in 2020 – Retrospective and Outlook, s. 159-220. [Internet]. [Viitattu 19.8.2014]. Saatavilla: http://www.researchgate.net/publication/227136827_Nanotechnology_Environmental_Health_and_Safety_Issues/file/9c960521c93957bbcd.pdf

Oberdörster G. 2009. Safety assessment for nanotechnology and nanomaterials. Journal of Internal Medicine 267 (2009). [Internet]. [Viitattu 18.8.2014]. Saatavilla: http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2796.2009.02187.x/pdf

OECD. 2005. Small sizes that matter: Opportunities and risks of Nanotechnology. [Internet]. [Viitattu 2.7.2014]. Saatavilla: www.oecd.org/dataoecd/32/1/44108334.pdf

Pamphlett R., Rikard-Bell A. 2013. Different Occupations Associated with Amyotrophic Lateral Sclerosis: Is Diesel Exhaust the Link? [Internet]. [Viitattu 25.7.2014]. Saatavilla: http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0080993

Pekkanen J. 2010. Elin- ja työympäristön riskit Suomessa. Ympäristö ja terveys 3 (2010), s. 4-5. [Internet]. [Viitattu 22.7.2014]. Saatavilla: http://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/107112/Pekkanen%202010.Y%26T%233.Editoriaali%20%28s.4-5%29.pdf?sequence=1

Poland C., Duffin R., Kinloch I., Maynard A., Wallace W., Seaton A., Stone V., Brown S., MacNee W., Donaldson K. 2008. Carbon nanotubes introduced into the abdominal cavity of mice show asbestos-like pathogenicity in a pilot study. Nature nanotechnology 3 (2008), s. 423-428. [Internet]. [Viitattu 20.8.2014]. Saatavilla: http://www.nature.com/nnano/journal/v3/n7/full/nnano.2008.111.html

Rantanen, J. 2009. Työperäinen syöpä. Duodecim Terveyskirjasto. [Internet]. [Viitattu 24.7.2014]. Saatavilla: http://www.terveyskirjasto.fi/kotisivut/tk.koti?p_artikkeli=seh00017

Rim K-T., Lim C-H. 2014. Biologically Hazardous Agents at Work and Efforts to Protect Workers' Health: A Review of Recent Reports. Safety and Health at Work 5 (2014), s. 43-52. [Internet]. [Viitattu 4.8.2014]. Saatavilla: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2093791114000249/pdfft?md5=87e7382fd70c0358f88256188322e547&pid=1-s2.0-S2093791114000249-main.pdf

Rushton, L. 2014. Occupational Cancer: key challenges and opportunities for change. Occupational Medicine London 5 (2014), s. 313-316. [Internet]. [Viitattu 24.7.2014]. Saatavilla: http://occmed.oxfordjournals.org/content/64/5/313.full

Savolainen K. 2013. Miten ennustaa uusien synteettisten nanomateriaalien haittaominaisuuksia ja terveysvaaroja?. Tieteessä tapahtuu 1 (2013). [Internet]. [Viitattu 18.8.2014]. Saatavilla: http://ojs.tsv.fi/index.php/tt/article/download/7705/5936

Savolainen K., Pylkkänen L., Norppa H., Falck G., Lindberg H., Tuomi T., Vippola M., Alenius H., Hämeri K., Koivisto J., Brouwer D., Mark D., Bard D., Berges M., Jankowska E., Posniak M., Farmer P., Singh R., Krombach F., Bihari P., Kasper G. & Seipenbusch M. 2010. Nanotechnologies, engineered nanomaterials and occupational health and safety – A review. Safety Science 48 (2010), s. 957-963. Saatavilla: https://www.researchgate.net/profile/Antti_Koivisto/publication/223777461_Nanotechnologies_engineered_nanomaterials_and_occupational_health_and_safety__A_review/file/9c96052d26498f3fdc.pdf?origin=publication_detail

Schulte P., Geraci C., Hodson L., Zumwalde R., Castranova V., Kuempel E., Methner M., Hoover M., Murashov V. 2010. Nanotechnologies and Nanomaterials in the Occupational Setting. Italian Journal of Occupational and Environmental Hygiene 1:2 (2010), s. 63-68. [Internet]. [Viitattu 18.8.2014]. Saatavilla: http://www.ijoehy.it/Archivio/2/63-%2068%20Keynote%20Shulte.pdf

Seal S., Karn B. 2014. Safety aspects of nanotechnology based activity. Safety Science 63, March (2014), s. 217-225. [Internet]. [Viitattu 20.8.2014]. Saatavilla: http://www.sciencedirect.com.libproxy.tut.fi/science/article/pii/S0925753513002865

Sharma J. 2011. Management of biohazards: An occupational need. Journal of Scientific and Industrial Research 70:March (2011). [Internet]. [Viitattu 11.8.2014]. Saatavilla: http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/11085/1/JSIR%2070(3)%20191-198.pdf/

Skogstad M., Sikkeland L., Øvstebø R., Haug K., Heldal K., Skare Ø., Kongerud J., Kierulf P., Eduard W. 2011. Long-term occupational outcomes of endotoxin exposure and the effect of exposure cessation. Occupational & Environmental Medicine Online. [Internet]. [Viitattu 12.8.2014]. Saatavilla: http://oem.bmj.com/content/early/2011/08/02/oem.2010.062414.short

Strafella E., Bracci M., Staffolani S., Manzella N., Giantomasi D., Valentino M., Amati M., Tomasetti M., Santarelli L. 2013. Occupational Styrene Exposure Induces Stress- Responsive Genes Involved in Cytoprotective and Cytotoxic Activities. [Internet]. [Viitattu 28.7.2014]. Saatavilla: http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0075401

Song Y., Tang S. 2011. Nanoexposure, Unusual Diseases, and New Health and Safety Concerns. Scientific World Journal 11 (2011), s. 1821-1828. [Internet]. [Viitattu 29.7.2014]. Saatavilla: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3201677/

Sosiaali- ja terveysministeriö. 2013. Terveyttä, turvaa ja tasa-arvoa, Katsaus 2012-2015. [Internet]. [Viitattu 8.8.2014]. Saatavilla: http://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/104440/URN_ISBN_978-952-00-3364-4.pdf?sequence=1

Steenland K., Ward E. 2013. Silica: A lung carsinogen. A Cancer Journal for Clinicians 64:1 (2014), s. 63-69. [Internet]. [Viitattu 29.7.2014]. Saatavilla: http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.3322/caac.21214/full

TVL. 2014a. Tapaturmapakki-työkalulla käytettävät tilastotietokannat [Internet]. [Viitattu 27.7.2014]. Saatavilla rajoitetusti tutkimuskäyttöön Tvl:n luvalla, julkinen versio saatavilla: http://www.tvl.fi/fi/Tilastot-/Pikapakki---tilastotietokanta/

TVL. 2014b. TOT-rekisteri [Internet]. [Viitattu 23.7.2014]. Saatavilla: http://totti.tvl.fi

Tarlo S., Lerniere C. 2014. Occupational Asthma. The New England Journal of Medicine 9 (2014), s. 640-649. [Internet]. [Viitattu 27.7.2014]. Saatavilla: http://www.immunology-allergy.org/JournalPapers/OccupationalAsthma_NeJM_
2014.pdf

THL. 2014a. Hepatiitti C. [Internet]. [Viitattu 13.8.2014]. Saatavilla: www.thl.fi/fi/web/infektiotaudit/taudit-ja-mikrobit/virustaudit/hepatiitti-c

THL. 2014b. Legionella. [Internet]. [Viitattu 14.8.2014]. Saatavilla: http://www.thl.fi/fi/web/infektiotaudit/taudit-ja-mikrobit/bakteeritaudit/legionella

THL. 2014c. Legionelloosit. [Internet]. [Viitattu 14.8.2014]. Saatavilla: http://www.thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/vesi/vesiepidemiat/
legionelloosit

THL. 2014d. MRSA. [Internet]. [Viitattu 14.8.2014]. Saatavilla: http://www.thl.fi/fi/web/infektiotaudit/taudit-ja-mikrobit/bakteeritaudit/mrsa

THL. 2014e. Tuberkuloosi. [Internet]. [Viitattu 14.8.2014]. Saatavilla: http://www.thl.fi/fi/web/infektiotaudit/taudit-ja-mikrobit/bakteeritaudit/tuberkuloosi

Tilastokeskus. 2014. Suomen virallinen tilasto (SVT): Työvoimatutkimus. Työllisyys ja työttömyys 2012: Liitetaulukko 21. Palkansaajien tehdyt työtunnit toimialoittain (TOL 2008) vuosina 2010 - 2012, 15-74-vuotiaat. [Internet]. [Viitattu 2.9.2014]. Saatavilla: http://www.stat.fi/til/tyti/2012/13/tyti_2012_13_2013-03-05_tau_021_fi.html

Tsydenova O., Bengtsson M. 2011. Chemical hazards associated with treatment of waste electrical and electronic equipment. Waste Management 31 (2011), s. 45-58. [Internet]. [Viitattu 6.8.2014]. Saatavilla: http://www.sciencedirect.com.libproxy.tut.fi/science/article/pii/S0956053X10004393/pdfft?md5=7539d90df48ac82c96dbc085828c8b4a&pid=1-s2.0-S0956053X10004393-main.pdf

Tukes. 2014a. Biosidit. [Internet]. [Viitattu 25.6.2014]. Saatavilla: http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kemikaalit-biosidit-ja-kasvinsuojeluaineet/Biosidit/

Tukes. 2014b. VARO-rekisteri. [Internet]. [Viitattu 29.7.2014]. Saatavilla: http://varo.tukes.fi/

Työsuojeluhallinto. 2013a. Asbesti. [Internet]. [Viitattu 29.7.2014]. Saatavilla: http://www.tyosuojelu.fi/fi/asbesti

Työsuojeluhallinto. 2013b. Neulanpistoista töissä (toukokuu 2013). [Internet]. [Viitattu 13.8.2014]. Saatavilla: http://www.tyosuojelu.fi/fi/tyotohtori/5737

TTL. 2010a. Epoksiyhdisteet. [Internet]. [Viitattu 27.7.2014]. Saatavilla: http://www.ttl.fi/fi/kemikaaliturvallisuus/ainekohtaista_kemikaalitietoa/
epoksiyhdisteet/Sivut/default.aspx

TTL. 2010b. Melun muita riskitekijöitä. [Internet]. [Viitattu 8.8.2014]. Saatavilla: http://www.ttl.fi/fi/tyoymparisto/melu/melun_terveysvaikutukset/melun
_muut_riskitekijat/sivut/default.aspx

TTL. 2010c. Työ ja terveys Suomessa 2009. ISBN 978-951-802-943-7. 290 s. Saatavilla internetissä: http://www.ttl.fi/fi/verkkokirjat/tyo_ja_terveys_suomessa/Documents/Tyo_ja_terveys_2009.pdf

TTL. 2011. Kivi- ja tiilipöly. [Internet]. [Viitattu 29.7.2014]. Saatavilla: http://www.ttl.fi/fi/toimialat/rakennus/turvapakki/vaaralliset_aineet/polyt_mikrobit/kivipoly/Sivut/default.aspx

TTL. 2013a. Ammattitaudit ja ammattitautiepäilyt 2011. 127 s. [Internet]. [Viitattu 12.8.2014]. Saatavilla: http://www.ttl.fi/fi/verkkokirjat/ammattitaudit/Documents/Ammattitaudit_2011.pdf

TTL. 2013b. Biologiset tekijät. [Internet]. [Viitattu 30.6.2014]. Saatavilla: http://www.ttl.fi/fi/tyoymparisto/biologiset_tekijat/Sivut/default.aspx

TTL. 2013c. OVA-ohje: Styreeni. [Internet]. [Viitattu 28.7.2014]. Saatavilla: http://www.ttl.fi/ova/styreeni.html

TTL. 2013d. Työ ja terveys Suomessa 2012. 252 s. ISBN 978-952-261-301-1. Saatavilla internetissä: http://www.ttl.fi/fi/verkkokirjat/tyo_ja_terveys_suomessa/Documents/Tyo_ja_Terveys_2012.pdf

Utell M., Maxim L. 2012. Refractory ceramic fiber (RCF) toxicity and epidemiology: A review. Inhalation Toxicology 22:6 (2010). [Internet]. [Viitattu 30.7.2014]. Saatavilla: http://informahealthcare.com/doi/abs/10.3109/08958370903521224

Van Tongeren M., Kincl L., Richardson L., Benke G., Figuerola J., Kauppinen T., Lakhani R., Lavoué J., McLean D., Plato N., Cardis E. 2013. Assessing Occupational Exposure to Chemicals in an International Epidemiological Study of Brain Tumours. Annual Occupational Hygiene 57:5 (2013). [Internet]. [Viitattu 29.7.2014]. Saatavilla: http://annhyg.oxfordjournals.org/content/57/5/610.long

Vishwakarma V., Samal S., Manoharan N. 2010. Safety and Risk Associated with Nanoparticles - A Review. Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering 9:5 (2010). [Internet]. [Viitattu 18.8.2014]. Saatavilla: http://www.scirp.org/journal/paperdownload.aspx?paperid=20745

Wongvijitsuk S., Navasumrit P., Vattanasit U., Parnlob V., Ruchirawat M. 2011. Low level occupational exposure to styrene: Its effects on DNA damage and DNA repair. International Journal of Hygiene and Environmental Health 214:2 (2011), s. 127-137. [Internet]. [Viitattu 28.7.2014]. Saatavilla: http://www.sciencedirect.com.libproxy.tut.fi/science/article/pii/S1438463910001227/pdf?md5=751e7c8549444042008e221f67e036
46&pid=1-s2.0-S1438463910001227-main.pdf

Yle Uutiset. 20.11.2012. Jätteenpoltto lisääntyy - luontoväen harmiksi. [Internet]. [Viitattu 24.8.2014]. Saatavilla: http://yle.fi/uutiset/jatteenpoltto_lisaantyy_-_luontovaen_harmiksi/6384227

Yle Uutiset. 14.8.2014. Tutkija kuoli myyräkuumeeseen. [Internet]. [Viitattu 14.8.2014]. Saatavilla: http://yle.fi/uutiset/tutkija_kuoli_myyrakuumeeseen/7410699

Zoonoosikeskus. 2013. Zoonoosit. [Internet]. [Viitattu 1.7.2014]. Saatavilla: http://www.zoonoosikeskus.fi/portal/fi/zoonoosit

LIITE 1

HAKUPÄIVÄKIRJA

Hakupaikka	Hakusanat ja muut ehdot	Hakutulokset /(löytyi - lähteeksi)
Google Scholar	otsikkohaku: occupational risk review	31 - 1
	hakusanat: chemical risks occupational safety review, vuodet: 2010-2014	17 200 - 3
	hakusanat: chemical risks workplace, vuodet: 2010-2014	17 300 - 2
	hakusanat: kemialliset riskit työympäristö, vuodet 2010-2014	805 - 2
	hakusanat: sme enterprises chemical risk management, sisältäen ehdottomasti sanan chemical, vuodet 2010-2014	13 500 - 1
	hakusanat: diesel exhaust occupational	7430 - 2
	hakusanat: styrene occupational health	4300 - 2
	hakusanat: crystalline silica occupational health	4000 - 2
	hakusanat: mineral fibres occupational health	13 800 - 2
	hakusanat: ceramic fibres occupational health	6400 - 2
	hakusanat: occupational biosafety, vuodet: 2010-2014	2760 - 3
	hakusanat: occupational bio-hazards, vuodet: 2010-2014	1690 - 5
	hakusanat: biological risks occupational safety review, sisältäen ehdottomasti sanan biological, vuodet: 2010-2014	16 200 - 0
	hakusanat: biologiset altisteet työympäristö, vuodet: 2010-2014	106 - 0
	hakusanat: organic dust occupational, vuodet: 2010-2014	68 900 - 1
	hakusanat: epidemics occupational, vuodet: 2010-2014	16 500 - 1
	hakusanat: nanotechnology occupational safety, vuodet: 2010-2014	8100 - 4
	hakusanat: nanoteknologia riskit, vuodet: 2010-2014	139 - 1
Nelli-portaali (TTY)	hakusanat: occupational risk review luokka: Risk Assessment, vuodet: 2010-2014	17 - 2
	otsikkohaku: occupational safety review, sisältöhaku: chemicals biological, vuodet: 2010-2014	6 - 1

	hakusanat: chemicals occupational safety, luokka: Occupational Safety and Health Administration, vuodet: 2010-2014	41 - 3
	hakusanat: chemicals occupational safety, luokka: Hazardous chemicals, vuodet: 2010-2014	13 - 1
	otsikkohaku: sme enterprises chemical risks, vuodet: 2010-2014	28 - 0
	otsikkohaku: occupational biosafety, vuodet: 2010-2014	20 - 2
	sanahaku: occupational infections health safety, vuodet: 2010-2014	5 - 1
	otsikkohaku: nano occupational vuodet 2010-2014	17 - 1
PLOS One	sanahaku: occupational safety chemical hazard	18 – 1
	sanahaku: occupational safety biological hazard	23 - 0
	sanahaku: occupational safety nanotechnology	7 - 1
Intenational Labour Organisation (ILO), Publications and technical tools	kategoria: Chemical safety and environment	9 – 2
	kategoria: Hazardous work	22 - 0
	kategoria: Occupational health	42 - 2
Euroopan työterveys- ja työturvallisuusvirasto (EU-OSHA), Publications	kategoria: Vaaralliset aineet	74 - 6
	kategoria: Nanoteknologia	20 – 2
	kategoria: Uudet riskit	40 – 1
	hakusana: chemical, ei kategoriaa	35 - 0
	hakusana: bio, ei kategoriaa	36 - 2



Tapaturmavakuutuskeskus TVK, Bulevardi 28, 00120 Helsinki