



Työterveyslaitos | Arbetshälsoinstitutet
Finnish Institute of Occupational Health

Kiertotalouden työperäiset altistumisriskit

Sirpa Laitinen
Reetaleena Rissanen
Tiina Santonen





Kiertotalouden työperäiset altistumisriskit

Sirpa Laitinen
Reetaleena Rissanen
Tiina Santonen

Työterveyslaitos
Helsinki

Työterveyslaitos

PL 40

00032 TYÖTERVEYSLAITOS

www.ttl.fi

© 2017 Työterveyslaitos ja kirjoittajat

Julkaisu on toteutettu sosiaali- ja terveysministeriön tuella.

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

ISBN 978-952-261-770-5 (PDF)

ESIPUHE

Suomen tavoitteena on olla tulevina vuosikymmeninä kiertotalouden edelläkävijä. Kiertotaloudessa resurssien ja materiaalien käyttöä tehostetaan niin, että raaka-aineet ja niiden arvo säilyvät kierrossa mahdollisimman pitkään sekä lisäarvoa tuotetaan digitalisaatioon perustuvilla palveluilla. Kiertotalous tulee kasvamaan ja alalle odotetaan syntyvän runsaasti uusia työpaikkoja. Alan kasvaessa on kuitenkin huomioitava, että syntyviin uusiin töihin ja työmenetelmiin voi liittyä turvallisuuden riskitekijöitä, kuten työntekijöiden altistuminen biologisille, fysikaalisille ja kemiallisille vaaroille, pölyräjähdykset ja muut tapaturmavaarat.

Materiaalien kierrätys ei saa aiheuttaa riskejä työntekijöille, joten materiaalien alkuperä ja koostumus on tunnettava. Materiaalivalinnat ja prosessiteknikoiden kehittäminen varmistavat uusioraaka-aineiden turvallisen työstämisen. Ennalta ehkäisevät keinot riskien hallintaan ovat haitallisten aineiden ja muiden vaaratekijöiden välttäminen uusissa tuotteissa, tuotteen vaaratiedon siirtyminen tuotteen mukana ja hyvä tuotesuunnittelu. Hyvin suunnitellusta tuotteesta voidaan kierrätettäessä erotella helpommin vaaratekijät pois, kun ne tunnetaan. Vaaratieto voidaan ilmoittaa tuotteissa digitaalisten koodien ja tunnisteiden avulla.

Turvallisilla keräys-, lajittelu- ja prosessointitavoilla huolehditaan kiertotalouden työntekijöiden terveydestä. Materiaalien asianmukainen käsittely lisää kiertotalouden tehokkuutta ja vähentää turvallisuusriskejä. Turvallisuuteen liittyvät riskit huomioidaan kiertotaloustuotteiden ja -prosessien pilotointivaiheessa esim. pienen mittaluokan koeolosuhteissa. Pilotoinnissa havaitut riskit on siten eliminoitavissa suuren mittakaavan laitosprosesseista jo niiden suunnitteluvaiheessa.

Usein vihreän teknologian yritykset ovat kasvuyrityksiä ja niiden käyttämä teknologia ja tuotanto on vielä kehitysvaiheessa. Kestävän tuotannon näkökulmasta juuri tässä vaiheessa on tärkeää hallita myös sellaiset liiketoiminnan riskit, jotka liittyvät työturvallisuuteen. Uusiin teknologioihin liittyviä vaaroja tulee selvittää ja lisätä ihmisten tietoisuutta vaaroista työpaikoilla. Näin pystytään torjumaan uusia terveysuhkia eikä työpanosta menetetä ammattitautien, työperäisten sairauksien tai työtapaturmien vuoksi. Myös alan kansainvälisen viennin ja imagon kannalta on olennaista, että työsuojelunäkökohdat huomioidaan toimintoja kehitettäessä.

Tämän oppaan tarkoituksena on antaa yleiskartoitus kiertotalouteen, erityisesti materiaalien kiertoon liittyvistä työntekijöihin kohdistuvista terveydellisistä uhkista ja riskitekijöistä. Oppaassa kerrotaan työntekijöiden työturvallisuuden ja -terveyden kannalta oleellimmat työvaiheet muiden kuin kaivostoiminnassa syntyvien materiaalien keräyksessä ja varastoinnissa, kuljetuksessa, käsittelyssä ja hyödyntämisessä. Näistä työvaiheista tunnistetaan

biologiset, fysikaaliset ja kemialliset riskitekijät sekä tapaturmavaarat. Saatujen kirjallisuustietojen perusteella arvioidaan riskien suuruutta ja merkitystä kyseisille työntekijäryhmille. Esille tuodaan alalla käytössä olevia riskien hallinta- ja torjuntakeinoja. Oleellista on oppia tunnistamaan haitta- ja vaaratekijöitä sisältävät materiaalit ja työt mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jotta niistä aiheutuvia riskejä voidaan minimoida. Työnantaja vastaa työn vaarojen ja haittojen arvioinnista, mutta myös työntekijän on tiedostettava työpaikkansa ja työtehtävänsä riskit.

Oppaan tekemisen rahoittivat sosiaali- ja terveysministeriön työsuojeluosasto ja Työterveyslaitos. Hankkeen etenemistä valvoi ohjausryhmä, jonka jäseninä olivat Toni Andersson (Fortum), Timo Hämäläinen (Suomen Kiertovoima ry), Riikka Kinnunen (Ympäristöteollisuus ja -palvelut ry), Tuuli Myllymaa (Jätehuoltoyhdistys ry ja SYKE), Kari Mäkelä (TEAM Teollisuusalojen ammattiliittoja ry), Juha Pyötsiä (Kemianteollisuus ry) ja Sirkku Saarikoski (STM).

Suuret kiitoksemme kaikille ohjausryhmän jäsenille, kun annoitte asiantuntemuksenne ja tietonne hankkeen käyttöön. Kiitämme myös niitä kiertotaloustoimijoita, jotka vastasivat alan työturvallisuuteen liittyvään kyselyymme syksyllä 2016. Heidän vastauksensa arvioitiin ohjausryhmässä erinomaisiksi ja niitä hyödynnettiin opasmateriaaliksi. Lisäksi kiitämme insinööri (AMK) Marja Kupiaista, joka teki ylemmän AMK-tutkinnon opinnäytetyön hankkeen aikana. Hänen haastatteluaiheistostaan saatiin lisätietoa rakennus-, purku- ja tekstiilimateriaalien kierrätysmahdollisuuksista. Työterveyslaitokselta kiitämme hyvästä avusta työkavereitamme Rantion Tiinaa, Kiilusen Mirjaa, Mikkolan Jounia ja Lehtimäen Johannaa, jotka hakivat altistumis- ja ammattitautitietoja meidän rekistereistä. Näin me kaikki yhdessä saimme tehtyä hyödyllisen oppaan, jonka toivomme lisäävän työturvallisuutta kiertotalousalalla.

Tekijät 30.9.2017

SISÄLLYS

1	Johdanto riskien tunnistamiseen	8
1.1	Riskin arvioinnin pääperiaatteet.....	8
1.2	Turvallisen työskentelyn toimintatapa.....	10
1.3	Yhteinen työpaikka.....	10
1.4	Biologiset vaaratekijät.....	11
1.5	Fysikaaliset vaaratekijät	12
1.6	Kemialliset vaaratekijät	14
1.7	Tapaturmavaarat.....	16
1.8	Riskien hallinnan periaatteet	17
2	Biomassat	19
2.1	Biomassamateriaaleja	19
2.1.1	Puubiomassat	19
2.1.2	Peltobiomassat, kalajätteet ja yhdyskuntien biojätteet	19
2.1.3	Elintarviketeollisuuden sivuvirrat, karjanlanta ja jätevesilietteet	20
2.2	Biomassojen käsittely työympäristössä ja riskienhallinta.....	21
2.2.1	Lastaus ja kuljetus.....	21
2.2.2	Lastin purku vastaanottotilassa	22
2.2.3	Esikäsittelyt kuten seulonta, murskaus, jauhaminen, kuivaus	22
2.2.4	Briketointi ja pelletointi.....	24
2.2.5	Varastot ja silot.....	24
2.2.6	Kompostointi	25
2.2.7	Biokaasulaitokset.....	25
2.2.8	Fermentointia hyödyntävät laitokset.....	27
2.2.9	Kaasutustekniikkaan perustuvat tuotekaasu- ja biohiililaitokset (hidas torrefiointi ja keskinopea pyrolyysi).....	27
2.2.10	Bioöljyn tuottaminen nopealla pyrolyysitekniikalla	28

2.2.11	Biodieselin ja uusiutuvan dieselin valmistus.....	29
2.2.12	Tiivistelmä riskien hallinnasta.....	30
3	Kumi.....	33
3.1	Altistuminen.....	34
3.2	Riskinhallinta.....	34
4	Lasi.....	35
4.1	Altistuminen.....	35
4.2	Riskinhallinta.....	35
5	Metallit.....	36
5.1	Altistuminen ja riskinhallinta.....	36
6	Muovit.....	40
6.1	Altistuminen.....	41
6.2	Riskinhallinta.....	42
7	Paperit, pahvit ja kartongit.....	43
7.1	Altistuminen.....	43
7.2	Riskinhallinta.....	44
8	Rakennusjäte.....	45
8.1	Altistuminen.....	46
8.2	Riskinhallinta.....	47
9	Purkujäte.....	48
9.1	Altistuminen.....	48
9.2	Riskinhallinta.....	52
10	Sekalainen yhdyskuntajäte.....	55
11	Sähkö- ja elektroniikkaromu.....	58
11.1	Altistuminen.....	59
11.2	Riskinhallinta.....	59
12	Tekstiilit.....	61

12.1	Altistuminen	61
12.2	Riskinhallinta	62
13	Tuhkat ja kuonat.....	63
13.1	Altistuminen	63
13.2	Riskinhallinta	63
14	Työterveyshuolto kiertotalousalan yrityksissä.....	64
14.1	Työpaikkaselvitykset.....	64
14.2	Terveystarkastukset ja rokotukset	65
14.3	Erytisäitiysvapaa.....	67
14.4	Työpaikan ensiapuvalmiuden ylläpito	69
14.5	Sairaanhoito ja muuhun hoitoon ohjaaminen.....	70
	Lähteet	71

1 JOHDANTO RISKIEN TUNNISTAMISEEN

1.1 Riskin arvioinnin pääperiaatteet

Vaarojen tunteminen on oman työpaikan turvallisuustoimintaa. Työnantajan on selvitettävä ja tunnistettava työstä, työtilasta, muusta työympäristöstä ja työolosuhteista aiheutuvat haitta- ja vaaratekijät. Työpaikat riskit on tunnettava, koska altistuminen erilaisille työympäristön haittatekijöille, kuten biologisille, fysikaalisille ja kemiallisille vaaratekijöille, aiheuttaa sairastumisia ja työkyvyttömyyttä sekä heikentää työssä viihtymistä. Työtapatuimat ja ammattitaudit vähentävät työn tuottavuuttakin. Riskien hallinta työympäristössä tuo työntekijälle tunteen terveellisestä ja turvallisesta työpaikasta, jossa on mukava työskennellä. Riskien hallinta on selkeä osa turvallisuusjohtamista ja turvallisuusjohtamisen työväline.

Jos riskejä ei voida poistaa, työnantajan on arvioitava niiden merkitys työntekijöiden turvallisuudelle ja terveydelle. Työpaikalla riskinarvioinnin tavoitteena on selvittää ennakoivasti vaaratekijät ja niiden terveydellinen merkitys, jotta tarvittavat ennalta ehkäisevät toimenpiteet ja suojelutoimenpiteet voidaan toteuttaa tehokkaasti. Vaarojen selvittäminen ja arviointi on kohdistettava kaikkiin töihin työpaikalla mukaan lukien ennakoitavissa olevat huollot, häiriötilanteet sekä työt työpaikan ulkopuolella että ulkopuolisten työskentely työpaikalla (esim. aliurakointi). Lisäksi on huomioitava mm. nuorten, raskaana olevien naisten ja ikääntyvien erityistarpeet.

Riskin arviointi alkaa työpaikan vaarojen, altisteiden ja kuormitustekijöiden tunnistamisesta. Havainnot kirjataan riskien tunnistamislomakkeelle, jonka voi luoda itse tai käyttää alkuun valmiita apuvälineitä (esim. Työterveyslaitoksen Pira ja Työturvallisuuskeskuksen ArkiArvi). Riskien tunnistamisessa voi käyttää mielessään apuna kolmea helppoa kysymystä:

1. Mikä riski on olemassa?
2. Kuka tai mikä voi vahingoittua?
3. Miten vaara voi aiheutua?

Tunnistetut, välitöntä korjausta vaativat vaarat poistetaan heti. Mikäli poistaminen ei ole mahdollista on arvioitava vaaratilanteesta aiheutuva riski. Riskin arvioinnissa selvitetään altistumisen mahdollisuus ja määritetään riskin suuruus eli riskitaso (merkityksetön, vähäinen, kohtalainen, merkittävä, sietämätön riski). Riskin suuruuden määrittämisessä otetaan huomioon sekä vaaratilanteen aiheuttamat haitalliset seuraamukset että aiheutuvien vahinkojen esiintymisen todennäköisyys (taulukko 1).



Taulukko 1. Riskitaso haitallisen tapahtuman seurausten vakavuuden ja esiintymistodennäköisyyden perusteella.

Esiintyminen	Seuraukset		
	Vähäinen	Haitallinen	Vakava
Epätodennäköinen	Merkityksetön riski	Siedettävä riski	Kohtalainen riski
Mahdollinen	Siedettävä riski	Kohtalainen riski	Merkittävä riski
Todennäköinen	Kohtalainen riski	Merkittävä riski	Sietämätön riski

Tämän jälkeen luodaan käsitys, miten tunnistetut riskit pienennetään ja millä suojelutoimenpiteillä riskejä hallitaan (taulukko 2). Samalla päätetään toimenpiteiden aikataulut ja vastuuhenkilöt. Riskinarvioinnin perusteella päätettyjen toimenpiteiden toteutusta seurataan ja tilanne arvioidaan myöhemmin uudelleen. Riskin arviointi tehdään aina uudelleen työtilanteen tai -olosuhteen muuttuessa. Jatkuvaa työturvallisuuden huomioimisen periaatetta tukevat säännöllisesti suoritettavat turvallisuuskierrokset sekä vaara- ja läheltä piti – tilanteiden kirjaamis- ja käsittelytoimenpiteet.

Taulukko 2. Yksinkertainen riskiin perustuva toimenpidesuunnitelma.

Riski	Toimenpiteet ja aikajänne
Merkityksetön	Ei tarvita toimenpiteitä eikä kirjaamisasiakirjoja.
Vähäinen	Ennalta ehkäiseviä toimenpiteitä ei tarvita. Pitäisi kuitenkin harkita kustannus-vaikutus -suhteeltaan parempia ratkaisuja tai parannuksia, jotka eivät aiheuta lisäkustannuksia.
Kohtalainen	Riskin pienentämiseksi on ryhdyttävä toimiin ja toimenpiteet on toteutettava määrätyn ajan kuluessa.
Merkittävä	Työtä ei pidä aloittaa ennen kuin riskiä on pienennetty.
Sietämätön	Työtä ei pidä aloittaa eikä jatkaa, ennen kuin riskiä on pienennetty. Jos riskin pienentäminen ei ole mahdollista edes rajoittamattomilla resursseilla, työn täytyy olla pysyvästi kielletty.

1.2 Turvallisen työskentelyn toimintatapa

Osaaminen, oikeat asenteet ja motivaatio tarvitaan turvallisuuden saavuttamiseksi ja ylläpitämiseksi. Jokaisen työntekijän täytyy tuntea omaan työhönsä liittyvät määräykset ja ohjeet. Hänen täytyy tietää, mitä vaaroja on omassa työssä ja työympäristössä sekä osata suojautua vaaroja vastaan. Turvallisen työskentelyn toimintatapaan kuuluu työntekijän kattava perehdyttäminen ja työhön opastus mukaan lukien kirjallisesti annettavat työohjeet normaalien työtehtävien lisäksi puhdistus-, huolto- ja korjaustöihin sekä häiriö- ja poikkeustilanteisiin. Työpaikan turvallisuutta ylläpitävät päivittävät tai viikoittaiset havainnointikierrokset, vuosittaiset auditoinnit, turvallisuuskeskustelut pienryhmissä sekä koulutautuminen turvalliseen toimintatapaan.

Jokaisen työntekijän on noudatettava työpaikan turvallisuusohjeita ja työntekijän velvollisuus on käyttää koneiden turvalaitteita ja turvajärjestelmiä. Heidän tulee myös käyttää ja huoltaa tarvittavia henkilösuojaimia. Jos työntekijä näkee työympäristössään puutteita, hänen täytyy ilmoittaa niistä esimiehelleen tai työsuojeluvaltuutetulle. Ilmoitus täytyy tehdä myös silloin, kun työntekijä on jo poistanut vaaran. Muita työntekijöitä on varoitettava vaarasta ja suojeltava työympäristöä. Työntekijä voi pidättäytyä työstä, jos siitä on vakavaa vaaraa omalle tai muiden terveydelle.

Jos työtehtävät ovat poikkeuksellisia (esim. huoltotyöt) tai muutoin vaarallisia (esim. säiliötyöt), esimiehen tehtävänä on suunnitella työn turvallinen tekotapa ja millaisia apuvälineitä, suojaimia ja varmistuksia tarvitaan. Yrityksen työluopakäytännöt ovat keskeinen osa tätä riskienhallintaa. Työt tulee mahdollisuuksien mukaan suunnitella ja järjestää niin, että yksintyöskentely vältetään. Yksintyöskentelyyn voi liittyä ilmeinen haitta tai vaara esimerkiksi siksi, että työssä käytetään vaarallisia koneita tai vaarallista työmenetelmää sellaisissa olosuhteissa, joissa vakavan tapaturman todennäköisyys on normaalia suurempi. Työn luonne huomioiden työnantajan tulee järjestää työntekijälle mahdollisuus pitää yhteyttä muihin henkilöihin sekä avun hälyttämiseen. Yksintyöskentelyn vaaraa tai haittaa voidaan välttää työntekijöiden opetuksella ja ohjauksella. Yksintyöskentelylle on oltava riittävät toiminta- ja turvallisuusohjeet ja työnantajan on valvottava niiden noudattamista.

1.3 Yhteinen työpaikka

Yhteisellä työpaikalla toimivien työnantajien ja itsenäisten työsuorittajien on huolehdittava riittävällä yhteistoiminnalla ja tiedottamisella siitä, ettei heidän toimintansa vaaranna työntekijöiden turvallisuutta. Pääasiallista määräysvaltaa käyttävän työnantajan on varmistettava, että kaikki toimijat saavat tiedon työpaikan vaaratekijöistä ja turvallisuuteen liittyvistä toimintaohjeista ja että yhteisen työpaikan työturvallisuus on kokonaisuudessaan hallinnassa. Jokainen työnantaja on kuitenkin vastuussa omasta toiminnastaan ja työntekijöidensä työturvallisuudesta.

Kun ostetaan alihankintatyötä tai teetetään töitä vuokratyönä, työsuojeluvastuasiat on tärkeää varmistaa sopimuksia tehtäessä. Kun tilaaja ja toimittaja tekevät sopimusta työn tekemisestä, sopimukseen kirjoitetaan myös turvallisuuteen liittyvät asiat. Jos tilaaja teettää terveydelle vaarallisia töitä, hänen pitää varmistaa, että toimittaja on riittävän pätevä ja hänellä on lupa tehdä sellaista työtä. Tällaisia töitä voivat olla esimerkiksi asbestityöt. Sopimukseen kirjoitetaan koulutus- ja pätevyysvaatimukset: esim. työturvallisuuskorttivaatimus tuo lisävarmuutta siihen, että työntekijällä on perustiedot työympäristön vaaroista ja työsuojelusta yhteisellä työpaikalla. Työn tilaajan velvollisuus on vaatia, että kaikki noudatavat turvallisuusmääräyksiä ja hyviä työtapoja. Tämä on tärkeää yhteisellä työpaikalla, koska siellä jokainen yritys vaikuttaa koko työpaikan toimintaan. Jokainen huolehtii myös siitä, ettei aiheuta omalla toiminnallaan vaaroja muille työntekijöille.

1.4 Biologiset vaaratekijät

Työturvallisuuslain (728/2002) 40 § käsittelee työn biologisia vaaratekijöitä eli bakteereita, homeita, viruksia ja loisia tai niihin rinnastettavia altisteita. Biologisista vaaratekijöistä työssä on annettu EU:n parlamentin ja neuvoston direktiivi (2000/54/EY). Se on Suomessa saatettu voimaan valtioneuvoston päätöksellä työntekijöiden suojelemisesta työhön liittyvältä biologisten tekijöiden aiheuttamalta vaaralta (1155/1993) ja sosiaali- ja terveysministeriön (STM) asetuksella biologisten tekijöiden luokituksesta (921/2010).

Kiertotaloudessa hyödynnetään monia materiaaleja, joka sisältävät itsessään biologisia vaaratekijöitä tai jotka kontaminoituvat niillä materiaalien varastoinnin aikana. Lähes kaikki orgaanista alkuperää olevat materiaalit kuten biomassat sisältävät ainakin bakteereita. Loisia ja viruksia saattaa olla läsnä varsinkin eläinperäisissä materiaaleissa. Homesienet ovat yleisiä silloin, kun materiaali alkaa hajoamaan mikrobien toimesta.

Biologisille vaaratekijöille ei ole toistaiseksi virallisia STM:n asettamia haitalliseksi tunnetun pitoisuuden (HTP) arvoja, jotka mahdollistaisivat altisteiden määrän perusteella tehtävän riskinarvioinnin. Useat mikrobit kuten bakteerit ja homesienet voivat sisältää tai tuottaa myrkyjä eli toksiineja, jotka ovat haitallisia ihmisille. Esimerkkinä on endotoksiini, jota esiintyy kaikkialla siellä missä on gram-negatiivisia bakteereitakin. Tiedetään, että työilman endotoksiinipitoisuuden ylittäessä 90 EU/m³ (EU = endotoxin unit eli endotoksiiniyksikkö) terveyshaitat lisääntyvät työntekijöillä (Endotoxins, 2011). Endotoksiinit ovat gram-negatiivisten bakteerien soluseinämän osasia ja ne kuvaavat hyvin myös bakteeripitoisuuksia. Muille ilman mikrobipitoisuuksille ei ole olemassa terveysperusteisia viitearvoja, joten mikrobituloksia tulkitaan työpaikkakohtaisesti. Mikrobien aiheuttamien terveyshaittojen ilmenemiseen vaikuttavat altistuneen henkilön yksilölliset ominaisuudet kuten vastustuskyky ja elimistöön kulkeutuva mikrobilaji. Taudinaiheuttajabakteerit ja -virukset, kuten kampylobakteerit, norovirukset ja salmonellat, voivat infektoida ihmisen hyvin pienilläkin pitoisuuksilla.

Terveydelle haitalliset mikrobit kulkeutuvat ihmiseen hengitysteiden, ihon haavojen ja ruu-ansulatuskanavan kautta. Lyhytaikaisessa mikrobialtistuksessa hetkellisiä terveyshaittoja ovat hengitysteiden ärsytysoireet eli yskä, limannousu, nuha ja hengenahdistus, silmien ärsytysoireet sekä vatsaoireet. Yleisoireina voi esiintyä vilunväreitä, kuumetta, väsymystä, päänsärkyä sekä lihas- ja nivelkipuja. Lyhytaikaiseen altistukseen liittyviä sairauksia ovat äkillinen kurkunpäättulehdus ja orgaanisten pölyjen aiheuttama toksinen oireyhtymä (ODTS). Pitkäaikaiseen mikrobialtistukseen liittyviä sairauksia ovat astma, allerginen alveoliitti (esim. homepölykeuhko), allerginen nuha ja krooninen bronkiitti (pitkäaikainen keuhkoputkentulehdus).

Keskeistä työnantajan tekemässä riskinarvioinnissa on todeta seuraavat seikat:

- mitä biologisia vaaratekijöitä työpaikalla esiintyy,
- mitkä ovat niiden vaaraluokat STM:n luokituksen mukaisesti,
- missä työvaiheissa ja ketkä työntekijät altistuvat,
- jos vaaratekijän voi mitata, millaisille pitoisuuksille/määrille työntekijät altistuvat?

Biologisten tekijöiden luokitus perustuu vaikutuksiin terveisiin työntekijöihin. Vaikutuksia työntekijöihin, joiden herkkyyteen voi vaikuttaa jokin muu syy, kuten olemassa oleva sairaus, lääkitys, immuunipuutos, raskaus tai imetys, ei ole otettu huomioon. Nämä asiat on huomioitava yksilöllisesti terveystarkastusten yhteydessä.

1.5 Fysikaaliset vaaratekijät

Yleisimmät fysikaaliset vaarat ovat melu, värinä, optinen säteily ja laitteiden aiheuttamat sähkömagneettiset kentät. Muita fysikaalisia tekijöitä ovat mm. työpaikan lämpöolosuhteet, valaistus ja sähkö. Useimmat fysikaaliset tekijät ovat aistein havaittavissa tai niitä, kuten sähkömagneettisia kenttiä, tuottavat laitteet ovat yleisesti tiedossa. Fysikaalisia tekijöitä voidaan mitata ja tulosten avulla arvioida terveystarkastuksen suuruutta.

Kiertotalousalalla tunnetuin vaaratekijä on melu, jolle altistutaan mm. materiaalien murskaimilla, myllyillä ja hakettimilla. Voimakas melu voi ajan mittaan heikentää kuuloa ja saattaa hetkellisesti estää kuulemasta vaarasta varoittavia ääniä. Melu voi vaikeuttaa myös keskustelua ja aiheuttaa siinä väärinkäsityksiä. Lisäksi se saattaa haitata keskittymistä ja aiheuttaa virhesuorituksia. Kuulolle vaaralliselle melualtistukselle on määritelty toiminta- ja raja-arvot (Valtioneuvoston meluasetus 85/2006). Alemmalla ja ylemmällä toiminta-arvolla tarkoitetaan melulle altistumisen tasoja, jotka saattavat aiheuttaa kuulovaurion. Päivittäisen melualtistuksen alempi toiminta-arvo on 80 desibeliä (dB (A)) ja ylempi 85 dB (A). Äänen huippupaineen alempi toiminta-arvo on 112 pascalia (Pa) ja ylempi toiminta-arvo on 140 Pa. Päivittäisen melualtistuksen raja-arvo on 87 dB (A) (200 Pa). Jos todetaan, että raja-arvo ylittyy, altistuminen on viipymättä lopetettava ja ylittymisen toistuminen estettävä. Jos

työntekijän meluallistus ylittää ylemmän toiminta-arvon, työnantajan on riskin arvioinnin perusteella laadittava ja toimeenpantava meluntorjuntaohjelma, jonka tavoitteena on vähentää meluallistusta. Meluntorjuntakeinojen järjestys ja keinot on yksilöity meluasetuksessa. Työntekijän on oikeus saada käyttöönsä kuulonsuojaimet, jos työpäivän meluallistus ylittää 80 dB (A). Kuulonsuojaimia on käytettävä, jos työpäivän aikainen meluallistus on yli 85 dB (A).

Tärinää aiheuttavia työkoneita on käsityökalut ja koko kehon tärinää aiheutuu esim. tärinäseuloilla. Käsitärinä välittyy henkilön käsiin, kun hän pitelee värähtelevää kappaletta käsillä. Työvälineistä ja -kappaleista saatu käsitärinä voi vahingoittaa työntekijöiden käsien verenkiertoa, hermostoa, jänteitä, lihaksistoa ja luustoa. Työssä koettu tärinä saattaa aiheuttaa valkosormisuutta tai käden monihermovaurion, joka voidaan korvata ammattitautina. Tärinän aiheuttamaa riskiä voi vähentää käyttämällä oikeaa työkalua ja hyvin teroitettuja työteriä. Käsien verenkiertoa voi auttaa pitämällä kädet lämpiminä ja kuivina sekä hieromalla ja voimistelemalla sormia taukojen aikana. Kehotärinä välittyy henkilön kehoon, kun hän istuu, seisoo tai makaa värähtelevällä pinnalla tai työkonessa. Kehotärinän on todettu lisäävän työntekijöiden alaselän kipuja ja selkärangan vammoja. Laitteen valmistajan velvollisuus on ilmoittaa käsin kannettavien tai ohjattavien laitteiden aiheuttama käsitärinän voimakkuus (Vna 400/2008). Samoin liikkuvien työkonien ohjeissa on ilmoitettava koneen aiheuttaman käsi- ja kehotärinän voimakkuus.

Valtioneuvoston tärinäasetuksessa (48/2005) annetaan sekä käsi- että kehotärinälle toiminta-arvo ja raja-arvo. Käsitärinäallistuksen raja-arvo on kahdeksan tunnin vertailu aikaan suhteutettuna 5 m/s^2 ja toiminta-arvo $2,5 \text{ m/s}^2$. Vastaavasti kehotärinäallistuksen raja-arvo on $1,15 \text{ m/s}^2$ ja toiminta-arvo $0,5 \text{ m/s}^2$. Toiminta-arvon ylittyessä työnantajan velvollisuus on laatia riskinarvioinnin perusteella tärinätorjuntaohjelma, jonka tavoitteena on tehdä toimenpiteitä haittojen ja vaarojen vähentämiseksi. Raja-arvo ei saa ylittyä. Työnantajan on selvitettävä ylityksen syyt ja tehtävä tarpeelliset muutokset suojauksiin ja ennaltaehkäiseviin toimenpiteisiin, jotta ylitys ei toistu.

Optisia erottimia käytetään automaattilajittelijoina materiaalien kierrätyksessä. Optisen säteilyn lajit allonpituuden mukaan ovat ultraviolettisäteily, näkyvä säteily eli valo ja infrapunasäteily. Lisäksi optista säteilyä on laserlaitteesta tuleva lasersäteily. Optinen säteily voi vahingoittaa ihon ja silmien terveyttä. Se voi myös olla osatekijänä tapaturmissa esimerkiksi hetkellisen sokaistumisen vuoksi. Ultraviolettisäteily ja infrapunasäteily saattavat aiheuttaa myös ammattitaudin. Työnantajan on tunnistettava optista säteilyä aiheuttavat lähteet ja sen mukaisesti selvitettävä, altistuvatko työntekijät optiselle säteilylle ja mikä on optiselle säteilylle altistumisen taso. Jos riskin arvioinnin tulokset osoittavat, että työntekijät saattavat altistua raja-arvot ylittävälle optiselle säteilylle, työnantajan on laadittava ja toteutettava ohjelma raja-arvot ylittävän altistumisen ehkäisemiseksi (torjuntaohjelma). Lisäksi työnantajan on varoitettava työpaikalla optisesta säteilystä asianmukaisin merkein ja

rajoitettava pääsy vaara-alueelle, jos se on teknisesti mahdollista. Työpaikalla käytettävien laserlaitteiden osalta työnantajan pitää olla selvillä niiden turvallisuusluokista, joista luokan 4 laserit ovat vaarallisimmat (Vna 291/2008). Luokkaan 4 kuuluvaa laserlaitetta saa käyttää vain laserin käyttöön koulutettu ja nimetty työntekijä.

Magneettikenttiä hyödynnetään metallien erotuksessa. Voimakkaassa sähkömagneettisessa kentässä ihmisen kudokset voivat lämmetä tai lihakset, hermot ja aistinelimet stimuloitua. Sähkömagneettisten kenttien haittavaikutuksille erityisen alttiita ovat henkilöt, joilla on kehossaan lääkinällinen laite (esimerkiksi sydämen tahdistin) tai jotka ovat raskaana (STM:n opas 2016). Voimakkaat staattiset magneettikentät (kestomagneetit) voivat aiheuttaa vaaratilanteita myös sinkoutuvien metalliesineiden kautta. Työnantajan on vähennettävä altistuminen sähkömagneettisille kentille niin vähäiseksi, ettei siitä aiheudu vaaraa tai haittaa työntekijän terveydelle tai turvallisuudelle tai lisääntymisterveydelle (Vna 388/2016). Suurtaajuuslaitteen aiheuttaman sähkökentän voimakkuudelle ja magneettikentän voimakkuudelle on annettu raja-arvo, jota on noudatettava. Jos työnantaja ei voi luotettavasti laitevalmistajien antamien tai muuten saatavilla olevien tietojen perusteella varmistua siitä, että altistumisraja-arvoja noudatetaan, on työntekijöiden altistumista arvioitava mittauksin tai laskelmin. Ne työntekoaalueet, joissa työntekijät vaarojen arvioinnin mukaan todennäköisesti altistuvat toimenpidetasot ylittävillä sähkömagneettisille kentille, on osoitettava sähkömagneettisia kenttiä kuvaavain merkein. Nämä alueet on yksilöitävä ja pääsy niille on tarvittaessa rajoitettava.

1.6 Kemiaalliset vaaratekijät

Yksittäisellä työpaikalla saattaa esiintyä kymmeniä tai jopa satoja erilaisia kemiallisia tekijöitä. Osa näistä on aineita tai seoksia, joita käytetään prosesseissa ja joiden vaaraominaisuuksista on tietoa käyttöturvallisuustiedotteiden muodossa, mutta osa on materiaaleista peräisin olevia tai prosesseissa syntyviä ilman epäpuhtauksia. Nämä kaikki tulee huomioida arvioitaessa kemiallisten tekijöiden aiheuttamaa riskiä työntekijöille.

Valtioneuvoston asetus kemiallisista tekijöistä työssä (715/2001) velvoittaa työnantajan tunnistamaan työssä esiintyvien kemiallisten tekijöiden aiheuttamat vaarat ja arvioimaan niistä työntekijöille aiheutuvat riskit. Käytössä olevien aineiden ja seosten osalta lainsäädäntö edellyttää, että ne listataan kemikaaliluetteloon, ne ovat asianmukaisesti merkitty varoitusetiketillä ja niiden käyttöturvallisuustiedotteet ovat työntekijöiden saatavilla. Tämä on oleellinen osa kemikaalivaarojen tunnistamista. Pienillä ja vähän kemikaaleja käyttävillä työpaikoilla aiemmin mainitut Työturvallisuuskeskuksen RiskiArvi, Työterveyslaitoksen PIRA tai jokin muu peruskartoitukseen tarkoitettu menetelmä saattaa olla riittävä menetelmä kemikaalienkin aiheuttamien riskien kartoittamiseksi (Koponen, 2014).

Mikäli työpaikalla kuitenkin käytetään enemmän kemikaaleja tai kartoitukseen tarkoitettuilla menetelmillä todetaan mahdollisia kemiallisista tekijöistä aiheutuvia riskejä, nämä tulee arvioida erikseen käyttäen edistyneempiä, kemikaalien riskinarviointiin tarkoitettuja menetelmiä. Näitä menetelmiä on mm. Stoffenmanager-ohjelma, joka on suunniteltu kemiallisten riskien arviointia ja hallintaa varten erityisesti pienille ja keskisuurille yrityksille (Marquart ym. 2008). Menetelmä perustuu ns. control banding -lähestymistapaan, joka jakaa altistumistilanteet eri riskinhallintaluokkiin aineen vaaraominaisuuksien ja arvioidun altistumispotentiaalin mukaan. Ohjelma on saatavilla suomen- ja englanninkielisenä osoitteessa <https://www.stoffenmanager.nl>.

Monissa tapauksissa joudutaan arviointia täydentämään kuitenkin altistumismittauksilla. Suomessa on kemiallisille tekijöille asetettu noin 600 työhygienistä raja-arvoa (HTP-arvoa), jotka työnantajan tulee huomioida altistumismittausten tuloksia ja toimenpidetarpeita arvioitaessa. HTP-arvot perustuvat asettamishetkellä olemassa olevaan tietoon aineen terveysvaikutuksista ja sen annosvastesuhteista. Altistumisen alittaessa HTP-arvon ei terveille aikuisille työntekijöille ole odotettavissa terveystahtia altistumisesta kemikaalille. Kaikkein herkimpiä työntekijöitä tai lieviä terveystahtia ei kuitenkaan aina ole voitu huomioida arvon asettamisessa. HTP-asetus päivitetään joka toinen vuosi, jolloin siihen lisätään aina muutamia uusia/päivitettyjä aineita. Viimeisin HTP-asetus on vuodelta 2016 (1214/2016).

HTP-arvoihin liittyvä ohjeistus huomioi myös eri kemiallisten tekijöiden yhteisvaikutukset sekä kemikaalien ja melun yhteisvaikutukset, jotka työnantajan tulee myös huomioida arvioidessaan työstä aiheutuvaa riskiä työntekijöille. Lyijy, rikkihiili, hiilimonoksidi, elohopeayhdisteet, styreeni ja tolueeni ovat aineita, joilla saattavat lisätä melun aiheuttaman kuulovaikutuksen riskiä yhteisaltistumisessa. Tämä on syytä huomioida myös kiertotalousalalla, jossa voidaan myös altistua esim. hiilimonoksidille.

Monet kiertotaloudessa esiintyvistä potentiaalisista kemiallisista altisteista ovat erilaisia käsiteltävään materiaaliin ja sen prosessointiin liittyviä tai prosesseissa syntyviä kemiallisia tekijöitä. Näiden tunnistaminen on usein haasteellista ja saattaa vaatia kemiallisia määrittäyksiä relevanttien altisteiden tunnistamiseksi. Myös epäspesifinen hienojakoinen pöly on tärkeä altiste erilaisissa kiertotalouteen liittyvissä työtehtävissä, joka voi aiheuttaa ärsytyksen lisäksi pitkäaikaisessa altistuksessa kroonista keuhkoputkentulehdusta ja lisätä jopa keuhkohtaumataudin riskiä. Työterveyslaitos on vastikään julkaissut ns. tavoitetasot epäspesifiselle hienojakoiselle pölylle perustuen uusimpaan tietoon sille altistumisen terveysriskeistä (www.ttl.fi/tavoitetasot).

Kemikaalien käyttöä työpaikoilla säädelään työsuojelulainsäädännön lisäksi myös EU:n kemikaalilainsäädännön (REACH) kautta. REACH koskee vain "myytäviä" /markkinoilla olevia

kemikaaleja tai kemiallisia valmisteita (seoksia) ja se ei pidä sisällään esimerkiksi tuotantoprosesseissa syntyviä pölyjä, huujuja tai muita ilman epäpuhtauksia. Samaten REACH ei suoranaisesti koske jätteitä (sitä kuin jäte on määritelty EU direktiivissä 2006/12/EC). Kemikaalien REACH-rekisteröinnissä tulee kuitenkin huomioida koko kemikaalin elinkaari pitää sisällään myös altistumisen mahdollisissa kemikaalia sisältävien tuotteiden/esineiden kierrätysprosesseissa. Myös tieto kierrätettävien tuotteiden/esineiden sisältämisestä kemikaaleista tulisi kulkea kiertotalouden toimijoille, mutta tässä on todettu edelleen olevan haasteita (Uusiouutiset, 2017).

Edellä mainitut REACH rekisteröintivelvoitteet tarkoittavat käytännössä siis esimerkiksi sitä, että vaikkapa PVC-muovin pehmittiminä käytetyistä ftalaateista täytyy olla olemassa REACH-rekisteröinti, joka kattaa myös PVC:n kierrätyksen. Tällöin kyseisen pehmittimen turvallisesta käsittelystä kierrätyksessä saattaa olla työpaikoille suunnattu ohjeistus myös REACH:n altistumisskenaarion muodossa. REACH-velvoitteissa on kuitenkin monia poikkeuksia, jotka liittyvät myös kierrätykseen. Esimerkiksi polymeereja (kuten muovipolymeerit) ei tarvitse rekisteröidä. Toisaalta REACH:n kautta voidaan myös rajoittaa tai asettaa luvanvaraiseksi tiettyjä aineita. Nämä rajoitukset ja luvanvaraisuus saattavat vaikuttaa myös kierrätykseen. Esimerkiksi edellä mainituista ftalaateista REACH:n mukainen lupa on EU:ssa haettu dietyyliheksyyliftalaattia (DEHP:tä) sisältävän kierrätys-PVC-muovin valmistukselle ja käytölle. Tällainen lupa on aina määräaikainen. Vastaavaa lupaa ei ole haettu esimerkiksi dibutyyliftalaattia (DBP) sisältävän muovin jatkoehdyntämiseksi. REACHin mukainen lupa sisältää yleensä kuvaukset niistä riskinhallintatoimenpiteistä, joita tulee noudattaa työntekijöiden, väestön ja ympäristön suojaamiseksi käytön aiheuttamilta terveys- ja ympäristöriskeiltä. Nämä ovat käyttäjiä velvoittavia.

1.7 Tapaturmavaarat

Käynnissä olevat koneet ja laitteet, korkealla työskentely ja liikkuminen työpaikalla aiheuttavat eniten tapaturmavaaroja. Liukastumiset, kompastumiset, kaatumiset ja sormivammat ovat yleisiä myös kiertotalousalalla. Esimiehen täytyy tarkkailla koneiden ja laitteiden turvallisuutta ja kuntoa. Heidän täytyy katsoa, että koneissa on suojaukset paikoillaan. Lisäksi heidän tulee tarkkailla rakenteiden kuntoa ja ovatko kulkutiet turvallisia. Esimiehen vastuulla on myös yleisen järjestyksen ja siisteyden valvonta.

Raskaasta työstä johtuva kuormitus lisää tuki- ja liikuntaelinsairauksien vaaraa. Riskit liittyvät usein raskaiden taakkojen nostamiseen ja siirtämiseen, joiden yhteydessä sattuu joka neljäs työtapaturma. Esimerkiksi sähkö- ja elektroniikkaromujen käsittelyyn voi liittyä raskaiden taakkojen nostelua. Jos käsin tehtäviä nostoja ja siirtoja ei voida välttää, työnantajan on vaarojen vähentämiseksi annettava työntekijöille nosto- ja siirtoapuvälineitä ja työpisteet on järjestettävä niin, että nostot ja siirrot ovat mahdollisimman turvallisia.

Läheltä piti –tilanteita sattuu kaikilla työpaikoilla. Läheltä piti on vaaratilanne, jossa tapaturman sattuminen on ollut lähellä, mutta henkilövahingoilta on välttytty. Esim. työntekijä meinasi kompastua lattialla lojuviin johtoihin. Läheltä piti –tilanteet ja kaikki työtapaturmat, lievätkin, ilmoitetaan esimiehelle tai työnantajalle. Esimies huolehtii siitä, että tilanteet arvioidaan ja tutkitaan sekä mietitään keinot, joilla vastaavat tilanteet ehkäistään tulevaisuudessa. Riittävän pitkälle menevä takautuvien tapahtumien selvittäminen on todella tärkeää, jotta päästään aiheuttajien alkusyyihin käsiksi ja niitä korjaamaan.

Tutkinnassa ei etsitä syyllisiä, vaan keskitytään tekijöihin, jotka ovat olleet vaikuttamassa tapahtumien syntyyn. Tapahtumien selvittäminen ja tutkinta toteutetaan mahdollisimman pian tapahtumisen jälkeen. Tutkinta suoritetaan esimiehen johdolla ja siihen tulisi osallistua niiden henkilöiden, jotka olivat osallisena tai silminnäkijöinä tapahtumassa. Esimies voi pyytää tutkintaan apua esim. työsuojeluvaltuutetulta ja -päälliköltä. Tutkinnan tuloksista esimies tiedottaa työpaikalla. Sattuneet tilanteet sekä sovitut kehittämistoimenpiteet viestitään koko työyhteisölle.

Tapaturmailmoitus vakuutusyhtiöön tulee tehdä jokaisesta tapaturmasta, josta voidaan olettaa vakuutusyhtiön joutuvan suorittamaan korvausta. Työtapaturmasta, jonka seurauksena on kuolema tai vaikealaatuinen vamma, on esimiehen tai työnantajan tehtävä viipymättä ilmoitus vakuutusyhtiön lisäksi työsuojeluviranomaiselle ja poliisille. Sähkötapaturmasta tehdään ilmoitus Turvallisuus- ja kemikaalivirastoon. Vakavien tapaturmien osalta tutkinnan päävastuu on poliisilla ja aluehallintoviraston työsuojeluvastuualueen tarkastajalla. Työpaikan esimies, työsuojeluvaltuutettu ja työsuojelupäällikkö osallistuvat näihin tutkimuksiin. Vakavampien työtapaturmien jälkeen työyhteisölle on järjestettävä tapahtuneen jälkipuintia. Sillä pyritään lieventämään tilanteen aiheuttamaa stressiä ja auttamaan henkilöstöä toipumaan tilanteesta. Jälkipuinnin järjestämiseen saa apua työterveyshuollosta.

Työnantaja on velvollinen vakuuttamaan työntekijänsä työtapaturmien ja ammattitautien varalta lakisääteisellä tapaturmavakuutuksella. Työnantaja maksaa tapaturmavakuutusmaksut, työntekijöiltä maksua ei peritä. Vakuuttamisvelvollisuus perustuu työtapaturma- ja ammattitautilakiin (459/2015).

1.8 Riskien hallinnan periaatteet

Työturvallisuuslain (738/2002) mukaan työstä aiheutuvien haitta- ja vaaratekijöiden synty-
misen estäminen on ensisijainen toimenpide työolosuhteiden parantamisessa. Seuraavana on haitta- ja vaaratekijöiden poistaminen. Mikäli se ei ole mahdollista, haitta- ja vaaratekijät korvataan vähemmän vaarallisilla tai haitallisilla. Lain mukaan ennen yksilöllisiä työsuojelun toimenpiteitä tehdään yleiset, kaikkia koskevat toimenpiteet. Mikäli edellä esitetyt toimenpiteet eivät ole riittäviä, on huomioitava tekniset keinot työolosuhteiden parantamiseen.

Jos vaaroja ei pystytä teknisin toimin vähentämään riittävästi, työnantajan pitää hankkia työntekijöiden käyttöön olosuhteiden edellyttämät henkilönsuojaimet ja valvoa niiden käyttöä työssä. Työnantajan tulee selkeästi määritellä, missä tilanteissa työntekijän on käytettävä suojainta. Henkilönsuojaimen pitää olla sopiva sitä käyttävälle työntekijälle, tarkoituksenmukainen juuri kyseiseen työhön ja CE-merkitty. Työnantaja vastaa suojaimen kustannuksista, jos suojain on valittu työnantajan tekemän riskinarvioinnin perusteella tai suojaimen käyttämistä edellytetään toimialaa koskevissa säädöksissä.

2 BIOMASSAT

Kiertotalouden biomassat ovat useimmiten eloperäistä jätettä tai sivutuotteita/sivuvirtoja. Biomassoille on ominaista kosteus ja aineksen orgaanisuus, jotka mahdollistavat voimakkaan mikrobitoiminnan, jonka seurauksena biomassa hajoaa. Biohajoavuus on biojätteen lajiteltavien jätteiden edellytys ja mahdollistaa mm. ravinteiden kierrätyksen biomassasta uudelleen kasvien käyttöön. Kierrätettävä aines hyödynnetään joko sellaisenaan tai käsitellään uudelleen tuotteiksi, materiaaleiksi tai raaka-aineiksi. Vuodesta 2016 alkaen biohajoavien orgaanisten jätteiden sijoittamista kaatopaikoille on rajoitettu valtioneuvoston kaatopaikka-asetuksen (331/2013) mukaisesti ja sen vuoksi biomassojen hyödyntäminen on lisääntynyt.

2.1 Biomassamateriaaleja

2.1.1 Puubiomassat

Metsistä saatava puubiomassa on biotalouden keskeisin resurssi Suomessa. Puubiomassa sisältää hakkuutähteet ja puunjalostusteollisuuden sivuvirrat kuten kuoret ja sahaustähteet (mm. kutterinlastut ja sahanpurut), jotka voidaan hyödyntää suoraan energiaksi tai jatkojalostaa biopolttoaineiksi ja tuotekaasuksi. Metsäteollisuuden sellunvalmistuksessa syntyy sivutuotteena mäntyöljyä ja tärpättiä. Mäntyöljyä hyödynnetään mm. biopolttoaineiden, liimojen, lääkkeiden, maalien, musteiden ja voiteluaineiden valmistuksessa. Tärpättiä käytetään mm. hajusteiden ja maalien raaka-aineena. Muita selluteollisuudesta johdettavia kierrätystuotteita ovat esimerkiksi selluloosakuituja ja kierrätysmuovia sisältävät biokomposiitit ja tehtaan hajukaasuista tuotettava rikkihappo.

2.1.2 Peltobiomassat, kalajätteet ja yhdyskuntien biojätteet

Ylijäämänurmet, vihannesten, juuresten ja sokerijuurikkaan viljelyn sivutuotteena syntyvät naatit sekä yhdyskuntien biojätteet voidaan hyödyntää biokaasuksi. Viljan jyväsadon sivutuotteena syntyvää olkea voidaan käyttää kotieläinten kuivikkeena, karkearehuna ja rakentamisessa. Kalan perkauksen ja jalostuksen sivutuotteita käytetään raaka-aineena kalajauhoteollisuudessa ja turkiseläinten rehuna. Perkuujätteet on hyödynnettävissä biokaasuna tai niistä voidaan valmistaa uusiutuvaa dieseliä. Yhdyskuntien puutarha- ja puistojätteet kompostoidaan yleensä mullaksi. Pientalojen biojätteet on myös mahdollista kompostoida mullaksi omaan käyttöön.

2.1.3 Elintarviketeollisuuden sivuvirrat, karjanlanta ja jätevesilietteet

Elintarviketehollisuuden sivuvirrat pyritään kierrättämään pääasiassa biokaasutuotannon (mädätyksen) ja kompostoinnin kautta. Eläinrasvat ja kasviöljyt voidaan käyttää biodieselin tai uusiutuvan dieselin valmistukseen. Jätevesilietteet ja eläinten lanta sisältävät paljon ravinteita kuten fosforia ja typpeä sekä hiilipitoisia kuituja. Niistä on mahdollista valmistaa biokaasua, lannoitteita ja maanparannusaineita. Jätevesilietteiden ja lannan turvallisen kierrättämisen lisäämiseksi tarvitaan kuitenkin uusia, teknis-taloudellisesti kannattavia laitosratkaisuja, joilla tehostetaan ravinteiden talteenottoa sekä niiden kuljetus- ja käyttötapoja.

Eläimistä peräisin olevien biomassojen käsittelyvaatimuksia tiukentaa eläintautien torjunnan sääntely eli sivutuoteasetus (EY N:o 1069/2009), joka edellyttää useimpien eläimistä saatavien sivutuotteiden käsittelyä suljetussa prosessissa sekä hygienisointia ja pastörointia esimerkiksi kuumentamalla. Hygienisointi/pastörointi edellyttävät eläinperäisten sivutuotteiden sekä jätevesilietteiden esikäsittelyä ennen muuta käsittelyprosessia, jotta laitoksen lopputuotteiden hygieeninen laatu on korkea ja lopputuotteet voidaan käyttää peltolannoitteina tai maanparannusaineina. Asetus kattaa myös kaupan myynnistä poistetut elintarvikkeet.

Eläinperäiset sivutuotteet jaetaan kolmeen luokkaan niihin liittyvän riskin perusteella. Suuririskisin aines kuuluu luokkaan 1 ja vähäriskisin aines luokkaan 3. Esimerkiksi luokan 2 sivutuotteita ovat entiset eläimistä saatavat elintarvikkeet, jotka voivat aiheuttaa vaaraa ihmisille tai eläimille sisältämänsä toksiinin tai patogeenin vuoksi. Tähän ryhmään kuuluvat tuotteet, joissa on merkkejä ihmisiin tai eläimiin tarttuvista taudeista tai joissa todetaan lainsäädännön tason ylittävä määrä esimerkiksi salmonellaa tai EHEC-bakteereita.

Sivutuotteiden on aina oltava jäljitettävissä. Sivutuotteita lähettävän toiminnanharjoittajan vastuulla on varmistaa, että sivutuotteiden vastaanottajalla on oikeus kyseisten sivutuotteiden käsittelyyn. Sivutuotteita tai niistä johdettuja tuotteita kuljettavan tai niitä teknisesti käsittelevän tai varastoivan toiminnanharjoittajan on oltava Elintarviketurvallisuusviraston hyväksymä ja rekisteröimä (Lannoitevalmistelaki 539/2006 ja Sivutuotelaki 517/2015). Eläinperäisten jätteiden polttaminen edellyttää valtioneuvoston asetuksen (151/2013) mukaisen ympäristöluvan aluehallintovirastolta (Ympäristönsuojelulaki 527/2014). Eläinperäisiä sivutuotteita käsittelevän laitoksen on laadittava omavalvontasuunnitelma ja sen mukaiset näytteet on tutkittava hyväksytyssä omavalvontalaboratoriossa, viranomaisnäytteitä tutkimaan hyväksytyssä laboratoriossa tai kansallisessa vertailulaboratoriossa, joilla on Eviran hyväksyntä (Eviran ohje 16010/3).

Sivutuotteet on kerättävä luokkamerkittyihin tiiviisiin, suljettuihin pakkauksiin tai katettuihin tiiviisiin säiliöihin tai ajoneuvoihin ja kuljetettava niissä. Uudelleen käytettävät välineet

ja kalusto, jotka joutuvat kosketuksiin suoraan sivutuotteiden kanssa, on puhdistettava jokaisen käyttökerran jälkeen. Puhdistuksessa on huomioitava, ettei siitäkään aiheudu ihmisiin tai eläimiin tarttuvien tautien leviämistä.

2.2 Biomassojen käsittely työympäristössä ja riskienhallinta

Biomassoista leviää työilmaan runsaasti epäpuhtauksia niiden käsittelyjen aikana. Suurin osa ilmaan leviävistä epäpuhtauksista on bakteereita ja homesieniä tai muuta orgaanista pölyä. Ilmassa on myös mikrobien tuottamia tai muita kaasumaisia yhdisteitä varsinkin silloin, jos biomassat ovat seisonneet varastokasvoissa viikkoja tai jopa kuukausia. Kosteat biomassat homehtuvat helposti ja alkavat mätänemään tuottaen samalla jo pienissä pitoisuuksissa pahalle haisevia kaasuja kuten rikkiyhdisteitä. Biomassan kosteus on merkittävin tekijä bakteerien ja homeiden lisääntymiselle varastointikasoissa ja siksi kosteuden hallinta on tärkeä torjuntatoimenpide massojen varastoinnin aikana. Jos kosteuspitoisuus on tarpeeksi alhainen, muilla tekijöillä, kuten varastointiajalla ja -lämpötilalla, ei ole suurta vaikutusta. Tarvittaessa mikrobien elintoiminta saadaan loppumaan, jos materiaali kuivataan riittävän kuivaksi, biomassan sisältämä vesi jäädytetään tai massan joukkoon sekoitetaan aineita, jotka estävät mikrobien veden saannin.

2.2.1 Lastaus ja kuljetus

Biomassojen siirrossa ilmaan leviäviltä epäpuhtauksilta voi suojautua työskentelemällä työkoneiden suljetuissa ohjaamoissa. Koska työkoneiden ikkunat ja ovet on pidettävä ehdottomasti kiinni, ohjaamoiden ilmastoinnin tulee olla kunnossa. Työkoneissa normaalisti olevat raittiin ilman suodattimet eivät ole riittävät estämään biologisten altisteiden ja kaasujen kuten ammoniakkin ja rikkivedyn kulkeutumista ohjaamoihin biomassojen käsittelyssä (Laitinen ym. 2013). Nämä kaasut saattavat aiheuttaa merkittävän riskin biomassoja sisätiloissa käsitteleville työntekijöille. Kaasut helposti kulkeutuvat vastaanotto- ja varastointitiloista pyöräkuormaajien ohjaamoihin ja muihin sisätiloihin, joissa työskennellään ilman hengityksensuojaimia.

Biomassojen käsittelyyn käytettävien työkoneiden ohjaamot tulisi varustaa ylipaineistetuilla ilmansuodatusjärjestelmillä, joihin on asennettuna karkean hiukkassuodattimen lisäksi P3/H13-luokan HEPA-suodatin mikrobien poistoon ja aktiivihiihi-suodatin kaasumaisien altisteiden poistoon. Ainoastaan HEPA-suodatin pystyy estämään myös pienten mikrobiperäisten hiukkasten kulkeutumisen ohjaamon sisäilmaan. Työkoneissa lisävarusteena saatavana olevat sisäkiertosuodattimet vähentävät myös tehokkaasti mikrobipitoisuuksia ohjaamoissa. On tärkeää muistaa näiden hiukkassuodattimien säännöllinen huoltaminen ja vaihtaminen sekä ohjaamoiden tiiveyden valvominen, jotta sisäilman mikrobipitoisuus

det eivät pääse lisääntymään ohjaamoissa. Työntekijöiden vaatteiden ja jalkineiden mukana kulkeutuu pieniä määriä mikrobeita ohjaamoon. Siksi on suositeltavaa myös ohjaamon sisätilojen säännöllinen puhdistaminen.

2.2.2 Lastin purku vastaanottotilassa

Biomassojen purkuvaihe autoista vastaanottoon on riskialtis työvaihe (Laitinen ym. 2016). Biomassa-autojen kuljettajat voivat joutua pölyn ja kaasujen keskelle useita kertoja päivässä tyhjentäessään kuormiaan, ottaessaan mahdollisia näytteitä kuormasta ja siivotesaan autojaan sekä purkupaikkaa kuorman tyhjennyksen jälkeen. Työntekijöiden hengitystiealtistumista lisäävät autojen pakokaasut, koska vastaanottohallit pyritään pitämään suljettuina kaikilta muilta sivuilta kuin auton sisäänmenoaukolta, jotta pöly ja hajut eivät leviäisi muuhun ympäristöön.

Asentamalla biomassojen vastaanottoaikoille kohdepoistot saadaan tehokkaasti vähennettyä ilmaan leviävien epäpuhtauksien määrää purkutapahtuman aikana. Kaitteilla tai aukkoritilällä estetään työntekijän putoaminen syöttökaukaloon tai -hihnalle. Vastaanottoaukon sivulla olevilla ohjauslevyillä vähennetään biomassan kasaantumista ympäröiville lattiatpinnoille, mikä vähentää purkupaikan siivoustarvetta. Tilan ja auton puhdistaminen kuorman purkamisen jälkeen sujuu pölyttömimmin, kun käytetään imurointia harjalla laikaisun sijaan. Paineilmalla puhaltamista ei suositella missään tilanteessa. Hengityselinten, ihon, silmien ja kuulon suojaaminen on tarpeen, mikäli puhdistukseen käytetään paineilmaa, koska paineilmasuihku ja sen voimasta sinkoutuvat sirut ja kappaleet voivat aiheuttaa äkillisiä vaurioita silmille ja iholle.

Jos kuorman purkamista voi ohjata toisesta tilasta ja jopa ottaa näytteetkin esim. valvontaluukun kautta, vähennetään edelleen työntekijän altistumista epäpuhtauksille. Valvontatilan ylipaineisuudella vastaanottohalliin nähden tai puhtaan ilman kohdepuhalluksella työntekijän oleskelualueelle parannetaan työilman laatua paikallisesti. Näytteenotossa tapahtuva altistuminen voidaan välttää rakentamalla automaattiset näytteenottojärjestelmät vastaanottoaikoille. Biomassasta otettuja näytteitä tulee säilyttää suljetuissa astioissa ja käsitellä niitä joko vetokaapeissa tai kohdepoistojen alla.

2.2.3 Esikäsittelyt kuten seulonta, murskaus, jauhaminen, kuivaus

Esikäsittelyssä biomassasta puhdistetaan epäpuhtaudet (mm. kivet, metallit ja muovit) ja saadaan sen koko sopivaksi jatkokäsittelyn kannalta. Kuivaaminen esim. rumpu- tai tasokuivurilla parantaa biomassan ominaisuuksia. Seulonnassa massa johdetaan kuljettimella siivilälle, täryttimelle tai magneettierotukseen. Täryttimien käyttämisessä ja sijoittamisessa tulee huomioida, ettei niistä aiheudu toiminta- ja raja-arvot ylittävää ääriäaltistusta työntekijöille. Magneettierotuksessa voimakas magneettikenttä poistaa pääosan biomassan

joukossa olevasta metallista. Magneetista aiheutuvat sähkömagneettiset kentät vaimenevat etäisyyden kasvaessa, joten helpoin tapa vähentää altistusta on lisätä etäisyyttä kenttiä synnyttäviin laitteisiin. Tämä voidaan toteuttaa rajoittamalla pääsyä alueille, joissa toimenpidetasot voivat ylittyä. Alueet, joissa toimenpidetasot ylittyvät, tulee merkitä varoitusmerkein. Sähkömagneettisten kenttien vaaroille erityisen alttiita työntekijöitä voivat olla henkilöt, joilla on aktiivinen tai passiivinen metallia sisältävä implantti tai jotka ovat raskaana.

Massa pienennetään hakettamalla, murskaamalla, repimällä tai jauhamalla. Massan pienennys on meluava ja pölyävä työvaihe. Murskaimien läheisyydessä meluallistus on usein yli 85 dB (A) ja työntekijöiden on aina käytettävä kuulonsuojaimia. Meluhaittoja voidaan vähentää myös äänenvaimentimilla ja sisätiloissa absorptiomateriaaleilla. Työpaikan on merkittävät alueet, joissa melu ylittää yli 85 dB(A). Pölyn kertyessä rakenteisiin ja ilmaan aiheutuu myös tulipalo- ja räjähdysvaara. Biomassapölyn hiukkaskoko voi olla alle 0,5 mm, joten räjähdyskelpoisen pölyilmaseoksen syntyminen esimerkiksi voimakkaan ilmavirran tai tärähdyksen seurauksena on hyvinkin mahdollista. Palo- ja räjähdysvaaran sekä pölyaltistumisen ehkäisemisessä laitteistojen ja tilojen puhtaanapito imuroimalla, kuljettimien suojaaminen ja biomassan pudottamisen välttäminen kovalle alustalle ovat avainasioita.

Pölyräjähdysten torjumisen peruseräät:

1. Estetään pölyn ja räjähdyskelpoisten pölyilmaseosten muodostuminen.

- Pölyn keräily: suojat, suljetut tilat, imurilaitteistot, ilmanpoistolaitteistot
- Pölyn tukahduttaminen: veden suihkutusta ja sumutus, öljyn suihkutusta, lievittävän kemikaalin suihkutusta, sideaineiden sekoitus biomassaan

2. Estetään räjähdyskelpoisen pölyilmaseoksen syttyminen.

- Happipitoisuuden pitäminen biomassan happikonsentraation alapuolella.
- Kipinän sammutus: kipinän havainnointilaitteisto ja siihen liittyvät vesi ja inerttikaasusysteemit, höyryn haistelijat, porttilaitteisto, joka sammuttaa tai ohjaa kipinän turvalliselle alueelle.

3. Vähennetään pölyräjähdysten vahingollisia vaikutuksia.

- Räjähdysten tukahduttaminen: painetunnistin, tukahduttavan aineen vapautus
- Räjähdysten purkaminen: paineaallon vapauttaminen turvalliseen paikkaan, räjähdyspaneelit

Pölyräjähdysvaaralliset tilat on arvioitava ja merkittä Turvallisuus- ja kemikaaliviraston ohjeiden mukaisesti.

2.2.4 Briketointi ja pelletointi

Briketti- ja pellettitehtaiden työntekijät altistuvat merkittäville puupölypitoisuuksille. Tuotteet valmistetaan yleensä puuperäisestä kuivasta biomassasta. Jos muita biomassoja käytetään valmistuksessa, niin myös orgaanisten pölyjen pitoisuudet voivat olla korkeita työilmassa. Ahosen ja Liukkosen selvityksessä 2008 havaittiin, että joka toisella pellettitehtaan työntekijällä pitoisuus ylitti puupölyn raja-arvon 2 mg/m^3 , joten vähintään P2-luokan hengityssuojaimen käyttö pölyisimmissä työvaiheissa on tarpeen. Kuivan puupölyn kertyminen pinnoille lisää palo- ja räjähdysvaaraa.

Säiliötyyppisissä pellettivarastoissa voi muodostua hengenvaarallisen korkeita, jopa monikymmenkertaisesti HTP-arvot ylittäviä hiilimonoksidipitoisuuksia. Myös heksanaalin ja joidenkin muiden aldehydien, kuten akroleiinin, formaldehydin ja pentanaalin, pitoisuudet ovat tällöin korkeita. Suurimmat pitoisuudet esiintyvät varastojen yläosassa. Pellettien varastointiin liittyen on tapahtunut ihmisen menehtymiseen johtaneita tapaturmia. Hiilimonoksidipitoisuuden tarkistaminen mittaamalla ja riittävän ilmanvaihdon järjestäminen ovat välttämättömiä toimenpiteitä, jos on tarvetta mennä huonosti tuulettuvaan pellettivarastoon. Suodattava hengityksensuojain ei pidätä hiilimonoksidia eikä suojaa mahdolliselta hapen puutteelta.

2.2.5 Varastot ja siilot

Biomassojen varastointiin liittyy myrkyllisten kaasujen, kuten hiilimonoksidin tai rikkivedyn, esiintymisriski sekä massojen kaasuuntumisesta että itsestään kuumenemisestä syntyvä tulipaloriski. Biomassan kyky tuottaa hiilimonoksidia pitää tiedostaa, koska se vaikuttaa hajuttomana kaasuna varoittamatta ja äkillisesti. Kaasu- tai räjähdysvaarallisessa tilassa ei tule työskennellä yksin ilman valvontaa ja kaikenlaisten sytytyslähteiden käyttöä on vältettävä. Sisätiloissa olevat biomassa- ja tuotevarastot sekä siilot on rakennettava hyvin tuulettuviksi, tarvittaessa niiden yläosaan on järjestettävä koneellinen poisto. Huomioida pitää myös hiilidioksidi, joka on painavampaa kun ilma ja voi siten asettua varaston alaosiin. Suljettuihin siiloihin ja muihin säiliöihin meno on aina luvanvaraista ja vaatii varmistushenkilön. Suljetuissa varastoissa työskentelyyn on laadittava säiliötyöohjeet.

Työntekijällä on aina varastoon/siiloon mentäessä ja siellä työskenneltäessä suoraan osoitettava, hälyttävä kaasumittari, jolla varmistetaan, että kyseisissä tiloissa on turvallista hengittää ja työskennellä. Säteilyhälytintä on käytettävä siiloissa ja muissa tiloissa, joissa on radioaktiivisuuteen perustuvia pinnankorkeusmittareita. Mittarien toimintakunnosta on huolehdittava säännöllisesti. Jos aistitaan voimakasta hajua, tehostetaan varaston tuulettusta. Tilaan ei saa mennä, ennen kuin esim. mittauksin on varmistettu turvalliset olosuhteet. Jos häkäpitoisuus ylittää 100 ppm, varastoon ei saa mennä yksin. Lyhytaikainen (muu-

taman minuutin) välttämätön työskentely on luvallista erityisin varotoimenpitein, kun toinen henkilö varmistaa ja käytetään hengityksensuojainta. Kun kaasut ärsyttävät hengitysteitä käytetään hengityksensuojainta yhdistelmäsuodattimella ABEK-P3. Suodattava hengityksen suojain ei pidätä häkää eikä suojaa mahdolliselta hapen puutteelta (alle 17 %). Jos häkäpitoisuus ylittää 500 ppm, silloin/varastoon meno on ehdottomasti kielletty. Pakollisissa tilanteissa sinne menee vain ammattihenkilö paine- tai raitisilmalaitteissa.

2.2.6 Kompostointi

Biojätteiden ja jätevesilietteiden kompostointiprosessin aktiivivaihe tapahtuu yleensä tunneli- tai rumpukompostoreissa. Tunnelivaiheen kesto on kahdesta kolmeen viikkoa. Jätteisiin sekoitetaan tukiaineeksi puuhaketta ja turvetta. Aktiivivaiheen jälkeen komposti siirretään viemäroidylle ulkokentille aumoihin jälkikypsymään puolesta vuodesta vuoteen.

Kompostointilaitoksilla gram-negatiivisten bakteerien endotoksiinipitoisuudet voivat olla ilmassa moninkertaisia verrattuna sen terveysperusteiseen viitearvoon, joka on 90 EU/m³. Suomalaisilla kompostointilaitoksilla (Laitinen ym. 2013) on mitattu työilmasta suuria määriä myös mesofiilisiä ja termofiilisiä bakteereita mukaan lukien aktinobakteereita sekä mesofiilisiä ja termotoleranteja homesieniä (mm. *Aspergillus fumigatus*). Kompostointilaitoksilla mikrobiologisten altisteiden leviämistä biomassasta ilmaan on hankala hallita ja estää. Biologisten altisteiden määrät ovat kompostointilaitoksissa niin korkeita, että niille altistumisen vähentämiseen työntekijät tarvitsevat hengityksensuojaimet prosessitiloissa tai ulkona aumakompostointikentillä työskennellessään.

Kompostointilaitosten sisätiloissa voi esiintyä runsaasti myös kaasumaisia kemiallisia altisteita kuten ammoniakkia, rikkidioksidia ja rikkivetyä. Kyseiset kaasut ovat peräisin mikrobin toiminnasta niiden hajottaessa jätemassan orgaanista ainesta. Paras vaihtoehto kompostointilaitosten työntekijöille on kaasuilta ja mikrobeilta suojaava, ABEK-P3-yhdistelmäsuodattimella varustettu puhallinavusteinen hengityksensuojain, jonka suojausluokka on TH3 tai TM3.

2.2.7 Biokaasulaitokset

Biokaasulaitosten etu kompostointilaitoksiin verrattuna työturvallisuuden näkökulmasta on se, että niissä biomassan käsittely tapahtuu suljetummassa prosesseissa, mikä vähentää työntekijöiden altistumista mikrobeille ja kaasuille. Varsinkin nestemäiset biomassat voidaan syöttää laitosten prosessiin sellaisenaan suljettuja kanavia pitkin, mikä vähentää altistumisen riskiä. Kiinteässä muodossa oleville jätteille pitää tehdä biokaasulaitoksissakin esikäsitteilyt, vaikka ne voidaan prosessoida siellä ilman mikrobialtistumista mahdollisesti lisääviä tukiaineita.

Biomassojen vastaanotto ja prosessin lopussa oleva mädätteen vedenerotus esim. lingolla ovat altistavimmat työvaiheet biokaasulaitoksissa (Laitinen ym. 2013). Korkeimmat mikrobipitoisuudet on mitattu biomassojen vastaanottotilasta. Biomassan hygienisointi- ja mädätysprosessit poistavat nopeasti ja tehokkaasti eläin- ja ihmisperäisistä jätteistä peräisin olevat taudinaiheuttajamikrobit, mikä vähentää myös työntekijöiden mahdollista altistumista kyseisille mikrobeille. Prosessijäännöksessä esiintyy kuitenkin runsaasti anaerobisissa eli hapettomissa olosuhteissa eläviä, terveydelle haitallisia *Clostridium*-suvun bakteereita. Niiden määrät saadaan vähenemään kompostoimalla ja samalla ilmastoimalla prosessijäännöstä mädätyksen jälkeen.

Biokaasulaitoksilla biologisia altisteita suurempi ja merkittävämpi työturvallisuusriski ovat kaasumaiset kemialliset altisteet. Kohonneita ilmapitoisuuksia ammoniakkia, häkää, hiilidioksidia, rikkidioksidia, rikkivetyä, typpidioksidia ja vetyä on mitattu prosessitiloista, varsinkin biomassojen vastaanottotiloista (Laitinen ym. 2013). Kohonneista kaasupitoisuuksista varoittamaan tarvitaan kaasunilmaisimet, erityisesti rikkivedylle ja hiilimonoksidille. Kannettava kaasunilmaisimien on työntekijän aina otettava mukaan poistuttaessa valvomosta tai sosiaalituloista prosessitiloihin. Kiinteästi, esimerkiksi hallin seinälle asennettavat kaasunilmaisimet ovat kyseisissä tiloissa onnettomuusvaaraa ja tilapäisesti liikkuvia henkilöitä varten.

Kaasujen läsnäoloon liittyy työntekijöiden akuutti myrkytysvaaraa sekä räjähdysonnettomuusriski varsinkin, jos syttymislähteitä on lähistöllä. Kun kohteessa arvioidaan olevan räjähdysvaara, toiminnanharjoittajan on laadittava räjähdysuojasiasiakirja (Atex-opas, 2015 ja Vna 576/2003). Asiakirjaan tulee tehdä työ- ja tuotantoprosessin kokonaisvaltainen arviointi ja siihen liittyvät tekniset ja organisatoriset suojaustoimenpiteet sekä räjähdysvaarallisten tilojen luokittelu. Teknisiä riskinhallintatoimenpiteitä ovat esimerkiksi tehostettu tuuletus, kohdepoistot, vuotavan kaasun ohjaaminen ulospuhalluskanavilla, kaasunilmaisimeen kytketty hälytys, venttiilien sulkeutuminen ja Ex-merkittyjen laitteiden käyttäminen. Organisatorisia suojaustoimenpiteitä ovat esimerkiksi ohjeistus, räjähdysvaarallisten tilojen merkintä ja laitteiden tarkastukset. Räjähdysuojasiasiakirjan laativat toiminnanharjoittaja ja työnantaja ja se on laadittava ennen biokaasulaitoksen käyttöönottoa. Valtioneuvoston asetuksia (856/2012 ja 685/2015) sovelletaan biokaasun valmistukseen ja siihen välittömästi liittyvään tekniseen käyttöön ja varastointiin. Mikäli biokaasua johdetaan putkistossa edelleen muualla käytettäväksi, sovelletaan maakaasuasetusta (551/2009) biokaasun tekniseen käyttöön sekä biokaasun talteenottoon, siirtoon, jakeluun ja käyttöön tarkoitettuihin putkistoihin ja laitteisiin. Lisäksi toiminnanharjoittajan on tehtävä ilmoitus pelastusviranomaisille vaarallisten kemikaalien vähäisestä teollisesta käsittelystä ja varastoinnista, jos karkeasti arvioiden laitoksessa on biokaasua yli tonni vuodessa. Mikäli biokaasulaitoksessa

ylitetään yhtenä hetkenä viiden tonnin biokaasumäärä, ilmoitus ei enää riitä, vaan laitokselle tarvitaan vaarallisten kemikaalien laajamittaisen teollisen käsittelyn ja varastoinnin lupa Turvallisuus- ja kemikaalivirastosta.

2.2.8 Fermentointia hyödyntävät laitokset

Bioetanolia syntyy hapettomissa olosuhteissa entsyymien ja hiivojen hajottaessa orgaanista ainesta. Sitä voidaan valmistaa tärkkelys- ja sokeripitoisista kasveista (peruna, vilja- ja sokerikasvit), lignoselluloosapohjaisista raaka-aineista (peltobiomassat, puun korjuu- ja prosessointijätteet) sekä biojätteistä (elintarviketeollisuuden biojäte, kotitalouksien erilliskerätty biojäte). Prosessin sivutuotteena syntyvä mäski voidaan hyödyntää rehuna tai mädättää, jolloin sen sisältämä energia saadaan talteen biokaasuna. Ravinteet jäävät mädätysjännökseen ja ne voidaan hyödyntää lannoitteena.

Bioetanolin valmistuslaitokset ovat biomassan esikäsittelyvaiheita (esim. massan seulonta, jauhaminen tai murskaus) sekä prosessin sivutuotteiden (mäskin tai mädätteen) käsittelyä lukuun ottamatta suljettuja prosesseja, joissa työntekijöiden altistuminen biologisille tai kemiallisille vaaratekijöille on vähäistä. Mäskin käsittelyyn rehuksi saattaa sisältää massan dekantterilinkousta, kuivausta ja pelletointia. Mäskin käsittelyyn voi liittyä VOC-päästöjä työilmaan. Bioetanolilaitokset tarvitsevat vaarallisten kemikaalien laajamittaisen käsittelyn ja varastoinnin luvan sekä painelaitelain (1144/2016) mukaisen painelaitteiden käyttöluvan Turvallisuus- ja kemikaalivirastolta. Bioetanolilaitoksen on tehtävä vaaran arviointi, josta on käytävä ilmi painelaitteiden käyttöön ja tekniikkaan liittyvät vaaratilanteet ja olosuhteet, joissa onnettomuus on mahdollinen.

2.2.9 Kaasutustekniikkaan perustuvat tuotekaasu- ja biohiililaitokset (hidas torrefiointi ja keskinopea pyrolyysi)

Kaasutustekniikkaan perustuvan laitoksen toiminta sisältää biomassan vastaanoton, seulonnan, välivarastoinnin, varsinaisen lämpökäsittelytuotantoprosessin eli kuivauksen ja torrefiointin, pelletoinnin ja valmiin biohiilen varastoinnin. Torrefiointi on puubiomassan paahtamista hapettomissa olosuhteissa 220-300°C:ssa. Biohiilen lisäksi prosessi tuottaa tuotekaasua, joka sisältää eri pitoisuuksina esimerkiksi ammoniakkia, hiilidioksidia, hiilimonoksidia, metaania, typpeä ja vetyä. Näiden kaasujen lisäksi tuotekaasussa on kiinteitä ja tervamaisia epäpuhtauksia, kuten epäorgaanisia hiukkasia, halogeeniyhdisteitä (HCl, HBr, HF), rikkiyhdisteitä (H₂S, COS), tervaa ja vetysyanidia, jotka on puhdistettava pois ennen tuotekaasun hyödyntämistä (Hyrkäs 2016).

Työntekijöiden mahdollisesta altistumisesta tuotekaasun komponenteille on hyvin vähän tietoa. Kaasutuslaitoksen työntekijöiden on havaittu altistuvan korkeille biologisten altisteiden ja orgaanisen pölyn pitoisuuksille biomassan vastaanotossa ja seulonnassa (Ahonen ja Fingerroos 2015). Sen sijaan epäorgaaniselle pölylle ja sen sisältämille metalleille

(mm. arseeni, kadmium, nikkeli ja lyijy) altistuminen on vähäistä. Altistumistuloksia kaasumaisille yhdisteille ei ole saatavilla. Biohiiltä voi ilmeisesti pitää turvallisempana tuotteena käsitellä varastoissa kuin esim. valkoista pellettiä, koska siitä on jo palanut pois myrkylliset hajoamistuotteet kuten häkä ja rikkivety eikä se pölyä.

2.2.10 Bioöljyn tuottaminen nopealla pyrolyysiteknikalla

Pyrolyysillä tehtyä bioöljyä käytetään nestemäisten biopolttoaineiden ja biokemikaalien valmistukseen. Se on voimakkaasti tervalta tuoksuvaa, tummanruskeaa, juoksevaa nestettä, joka valmistetaan kaasuttamalla puubiomassaa hapettomissa olosuhteissa 500 °C:ssa ja tämän jälkeen lauhduttamalla kaasuuntuneet komponentit nesteeksi. Myös levää ja peltobiomassoja voidaan käyttää pyrolyysiöljyn valmistukseen. Prosessin alkuvaiheessa biomassat murskataan, seulotaan, kuivataan ja jauhetaan niin, että pyrolyysiin menevän massan kosteus on alle 10 % ja palakoko alle 3 mm.

Pyrolyysiprosessilla on kolme lopputuotetta: pyrolyysikaasut, pyrolyysiöljy ja kiinteä hiili (Mankonen A 2014). Pyrolyysikaasut koostuvat pääasiassa hiilidioksidista, hiilimonoksidista, metaanista, etaanista, etyleenistä ja vedystä. Pyrolyysiöljy koostuu vedestä, hapoista, alkoholeista, aldehydeistä, ketoneista, estereistä, fenoleista, guajakoleista, sokereista, fuuraaneista, alkeeneista, aromaattisista yhdisteistä sekä typpi- ja happiyhdisteistä. Karboksyylihapoista johtuen öljyn pH on 2-3 ja se on hyvin syövyttävää. Ainesierroissa ja säiliöitä avattaessa on varottava öljystä tulevien purkauskaasujen hengittämistä (formaldehydi, asetaldehydi, fenoli, furfuraali). Pyrolyysiöljyä käsiteltäessä on huolehdittava riittävästä ilmanvaihdesta ja käytettävä henkilökohtaisia suojavälineitä. Roiskeilta suojautumiseen on käytettävä suojavaatetusta, sivusuojilla varustettuja suojalaseja ja kumisaappaita. Käsien suojaamiseksi tarvitaan öljyä läpäisemättömät monikalvokäsineet, esim. Barrier® (PA/PE/PA). Mikäli hengitystiealtistuminen on todennäköistä, vähintään A2B2+P3 yhdistelmäsuodattimella varustettu hengityksensuojain tarvitaan kasvoille. Jos pyrolyysikaasuille altistuminen on mahdollista, hengityksensuojaimen tarvitaan lisäksi hiilimonoksidin suodatin, esim. ABEK NO CO 20 P3 RD. Räjähdyksivaarallisissa tiloissa on huomioitava, että suojarusteet ovat Ex-merkittyjä.

Pyrolyysiöljyn tuottaminen on uutta toimintaa, josta ei ole saatavilla yleistä tietoa ja käytännön kokemuksia siihen liittyvistä työturvallisuuden riski- ja vaaratekijöistä. Sen vuoksi prosessin ja työn toteutuksen suunnittelu ennakolta on erityisen tärkeää koko laitostasolla. Laitoksella on oltava kemikaaliturvallisuuslain mukainen käyttöönottolupa siinä vaiheessa, kun laitokselle otetaan enemmän kuin vähäinen (asetuksessa 856/2012 määritellyn ilmoitusrajan ylittävä) määrä vaarallisia kemikaaleja, eli käytännössä jo koekäyttöä aloitettaessa. Koetoimintavaiheessa on tärkeää päivittää riskien arviointeja tehtyjen muutosten ja havaittujen poikkeama- tai vaaratilanteiden perusteella.

Lisäksi harvoin toistuvissa vaarallisissa töissä olisi noudatettava työlupakäytäntöä. Tällaisia töitä ovat tyypillisesti tulityöt, korkealla tehtävät työt, säiliötyöt, räjähdysvaarallisissa tiloissa tehtävät huoltotyöt jne. Työluvan keskeisimmät hyödyt ovat sen sisältämä riskinarviointi, jonka perusteella määritellään tarvittava varautuminen ja työluvan avulla tapahtuva vaarallisesta työstä tiedottaminen. Oleellista on määritellä tarkasti ja selkeästi, millaisiin töihin työlupakäytäntöä sovelletaan.

2.2.11 Biodieselin ja uusiutuvan dieselin valmistus

Biodieseliä valmistetaan esteröimällä pääasiassa puhtaita kasvirasvoja alkoholin esim. metanolin avulla. Reaktio tapahtuu yleensä emäs- (NaOH tai KOH) tai happokatalyytin (rikki- tai sulfonihappo) läsnä ollessa. Lopputuotteena on rasvahappoestereitä eli biodieseliä sekä sivutuotteena glyserolia. Glyseroli voidaan hyödyntää energiana polttamalla tai mädättää se biokaasuksi. Glyseroli voidaan myös puhdistaa ja hyödyntää kosmetiikka- tai lääketeollisuudessa. Toinen biodieselin tuotannon sivutuote on puristuskakku, joka syntyy, kun öljy erotetaan raaka-aineesta (esim. rypsinisiemenestä) puristamalla. Se on valkuaispitoista ja sopii yleensä hyvin rehukäyttöön. Puristuskakku voidaan myös mädättää.

Työturvallisuudesta huolehtiminen on tärkeää, koska biodieselin tuotannossa ollaan tekemisissä sekä vahvojen emästen, happojen ja syttymisherkkien alkoholien kanssa. Suurin tulipalovaaran aiheuttaja prosessissa on metanoli, mikä johtuu sen alhaisesta leimahdus- ja kiehumispisteestä. Kun kohteessa on mahdollinen räjähdysvaara, toiminnanharjoittajan on laadittava räjähdysuojausasiakirja (Atex-opas, 2015 ja Vna 576/2003) ennen toiminnan aloittamista. Metanolia ei saa käsitellä samassa tilassa muun laitteiston kanssa, vaan se on johdettava tuotantotilaan Atex-alueelta, jossa ei ole tarvetta jokapäiväiseen työskentelyyn. Reaktorihuoneen ilmanvaihdon tulee olla riittävä. Katalyyttejä käsiteltäessä on suojattava iho ja silmät.

Uusiutuvaa dieseliä valmistetaan mm. eläinrasva- ja kasviöljypohjaisista biojätteistä, sellutuotannon sivuvirtana syntyvästä mäntyöljystä ja metsäteollisuuden hakkuutähteistä tuotetusta parafiinivahasta. Elintarviketuotantoon kelpaamattomista raaka-aineista ja mäntyöljystä poistetaan esikäsitelyssä epäpuhtaudet esim. hapon, lipeän ja valkaisuaman avulla, minkä jälkeen puhdistettu bioöljy johdetaan vetykäsitelyyn. Prosessiyksikössä öljystä poistetaan vetykäsitelyllä happi ja tuotteen stabiilisuus sekä kylmäominaisuudet säädetään kohdalleen. Lopputuotteena syntyy uusiutuvaa dieseliä sekä pieniä määriä muita tuotteita kuten biopolttokaasua (propania) ja biobensiiniä.

Hakkuutähteiden käsittelyssä biomassan hiili kaasutetaan vedyksi ja hiilimonoksidiksi, jonka jälkeen kaasu puhdistetaan ja nesteytetään Fischer-Tropsch -menetelmällä parafiineista koostuvaksi vahaksi. Tämä pilkotaan vetykrakkauksessa esim. dieseliksi ja lentopetroliksi sekä sivutuotteina syntyy biobensiiniä ja tarpättiä.

Useimmat dieselin valmistusprosessit tapahtuvat katalyyttisesti korkeassa paineessa ja lämpötilassa. Prosesseissa syntyy tyydyttyneitä hiilivetyjä, vettä, hiilimonoksidia, hiilidioksidia ja rikkivetyä. Biojalostamon mahdollisia vaaratilanteita ovat tulipalo tai räjähdys, rikkivety- tai ammoniakkiuoto. Ammoniakkia käytetään jäähdytysjärjestelmissä. Biojalostamossa on tehtävä työ- ja tuotantoprosessin kokonaisvaltainen arviointi ja siihen liittyvät tekniset ja organisatoriset suojaustoimenpiteet sekä räjähdysvaarallisten tilojen luokittelu ennen toiminnan aloittamista.

Biovalmisteita tuottavan laitoksen on tehtävä ilmoitus pelastusviranomaisille tai haettava lupa Turvallisuus- ja kemikaalivirastolta vaarallisten kemikaalien teollisesta käsittelystä ja varastoinnista. Eläimistä saatavia sivutuotteita ja niistä johdettuja tuotteita kuten eläinrasvoja säätelee EU:n sivutuoteasetus. Sen mukaisella laitoksella on oltava Elintarviketurvallisuusviraston hyväksyntä ja rekisteröinti ennen toiminnan aloittamista. Toimivaltainen viranomais (Elintarviketurvallisuusvirasto/kunnaneläinlääkäri) valvoo rekisteröityjä toimijoita riskiperusteisesti säännöllisin väliajoin.

Tulevaisuudessa uusiutuvaa dieseliä ja muita biopolttoaineita saadaan tuotettua hyödyntämällä leviä ja mikrobeja, jotka käyttävät ravinnokseen jätteenä joutuneita teollisuuden sivuvirtoja. Näihin toimintoihin liittyvistä työturvallisuusseikoista ei ole vielä saatavilla julkista tietoa.

2.2.12 Tiivistelmä riskien hallinnasta

- Huolellinen materiaalien syntypaikkalajittelu vähentää kiertotalouden työhygienisiä ongelmia.
- Automaatiikan lisääminen laitoksissa vähentää tarvetta työskennellä pölyävän tai muutoin haitallisen materiaalin vieressä.
- Materiaalien varastointikasoissa kosteus on merkittävin tekijä bakteereiden ja homeiden lisääntymiselle ja siksi kosteuden hallinta on tärkeä torjuntatoimenpide materiaalien varastoinnin aikana.
- Tarvittaessa mikrobien elintoiminta saadaan loppumaan, jos materiaali kuivataan riittävän kuivaksi, sen sisältämä vesi jäädytetään tai materiaalin joukkoon sekoitetaan mikrobien lisääntymistä estäviä aineita.
- Materiaalin hygienisointi kuumentamalla poistaa tehokkaasti eläin- ja ihmisperäisissä massoissa olevat taudinaiheuttajamikrobit.
- Näytteenotossa tapahtuvaa altistumista voidaan välttää rakentamalla automaattiset näytteenottojärjestelmät materiaalien vastaanottoaikoille tai ottamalla näytteet valvontaluukkujen kautta. Materiaaleista otettuja näytteitä tulee säilyttää suljetuissa astioissa ja käsitellä niitä joko vetokaapeissa tai kohdepoistojen alla.



- Materiaalien siirrossa ilmaan leviäviltä epäpuhtauksilta voi suojautua työskentelemällä työkoneiden suljetuissa ohjaamoissa tai valvomoissa. Ohjaamoihin ja valvomoihin tulevan ilman tulee olla suodatettua ja ilmastoinnin toimittava moitteettomasti ylipaineistettuna. Ikkunat ja ovet on pidettävä kiinni.
- Materiaalien vastaanottoaikoille asennettavat kohdepoistot vähentävät ilmaan leviävien epäpuhtauksien määrää vastaanoton aikana.
- Kaiteilla tai aukkoritilällä estetään työntekijän putoaminen materiaalin syöttökaukaloon tai -hihnalle.
- Vastaanottoaukon sivulla olevilla ohjauslevyillä vähennetään materiaalin kasaantumista ympäröiville lattiapinnoille, mikä vähentää vastaanottoaikan siivoustarvetta. Siivous sujuu pölyttömimmin, kun käytetään imurointia harjalla lakaisun sijaan. Paineilmalla puhdistamista ei suositella ilman henkilönsuojaimia.
- Palo- ja räjähdysvaaran että pölyaltistuksen ehkäisemisessä laitteistojen ja tilojen puhtaanapito imuroimalla, kuljettimien suojaaminen, pölyävän materiaalin pudottamisen välttäminen kovalle alustalle sekä räjähdysten tukahduttamisjärjestelmät ovat avainasioita.
- Murskaimien läheisyydessä meluallistus on usein yli 85 dB (A) ja työntekijöiden on käytettävä kuulonsuojaimia. Meluhaittoja voidaan vähentää myös äänenvaimentimilla tai absorptiomateriaaleilla, koteloinneilla ja osastoinnilla. Murskainten toiminnan aikana on käytettävä myös hengitys- ja silmäsuojaimia.
- Materiaalitäryttimien käyttämisessä ja sijoittamisessa tulee huomioida, ettei niistä aiheudu toiminta- ja raja-arvot ylittävää värinäallistusta työntekijöille.
- Magneettierottimista aiheutuvat sähkömagneettiset kentät vaimenevat etäisyyden kasvaessa, joten helpoin tapa vähentää altistusta on lisätä etäisyyttä kenttiä synnyttäviin laitteisiin. Alueet, joissa toimenpidetasot ylittyvät, tulee merkitä varoitusmerkein.
- Säteilysäilytintä on käytettävä varastoissa, joissa on radioaktiivisuuden perustuvia materiaalin pinnankorkeusmittareita.
- Materiaalien käsittelyyn kompostointilaitoksissa työntekijät tarvitsevat kaasuilta ja mikrobeilta suojaavan, ABEK-P3-yhdistelmäsuodattimella varustetun hengityksensuojaimen.
- Happi- ja hiilimonoksidipitoisuuden tarkistaminen mittaamalla ja riittävän ilmanvaihdon tai tuuletuksen järjestäminen ovat välttämättömiä toimenpiteitä, jos on mentävä umpinaisiin materiaalivarastoihin kuten biomassasiiloon tai pellettivarastoon. Mädälle haisevissa tiloissa on tarkistettava myös rikkivetytuloisuudet.

- Kaasu- tai räjähdysvaarallisessa tilassa ei tule työskennellä yksin ilman valvontaa ja kaikenlaisten sytytyslähteiden käyttöä on vältettävä. Suljettuihin siiloihin ja muihin säiliöihin meno on aina luvanvaraista ja vaatii varmistushenkilön. Suljetuissa varastoissa työskentelyyn on laadittava säiliötyöohjeet.
- Biotuotetehtaissa on tehtävä työ- ja tuotantoprosessin kokonaisvaltainen arviointi ja siihen liittyvät tekniset ja organisatoriset suojaustoimenpiteet sekä räjähdysvaarallisten tilojen luokittelu ennen toiminnan aloittamista.
- Biovalmisteita (esim. biokaasua, nestemäisiä polttoaineita tai pyrolyysiöljyä) tuotettavan laitoksen on tehtävä ilmoitus pelastusviranomaisille tai haettava lupa Turvallisuus- ja kemikaalivirastolta vaarallisten kemikaalien teollisesta käsittelystä ja varastoinnista.
- Ainesirroissa ja säiliöitä avattaessa on varottava biovalmisteista tulevien purkauskaasujen hengittämistä. Biovalmisteita käsiteltäessä on huolehdittava riittävästä ilmanvaihdosta ja käytettävä henkilökohtaisia suojavälineitä. Roiskeilta suojautumiseen on käytettävä suojavaatetusta, sivusuojilla varustettuja suojalaseja ja kumisaappaita. Käsien suojaamiseksi tarvitaan öljyä läpäisemättömät monikalvo-käsineet.
- Henkilökohtaisesta hygieniasta huolehtiminen on tärkeää biohajoavia materiaalien käsittelyn jälkeen, jotta epäpuhtaudet eivät leviä käsien, vaatteiden ja varusteiden mukana työpaikan ulkopuolelle.

3 KUMI

- Kumijätteestä valtaosa tulee käytetyistä autonrenkaista, joita kierrätetään käytettäväksi tie- ja maanrakennuksessa (mukaan lukien urheilualueiden pinnat), vedenpuhdistussovelluksissa ja energiakäytössä.
- Kumirouheen, granulaattien ja jauheen valmistuksessa syntyy hengittävää pölyä, ja pölynhallinta näissä tehtävissä onkin oleellista.
- Kumirouheen käyttö erityisesti tekonurmikentillä on herättänyt huolta erityisesti mahdollisen PAH-altistumisen kannalta, mutta PAHien ja muiden haitallisten kumikomponenttien vapautuminen kumimatriksista on vähäistä. Lähinnä näiden komponenttien vapautumista voisi tapahtua kumipölyn päästessä elimistöön, mikä myös korostaa pölyn poiston ja hyvän työhygienian tärkeyttä kumirouheiden valmistuksessa.
- Devulkanisointi kumin kierrätyksessä on Suomessa vasta kehityksen alla oleva menetelmä ja siihen liittyvistä työympäristöriskeistä on vielä puutteellisesti tietoa.

Kumijätteestä valtaosa tulee käytöstä poistetuista autonrenkaista. Näiden hyötykäyttöaste on nykyään jo lähes 100% (Suomen Rengaskierrätys, 2015). Käytöstä poistettuja rengaskumeja on jo pitkään hyödynnetty kaatopaikkojen rakenteissa, mutta vuonna 2016 voimaan astunut Suomen uusi jätelainsäädäntö on kieltänyt kaiken orgaanisen jätteen sijoittamisen kaatopaikoille. Käytöstä poistettuja rengaskumeja voidaan hyötykäyttää joko paloina tai leikkeleinä, granulaatteina tai jauheena (ETRMA, 2015). Suomessa rengasrouheiden käyttö myös tie- ja maanrakennuksessa on jo vakiintunutta. Sitä käytetään myös maaneeseissa, tekonurmikentillä, urheilu- ja leikkikentillä päällystemateriaalina sekä bitumin seassa asfaltissa. Rengasrouhetta voidaan käyttää myös erilaisissa vedenpuhdistussovelluksissa. Koska rengaskumin energiasisältö on suuri, sitä käytetään myös energiantuotannossa; v. 2015 noin 20% rengasmateriaaleista käytettiin energiakäyttöön. Ensisijaisesti kuitenkin Suomessa pyritään edistämään materiaalikäyttöä energiakäytön sijasta (Suomen Rengaskierrätys, 2015). Rengaskumeissa on itse kumin ja hiilimustan lisäksi merkittävä osa terästä ja tekstiilikuituja, jotka poistetaan kumimateriaalista tehtäessä hienojakoisia rouheita, granulaatteja tai jauheita. Teräksen poisto toteutetaan yleensä magneettisuuden perusteella. Tutkimus- ja kehitystyötä tehdään liittyen jätekumin kierrättämiseksi takaisin kumituotteiden valmistukseen. Kemiallisen ja ultraäänen/mikroaaltoihin perustuvan devulkanisoinnin avulla voidaan rikkoa sillat polymeeriketjujen välillä, jolloin muodostunutta reaktiivista polymeerimateriaalia voidaan sekoittaa neitseelliseen materiaaliin ja muodostaa uusia kumituotteita. Suomessa tällainen kumijätteen hyötykäyttö on vasta kehitysasteella.

3.1 Altistuminen

Kumijätteestä peräisin olevien rouheiden-, -jauheiden ja -granulaattien valmistuksessa merkittävin altiste on rengasrouheen silppuamisessa muodostuva pöly. Savaryn ja Vincen-tin (2012) ranskalaisessa tutkimuksessa kumigranulaattien valmistuksessa syntyvä hengit-tyvä pöly koostui pääasiassa hiilestä ja rikistä, joiden pinnalla oli piidioksidia ja rautaoksidia. Lisäksi seassa oli tekstiilikuituja (pääasiassa nylonia). Pölypitoisuudet nousivat jopa yli 10 mg/m³, joka on monissa maissa voimassa oleva työhygieeninen raja-arvo hengittyvälle pölylle. Työterveyslaitos suosittelee hengittyvälle pölylle tavoitetasoa 2 mg/m³ ja alveolija-keiselle pölylle 0.5 mg/m³ akuuttien ja pitkäaikaisten hengitystievaikutusten minimoimiseksi (TTL, 2016). Tekstiilikuitujen kokojakauma ranskalaisessa tutkimuksessa oli sellai-nen, että niiden voidaan olettaa vaikuttavan lähinnä ylähengitysteissä ärsytystä aiheuttaen. Aiemmissa kiinalaisissa tutkimuksissa on havaittu myös merkittäviä VOC-päästöjä ku-migranulaattien valmistuksessa, mutta ranskalaisessa tutkimuksessa VOC-päästöt olivat vähäiset.

Kierrätyskumin käyttö esimerkiksi tekonurmissa on aiheuttanut huolta kuluttajien altistu-misesta haitallisille aineille, kuten PAH-yhdisteille (RIVM, 2016, ECHA 2017). Kumigranu-laatit sisältävät valmistuksessa käytettyjä tai syntyneitä PAH-yhdisteitä, bisfenoli A:ta, fta-laatteja ja metalleja. Periaatteessa myös työntekijät voivat altistua näille hengittäessään ku-mipölyä tai sen joutuessa likaantuneista käsistä suuhun. Kyseisten aineiden vapautuminen kumigranulaateista on arvioitu olevan yleisesti ottaen vähäistä, mutta se on mahdollista, mikäli pölyä tulee hengitetyksi tai sitä joutuu ruoansulatuskanavaan huonon työhygienian takia.

Tieto altistumisesta devulkanisointia tehdessä on rajallista. Kyseisessä prosessissa saattaa ilmaan vapautua haitallisia orgaanisia yhdisteitä sekä myös rikkidioksidia ja rikkivetyä. Spe-sifistä mittaustietoa aiheesta ei kuitenkaan ole julkaistu ja mikäli devulkanointia aletaan Suomessa tekemään, siihen liittyvä altistuminen ja riskit tulee arvioida erikseen.

3.2 Riskinhallinta

Riskinhallinnassa oleellista on kiinnittää huomiota pölynhallintaan; kumin kostutus rouhin-nassa, tilojen riittävä ilmanvaihto ja kohdeimut silppureilla ovat oleellisia. Lisäksi normaali hyvä työhygienia on tärkeää esimerkiksi käsistä suuhun tapahtuman kumipölyaltistumisen minimoimiseksi. Pölyaltistumista suositellaan seurattavan ilmamittauksin. Mittaustulosten arvioinnissa auttavat Työterveyslaitoksen tavoitetasot alveolijakeen ja hengittyvälle pölylle (TTL, 2016).

4 LASI

- Suomessa kerätään pantillista ja pantitonta pakkausjätelasia sekä muuta lasia.
- Lasin käsittelyssä voi altistua mikrobeille ja endotoksiineille, pesukemikaaleille sekä lasipölylle.
- Riskinhallintakeinoina ovat paikallispoistot tai huuvat sekä henkilönsuojaimet.

Pakkauslasijätettä kerätään sekä panttijärjestelmän kautta että pantittomana lasina esimerkiksi ekopisteissä ja isommilla kiinteistöillä. Pakkauslasijäte sisältää lasipulloja ja -purkkeja. Esimerkiksi rikkoontuneet juomalasit ja ikkunalasi eivät kuulu lasinkeräykseen.

Pantillinen lasi on yleensä tasalaatuista. Suomessa pullolasin keräyksellä on pitkät perinteet ja lasipullojen kierrätysaste on korkea (81 % vuonna 2014) (Pirkanmaan ELY-keskus 2016).

Pantiton lasi on laadultaan heterogeenisempää, vaikkakin yleensä puhdasta. Pantittoman lasin kierrätysaste vuonna 2016 oli 60 %. Pantitonta lasia ei tällä hetkellä käsitellä suuressa mittakaavassa Suomessa, vaan se kuljetetaan pääasiassa ulkomaille murskattavaksi ja kierrätettäväksi. Sairaalasit kierrätetään erikseen.

Tasolasit, kuten ikkuna- tai tuulilasit, erilliskerätään, puhdistetaan ja lajitellaan. Kierrätys tuotteina niistä valmistetaan vaahtolasia, lasivillaa, pakkauslasia tai uutta tasolasia. Vanhojen tasolasien, kuten 1960-luvun eristyslaselementtien, tiivistysmassat voivat sisältää PCB-yhdisteitä, joten ne kerätään vaarallisina jätteinä. Kuumuutta kestävä lasi on erotettava tasolasin kierrätyksestä, sillä sen sulamispiste on korkeampi kuin tasolasin.

4.1 Altistuminen

Jätelasin keräyksessä ja käsittelyssä voidaan altistua mikrobeille ja endotoksiineille, mikäli kerättävä lasi ei ole puhdasta. Kerätyn lasin puhdistuksessa voidaan altistua pesukemikaaleille. Lasin murskauksessa ilmaan voi vapautua kvartsiakin sisältävää lasipölyä.

4.2 Riskinhallinta

Lasijätteen pesun kemikaalien hallinnassa on käytettävä tehokasta paikallispoistoa tai huuvausta, etteivät pesukemikaalien höyryt pääse työntekijöiden hengitysvyöhykkeille. Työntekijöiden on suojauduttava riittävien henkilönsuojaimin.

Lasijäte voi olla teräväreunaista, joten teräviltä lasinpaloilta on tärkeää suojautua viiltosuojakäsinein.

5 METALLIT

- Metallien kierrätyksessä on jo pitkät perinteet ja siltä pohjalta myös tietoa altistumisesta.
- Metallien kierrätyksessä tulee kiinnittää huomiota paitsi altistumiseen yksittäisille haitallisille metalleille, myös epäspesifiselle, hienojakoiselle pölylle altistumiseen.
- Alumiinin kierrätyksessä, erityisesti sulatukseen liittyen on mitattu työntekijöillä kohonneita elimistön alumiinipitoisuuksia. Muiden metallien kierrätyksessä on todettu altistumista mm. lyijylle. Kromille ja nikkelille voi altistua esimerkiksi polttoleikattaessa seostettuja teräskappaleita.
- Riskinhallinnan keinoina ovat pölyn hallintatoimet, ilmanvaihto ja kohdepoistot, hyilliset työkoneet, manuaalisten työvaiheiden minimointi, henkilönsuojaimet ja huolellinen käsihygieniat.
- Biomonitorointi on suositeltava tapa seurata työntekijöiden metallialtistumista. Erityisen hyvä se on kertyvien metallien, kuten lyijyn, kadmiumin ja alumiinin kohdalla, mutta myös esim. kromi(VI)- ja nikkelialtistumisen seurannassa esim. tehtäessä paljon seostetun teräksen polttoleikkausta sitä kannattaa käyttää.

Metallien keräystä ja kierrätystä on tehty aktiivisesti jo pitkään. Metallijäte jaetaan yleensä rautametalliin (ferrous) ja ei-rautametalliin (non-ferrous). Tavallisia kierrätysmetallin lähteitä ovat metallituotteiden valmistuksen ylijäämämetallit, romuautot ja muut kulkuvälineet, erilaiset rakennusten metallirakenteet, kotitalouksien metalliromu (esim. keittiövälineet, metallipakkaukset), sähkö- ja elektroniikkaromun metallit. Ei-rautapitoiseen jätteen kuuluu esimerkiksi alumiini, jonka kierrätys on kaikkein tehokkainta ja kierrätysaste suurin. Teräsromu on puolestaan tärkeä terästeollisuuden raaka-aine, esim. Outokummulla teräsromu on nykyään ruostumattoman teräksen pääraaka-aine. Kierrätysprosessin vaiheita ovat murskaus, lajittelu/erottelu (esim. magneetein, sähköjohtavuuteen, ominaispainoon perustuva erottelu, käsin erottelu), paalaus, suurten kappaleiden polttoleikkaus ja mahdollisesti sulatus. Magneettinen erottelu erottaa rautapitoisen romun ei-rautapitoisesta.

5.1 Altistuminen ja riskinhallinta

US OSHA on vuonna 2008 laatinut oppaan Riskien tunnistamiseen ja hallintaan metalliromun kierrätyksessä (US OSHA, 2008, https://www.osha.gov/SLTC/recycling/recycling_scrap_metal.html), jossa on käyty läpi eri metallinkierrätyksen vaiheisiin liittyviä riskejä ja annettu yleisiä riskinhallintaohjeita.

Työterveyslaitoksen tietokannoista löytyy joitakin työhygieenisia mittauksia metallinkierrätykseen liittyen. Lisäksi metallialtistumista kierrätyksessä on tutkittu biomonitoroinnein. Tarkasteltaessa 2000-luvun biomonitorointitilastoja romunkäsittelijöillä ja romun polttoleikkaajilla on mitattu kohonneita veren lyijypitoisuuksia, jotka kuitenkin ovat kaikki jääneet Työterveyslaitoksen veren lyijyn toimenpideraja-arvon (1.4 µmol/l) alle ollen tasoa noin <0.1-1.34 µmol/l. Myös SER-romun käsittelyyn/purkuun liittyen on havaittu vastaavanlaisia, maksimissaan noin 0.8 µmol/l olevia veren lyijytasoja. Kadmiumaltistuminen on lajiteltujen jätteiden kierrätyksessä/SER-romun kierrätyksessä jäänyt yleensä matalaksi, tarkoitetaan alle normaaliväestön viiterajojen olevia virtsan ja veren kadmiumpitoisuuksia, joskin muutamia lähinnä veren kadmiumpitoisuuden ylityksiä on todettu. Virtsan kadmiumpitoisuus kuvastaa kuitenkin paremmin pidempiaikaista altistumista. TTL:n tilastojen mukaan kromi(VI)- ja nikkeli-altistuminen lajiteltujen materiaalien kierrätyksessä jää matalaksi (alle työssään altistumattomien viiterajojen). Erityisesti polttoleikkauksessa seostettua terästä on kuitenkin mahdollisuus altistua myös näille metalleille. Polttoleikkauksessa muodostuu myös typenoksideja, joiden työhygieenisia raja-arvoja on vastikään merkittävästi laskettu niiden hengitystievaikutusten takia. Polttoleikkauksessa pinnoitettuja tai maalattuja pintoja on huomioitava myös pinnoitteista vapautuvat lämpöhajoamistuotteet. Hajoamistuotteiden koostumus ja pitoisuus riippuvat käytetystä pinnoitetyypistä ja työolosuhteista. Maalien sideaineiden lämpöhajoamistuotteista on tunnistettu mm. isosyanaatteja ja happoanhydridejä. Alumiinin kierrätyksessä on erityisesti sulattajilla mitattu altistumattomien viiterajan ylittäviä virtsan alumiinipitoisuuksia. Myös yksittäisiä toimenpiderajan ylityksiä on todettu. Alumiini kertyy elimistöön pitkäaikaisessa altistumisessa ja sen poistuminen altistumisen loputtua on hidasta. Kohonneita virtsan alumiinipitoisuuksia on mitattu myös lajitelijoilla.

Paitsi yksittäisille metalleille altistumiseen, myös pölyaltistumiseen yleisesti on syytä kiinnittää huomiota. Vaikka TTL:n mittaustietojen perusteella altistuminen epäorgaanisen pölylle harvoin ylittää voimassa olevat työhygieeniset raja-arvot, Suomen epäorgaanisen pölyn työhygieeninen raja-arvo on suhteellisen korkea eikä nykytiedon valossa enää ajan tasalla. Tästä syystä Työterveyslaitos on laatinut suosituksena ns. tavoitetasot pölyaltistumiselle kattaen sekä karkeamman hengittävän pölyn, että hienojakoisemman alveolijakeen pölyt ja huuрут (www.ttl.fi/tavoitetasot). Nämä voivat ylittyä monissa metallinkierrätyksen vaiheissa.

Riskinhallinta

Tehokas pölyntorjunta vähentää altistumista myös haitallisille metalleille. Pölyaltistumisen hallintaan on kiinnitettävä huomiota myös ulkona tehtävissä työvaiheissa. Työkoneiden on syytä olla hytillisiä.

Murskaimella on syytä olla kohdepoisto tai huuva tai se on eristettävä muusta työtilasta, ja tilassa on oltava ilmastointi. Ilmastoinnin suodattimet on huollettava ja vaihdettava säännöllisesti. Sama koskee sulatusta, jossa uunit on syytä koteloida tai varustaa tehokkailla kohdepoistoilla.

Myös tilassa, jossa tehdään polttoleikkausta, on oltava riittävä ilmastointi. Mikäli mahdollista työ on syytä tehdä kohdepoistoin varustetulla polttopöydällä, savunmuodostusta voi vähentää vesitekniikoilla (ks. www.ttl.fi/kamat => Terminen leikkaus). Yleensä myös hengityssuojaimet ovat tarpeen ja ne tulee valita riskinarvioinnin perusteella. Erityishuomiota tulee kiinnittää tilanteisiin, joissa joudutaan polttoleikkaamaan maalattuja materiaaleja.

Työpisteet on hyvä siivota säännöllisesti. Kuivaharjauksen sijaan on suositeltavaa käyttää imurointia, jolloin pölyä ei nouse ilmaan.

Mikäli työssä joudutaan käyttämään hengityksensuojainta yli kaksi tuntia työpäivän aikana, se on suositeltavaa varustaa puhaltimella.

Mikäli joudutaan tekemään lajittelua käsin, metallien ihoaltistumisen estämiseksi on käytettävä suojakäsineitä. Vaikka metallit eivät helposti imeydy ihon läpi, kontaminoituneista käsistä ne voivat joutua suuhun ja sitä kautta elimistöön. Tästä syystä henkilökohtainen hygienia on tärkeää. Työpaikalla on hyvä laatia hygieniaohjeistus esimerkiksi käsien pesusta ennen tupakointia tai ruokailua.

Koska eri työvaiheissa syntyy myös melua, on meluallistumiseen ja kuulosuojainten käyttöön työpaikalla kiinnitettävä huomiota. Myös tapaturmavaarat tulee huomioida liittyen esimerkiksi liikenteeseen, materiaalien nostoihin trukilla jne.

Metalleille altistumista on suositeltavaa seurata biomonitoroinneilla; erityisesti lyijyaltistumista on syytä seurata, mutta käsiteltävistä materiaaleista riippuen myös muita metalleja. Alumiinin kierrätyksessä, erityisesti sulatuksessa tai polttoleikkaukseen liittyen on syytä seurata elimistöön herkästi kertyvää alumiinia. Jos tehdään paljon ruostumattoman teräksen polttoleikkausta, kromi ja nikkelpitoisuuksia voi seurata biomonitoroinnin.

Työnantajan on ilmoitettava ammatissaan syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille merkittävästi alistuvat työntekijät ASA-rekisteriin. Raskaana olevan ei tule altistua syöpävaarallisille ja lisääntymisriskille vaarallisille altisteille, kuten esimerkiksi lyijylle, kuumenarvoiselle kromille ja nikkelille.

Säteilylähteet

Yksi potentiaalinen riski metallin kierrätykseen liittyy mahdollisiin säteilylähteisiin, joita saattaa olla keräysmetallin mukana. Tästä syystä modernit kierrätysmetallin vastaanottopisteet onkin varustettu säteilyportein, jolloin säteilylähteet saadaan tunnistettua. Tähän

liittyen tulee luonnollisesti olla myös toimintaohjeet liittyen siihen, miten toimitaan hälytyksen sattuessa. Suljettu säteilylähde ei kuitenkaan välttämättä paljastu säteilymonitorein, minkä osoittaa vuonna 2012 Tornion terästehtaalla sattunut tapaus, jossa amerikum-lähde joutui terässulattoon ja sulaton työntekijöitä altistui pienelle määrälle säteilyä. UK:ssa on HSE:llä ohje liittyen radioaktiivisten lähteiden aiheuttamien riskien hallintaan: <http://www.hse.gov.uk/waste/radioactive-contamination.htm>

6 MUOVIT

- Jätemuovin uudelleenkäyttö materiaalina on lisääntymässä. Pääosa tällä hetkellä kierrätettävästä muovista on erilaisia pakkausmuoveja. Myös rakennusteollisuus tuottaa paljon muovijätettä. Edelleen on kuitenkin isoja muovijakeita (kuten PVC), joiden kierrätykseen ei ole teknistaloudellisesti järkevää ratkaisua tällä hetkellä.
- Erityisesti kotitalouksien pakkasjätteen muovi on usein kontaminoitunutta biologisella materiaalilla ja sitä käsiteltäessä voi altistua orgaaniselle pölylle, mikrobeille ja endotoksiineille. Sulatyöstövaiheissa altistutaan VOC-emissioille ja partikkeleille.
- Riskinhallintakeinoina toimivat pölyn hallintatoimet ja sulatyöstövaiheissa kohdepoistot VOC-emissioiden minimoimiseksi. Tarvittaessa on käytettävä hengityksensuojaimia.

Muovien kierrätyksen nykytilannetta Suomessa on tarkasteltu laajalti ns. ARVI-tutkimusohjelmassa (www.syke.fi/hankkeet/arvi). Muovin kierrätykseen on viime vuosina kiinnitetty erityisesti huomiota jätemuovien aiheuttamien ympäristöhaittojen (ympäristön roskaantumisen, vesistöjen mikromuovit) takia. Vuonna 2015 laadittiin Pohjoismainen yhteenveto muovien kierrätyksen tilanteesta ja vastikään on julkaistu pohjoismainen ohjelma, jonka tarkoituksena on vähentää jätemuovien ympäristövaikutuksia (Nordic Council of Ministers, 2017, Nordic programme to reduce the environmental impact of plastic).

Euroopan tasolla tällä hetkellä n. 30 % muovista päätyy kierrätykseen, energiakäyttöön päätyy 40 % ja kaatopaikoille n. 30 % (Plastics - the Facts 2016, www.plasticseurope.org). Suomessa muovista valtaosa päätyy edelleen energiakäyttöön, mutta yleisesti ottaen hyödyntäminen materiaalina on kasvussa koko Euroopassa (SYKE, 2016; Plastics – the Facts, 2016). Pääosa muovijätteestä tulee erilaisten tuotteiden pakkausmuoveista kotitalouksista ja yrityksistä. Rakennusteollisuus on toiseksi suurin muovijätteen tuottaja. Pakkausmuovi on pitkälti HDPE-, LDPE- ja erilaisia monikerroskalvomuoveja. Rakennusteollisuuden jätteestä jopa puolet on PVC-muovia, jota ei tällä hetkellä Suomessa hyödynnetä, lopuista valtaosa on polystyreeniä tai polyuretaania. SER-jätteestä löytyy polypropyleeni, polykarbonaatti ja ABS (akrylyylinitriili-butadieeni-styreeni)-muoveja (SYKE, 2016).

Muovien kierrätyksen vaiheet ovat paalaus, kuljetus, paalin purku, erottelu (käsini-erottelu, tiheyteen perustuvat erottelumenetelmät tai esim. infrapunaan perustuva NIR-erottelu), pesu ja pelletointi. Lopputuotteena syntyy uusiomuovipellettejä, joista voidaan sitten muovata uusia muovituotteita. Käsittelyvaiheet saattavat vaihdella muovilaadun mukaan, esim. kaikissa tapauksissa paalausta ei välttämättä tehdä.

6.1 Altistuminen

Pakkausjätemuovin, erityisesti kotitalouksista peräisin olevan muovin haasteena sen monimuotoisuus ja likaisuus. Pesemätön muovituote tarjoaa oivan kasvualustan mikrobeille. Työntekijöiden altistumista muovien kierrätyksessä on selvitetty esimerkiksi Saksassa BaUA:n toimesta (Hebisch & Linsel, 2012). Tutkimuksessa nousi esille erityisesti pöly-, mikrobi- ja endotoksiinialtistuminen. Hengittävälle pölylle altistuminen oli merkittävintä sekoutusvaiheessa valmistettaessa uusiomuovipellettejä ja lisättäessä jauhemaisessa muodossa olevia lisäaineita. Dieselpakokaasualtistumista tapahtui käytettäessä dieseltrukkeja sisällä.

Vastaavia tuloksia on saatu myös kotimaassa Itä-Suomen yliopiston tutkimuksissa (Hartikainen ym., 2017 suullinen tiedonanto). Myös näissä tutkimuksissa havaittiin kohonneita endotoksiinipitoisuuksia lajittelu ja pesuvaiheissa. Ekstruusio- ja granulointivaiheissa havaittiin kohonneita VOC- ja hienojakoisten partikkeleiden pitoisuuksia.

Mitä tulee muovien lisäaineille altistumiseen TTL:n ja UEFin tutkimuksissa SER-romun kierrätyksessä (Rosenberg ym. 2010; Mäkinen ym. 2009) havaittiin mitattavia palonestoaine- ja ftalaattipitoisuuksia, mutta ftalaattipitoisuudet olivat kuitenkin pieniä verrattaessa ole-massa oleviin ohje-arvoihin (työhygieeniset raja-arvot ja uudemmat, REACH-asetuksen puitteissa asetetut DNEL-arvot). Vaikka ftalaatteja on mitattu myös kotitalousjätteen muoveista, altistuminen niille on kuitenkin merkittävintä PVC-muovin valmistuksessa, jossa voidaan käsitellä puhtaita ftalaatteja. TTL:n ftalaattialtistumista koskevissa tutkimuksissa työperäinen altistuminen pidempään käytössä olleille ftalaateille (joita on havaittavissa myös työssään altistumattoman väestön näytteissä) ei nostanut virtsan ftalaattipitoisuuksia selkeästi yli väestön taustapitoisuuksien muovituotteiden valmistuksessa ja rakennuspurku-töissä (Porras ym., 2016). Mikäli pehmitettyä PVC:tä aletaan kierrättämään laajemmin myös Suomessa, ftalaattialtistumista on kuitenkin syytä selvittää. On huomioitava, että vaarallisimmat, lisääntymismyrkylliset ftalaatit ovat nykyään luvanvaraisia EU:ssa, eikä niitä saa käyttää ilman lupaa komissiolta. REACH:n lupamenettelyn mukainen määräaikainen lupa on EU:ssa haettu vain dietyyliheksyyliftalaattia (DEHP:tä) sisältävän kierrätys-PVC-muovin valmistukselle ja käytölle. Tätä ei kuitenkaan tiettävästi tehdä Suomessa. Ftalaattien lisäksi polykarbonaattimuovien bisfenoli A on herättänyt huolta hormonitoimintaa häiritsevien vaikutustensa takia. Vaikka mittaustietoa altistumisesta PC-muovin kierrätyksessä ei ole julkaistu, TTL:n tutkimusten mukaan merkittävin työperäinen altistuminen tulee tehtävistä, jossa käsitellään puhdasta BPA:ta ja kuten ftalaattien kohdalla, matalatasoinen työperäinen altistuminen PC-muovituotteiden käsittelyssä ei todennäköisesti pysty nostamaan virtsan BPA-pitoisuuksia merkittävästi yli väestön taustapitoisuuksien ellei muovia työestetä esim. kuumentamalla tai siten, että muodostuu merkittävästi hienojakoista hengittyvää pölyä.

6.2 Riskinhallinta

Ilmanvaihdon on oltava tehokas tiloissa, joissa avataan muovijätepaaleja ja murskataan jätemuoveja. Paalaimesta tai murskaimesta vapautuvan pölyn hallinta voidaan tehdä kohdepoistolla tai eristämällä paalain. Paalit säilytetään hyvin ilmastoiduissa halleissa tai ulkona

Käsinlajittelua ei tule tehdä, eikä sitä Suomessa tehdäkään kuin tutkimus- ja laaduntarkkailu mielessä. Tällöin henkilökohtainen suojautuminen suojavaatetuksella ja pölysuodattimella varustetuin hengityksensuojaimin on tarpeen.

Sulatyöstövaiheissa (ekstruusio ja ruiskuvalu) on syytä olla kohdepoistot ja tarvittaessa käytettävä hengityksensuojaimia.

Dieseltrukkeja ja muita dieselkäyttöisiä työkoneita käytettäessä erityisesti sisätiloissa on ne syytä olla varustettuna hiukkassuodattimilla.

7 PAPERIT, PAHVIT JA KARTONGIT

- Kuitujätteen kierrätysaste on Suomessa korkea.
- Paperia, pahvia ja kartonkia käsiteltäessä voi altistua orgaaniselle pölylle, mikrobeille ja endotoksiineille.
- Riskinhallintakeinoina toimivat pölyn hallintatoimet.

Paperin, pahvin ja kartongin kierrättämisellä on jo pitkä historia ja käytännöt ovat vakiintuneita. Paperin, pahvin ja kartongin kierrätysaste on lähellä 100 %.

Kuitujäte koostuu paperin, pahvin ja kartongin jätteestä. Ne on valmistettu alun perin puukuiduista. Kuitujätteen kierrätyksessä voidaan erotella kuidut toisistaan ja hyödyntää materiaali kuituina. Kuitumaiselle materiaalille on monia käyttökohteita, kuten kierrätys uusiopaperiksi tai -kartongiksi tai hylsyjen raaka-aineeksi.

Kuitumateriaali kerätään mahdollisimman puhtaina jakeina kotitalouksista ja suoraan esimerkiksi kaupan alalta ja teollisuudesta. Paperi kerätään omiin keräysastioihin. Kuitupakkaukset kerätään jäteautoilla, joissa puristetaan ilma pois. Syväkeräysastioista kuitupakkaukset viedään lähellä sijaitsevalle tuottajayhteisön asemalle, jossa ne paalataan jatkokuljetusta varten. Paalit siirtokuljetetaan suuremmissa erissä jatkokäsittelyyn. (Rissanen 2016.)

Jatkokäsittelyssä materiaali hajotetaan yleensä kemiallisesti, jotta kuidut saadaan erilleen toisistaan. Nämä prosessit ja niissä käytetyt kemikaalit ovat yleensä perinteisiä ja hyvin tunnettuja. (Hebisch & Linsel 2012.)

7.1 Altistuminen

Ennen kuitumateriaalin jatkokäsittelyä siitä voi irrota pölyä. Kosteusvaurioituneessa kuitumateriaalissa voi olla mikrobeja, tosin tällainen materiaali ei yleensä päädy jatkokäsittelyyn vaan ohjataan energiahyödyntämiseen. (Hebisch & Linsel 2012.)

Kartongin käsittelyssä vapautuneen orgaanisen pölyn määrä on Työterveyslaitoksen tietokannasta tehdyn haun perusteella pienehkö. Hengitysvyöhykenäytteiden perusteella työntekijä altistui keskimääräisesti kohtalaiselle pölypitoisuudelle (15 % HTP_{8h}-arvosta). Kiinteissä mittauspisteissä keskimääräinen pölypitoisuus jäi alle 10 % HTP_{8h}-arvosta. Tietokantahaussa ei ollut eritelty kartongin käsittelyn ja kierrätyksen työtehtäviä. (Rissanen 2016.)

Käsiteltäessä tyhjiä voimapaperista valmistettuja säkkejä niistä voi vapautua varastoidun materiaalin jäämiä, kuten sementtiä. Säkkejä paalattaessa ilmaan voi vapautua pölypilviä.

Lisäksi työntekijät voivat altistua kuitumateriaalin käsittelyssä dieselkäyttöisten trukkien diesel-pakokaasuille, mikäli trukissa ei ole hiukkassuodattimia. (Hebisch & Linsel 2012.)

Likaista tai biologisesti saastunutta kuitumateriaalia käsiteltäessä työntekijät voivat altistua biologisille altisteille, kuten sieni-itiöille, bakteereille ja endotoksiineille. Toisinaan kierrätettävän materiaalin sekaan on voinut jäädä esimerkiksi ruoantähteitä. Tällöin lajittelukopissa on mitattu teknisen raja-arvon (5×10^4 CFU/m³) ylittäneitä sieni-itiöiden pitoisuuksia. Myös endotoksiinien pitoisuudet ovat olleet moninkertaisia hollantilaiseen raja-arvoon (90 EU/m³) verrattuna. (Hebisch & Linsel 2012.)

7.2 Riskinhallinta

Kuitumateriaalin käsittelyn riskinhallinnassa tärkeintä on pölyn hallinta. Ympäristöluvan niin salliessa kuitumateriaalia käsitellään avohalleissa ja säilytetään paalattuina halleissa tai ulkona. Siten ilman pölypitoisuudet laimenevat ja koneellista ilmanvaihtoa ei ole kustannustehokasta rakentaa. Paalaimesta tai murskaimesta vapautuvan pölyn hallinta voidaan tehdä kohdepoistolla tai eristämällä paalain. Paalausta tai murskausta ei välttämättä tehdä koko työvuoroa, vaan pölyaltistuminen jää työpäivän aikana lyhytaikaiseksi. (Rissanen 2016.)

Dieselkäyttöiset työkonemat on varustettava hiukkassuodattimilla, jotta työkonemien hyttien ilma pysyy mahdollisimman puhtaana. Tyhjien säkkien käsittelyssä paalausta ja puristusta on syytä välttää pölyn vapautumisen estämiseksi. Paineilman käyttöä on myös vältettävä. Siivouksessa on suositeltavaa käyttää pölynimuria. Kuitumateriaalin käsittelyssä käytetyt tilat on varustettava ilmanvaihdolla. (Hebisch & Linsel 2012.)

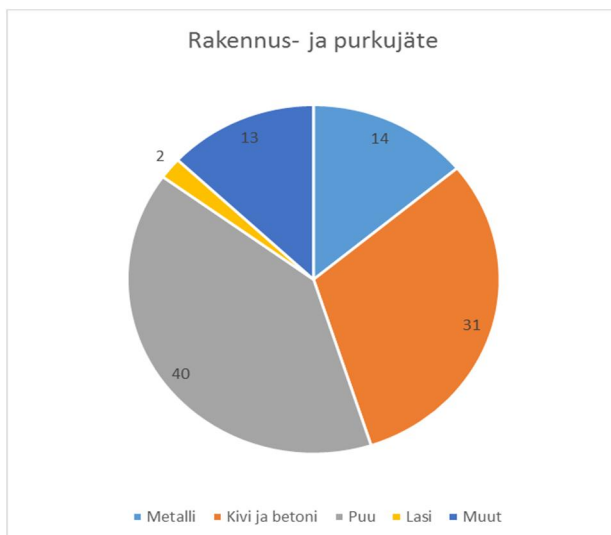
Tarvittaessa voidaan käyttää hengityksensuojainta pölylle altistumisen vähentämiseen, mikäli pölyn hallintaa ei saada riittävästi tehtyä teknisin toimenpitein. Myös silmien suojaus on tärkeää. (Rissanen 2016.)

8 RAKENNUSJÄTE

- Uudisrakentamisessa yli jäävät materiaalit pyritään lajittelemaan hyvin ja tarvittaessa palauttamaan takaisin tuotteen toimittajalle.
- Betonista valmistetaan pääasiassa uusiobetonia.
- Puhdas muovi voidaan kierrättää.
- Rakentamisen puujäte ohjataan yleensä energiahyödyntämiseen.
- Rakennussekajäte lajitellaan polttokelpoiseen ja palamattomaan jakeeseen.

Rakennus- ja purkujätteen kierrätystä käsitellään tässä julkaisussa erillisinä osioina (luvut 7 ja 8), sillä rakennusjäte on yleensä melko puhdasta, uudisrakentamisessa yli jäänyttä materiaalia, jonka koostumus ja materiaalien alkuperä tunnetaan. Sen lajittelu syntypaikalla on helpompaa kuin purkujätteen. Purkujätteen koostumus voi vaihdella suuresti, riippuen mm. purettavan kohteen iästä, ja se voi olla tuntematonta ja sekalaista materiaalia. Lisäksi purkujäte voi olla kosteusvaurioitunutta ja sisältää materiaaleja, joiden käyttö on nykyään kiellettyä, kuten asbestia.

Rakennus- ja purkujätettä syntyy Suomessa vuosittain yli kaksi miljoonaa tonnia. Tämän lisäksi tulevat rakentamisen maamassat. Rakennus- ja purkujätteen jakeiden osuudet on esitetty kaaviossa 1. Talonrakentamisen jätteistä 57 % syntyy korjaustyömailla, 27 % rakennuksia purettaessa ja loput uudisrakentamisessa. Uudisrakentamisessa jätteiden määrä on pienentynyt materiaalihokkaiden toimintatapojen vuoksi. Rakennus- ja purkujättemäärien ennustetaan kuitenkin kasvavan sodan jälkeisen rakennuskannan korjaamisen sekä energiatehokkuusvaatimusten kiristymisen seurauksena. (Peuranen & Hakaste 2014.)



Kaavio 1. Rakennus- ja purkujätteen jakeiden osuudet.

EU:n jätedirektiivissä (2008/98/EY) on vaarattomalle rakennus- ja purkujätteelle asetettu vähintään 70 % kierrätysvelvoite materiaalina tai uudelleenkäytettävänä vuoteen 2020 mennessä. Jätedirektiivi velvoittaa myös jäsenmaita seuraamaan rakennusjätteiden määrää entistä tarkemmin.

Valtioneuvoston päätös rakennusjätteistä (295/1997) on jo vuoden 1998 alusta velvoittanut lajittelemaan betoni-, tiili-, kivennäislaatta-, keramiikka- ja kipsijätteet, kyllästämättömät puujätteet, metallijätteet sekä maa-aines-, kiviaines- ja ruoppausjätteet. Lisäksi rakennusjätteen haltijan on huolehdittava rakennusjätteen hyödyntämisestä, jos se on teknisesti mahdollista eikä siitä aiheudu kohtuuttomia lisäkustannuksia.

8.1 Altistuminen

Betoni

Betonista erotellaan ylimääräinen materiaali, kuten rauta, tiilet, hiekka ja eristeet. Kierrätettävästä betonista valmistettua mursketta voidaan käyttää uusiobetonin valmistukseen. Betonimursketta käytetään yhä enenevässä määrin rakentamisessa maa-aineen korvaajana.

Betonista vapautuvia altisteita ovat epäorgaaninen pöly ja kvartsi, jolle altistumisen vähentämiseen on erityisesti kiinnitettävä huomiota. Betonissa voi olla myös pieniä määriä polykloorattuja bifenyylejä (PCB-yhdisteitä) sekä polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä (PAH-yhdisteitä).

Metallit

Rakennusjätteenä metallinkeräykseen lajitellaan esimerkiksi tyhjät maalipurkit, pelti, nauhat, paljon metallia sisältävät sähköjohdot sekä metallikappaleet (Työtehoseura 2012). Metallin kierrätyksen altisteista ja riskinhallinnasta on kirjoitettu tarkemmin luvussa 4.

Muovit

Rakennusjätteen sisältämä pakkausmuovi on yleensä kierrätettävissä muovin kierrätykseen erikoistuneilla laitoksilla, sillä muovi on usein puhdasta. Muovin kierrätys on esitetty tarkemmin luvussa 5. Rakentamisessa likaantunut muovijäte, kuten lattiarakenteiden tai eristeiden jäte, ohjataan energiahyödyntämiseen. Ftalaatteja sisältävää PVC-muovia käytetään rakentamisessa. PVC-muovin kierrättämiseen ei ole Suomessa vielä teknis-taloudellisesti kannattavia ratkaisuja.

Puujäte

Suomessa rakentamisen jätteessä on perinteisesti ollut paljon puuperäistä jätettä, jonka kierrättämiseen olisi kehitettävä uusia menetelmiä. Puujätettä hyödynnetään Suomessa

yleisesti energiana. Puun kierrätyksen ja uudelleen käytön astetta on nostettava, että sää-
vutetaan rakennus- ja purkujätteen materiaalihyödyntämisen tavoite 70 %. Rakennus- ja
purkujätettä kierrätetään Suomessa 26 % (2013). (Peuranen & Hakaste 2014.)

Puujätettä käsiteltäessä altistutaan puupölylle, terpeeneille sekä mikrobeille.

Rakennussekajäte

Rakennussekajäte koostuu erilaisista uudisrakentamisen jätteistä, jotka voidaan jakaa vielä
polttokelpoiseen ja palamattomaan jakeeseen. Rakennussekajätteestä on yleensä lajiteltu
pois vähintään puujäte, metallit, kipsilevyt ja muovit. Rakennussekajätteessä on esimerkiksi
pieniä määriä laastijäämiä, lattiamateriaaleja, tapettia, sähkökaapeliä, puuta, pah-
via, pakkausmateriaaleja ja eristeitä. (Työtehoseura 2012.) Osa materiaaleista voi olla li-
kaantunutta, esimerkiksi sisäkohteiden rakennuksessa suojaukseen käytetyssä pahvissa
voi olla laastijäämiä.

Sekalaista rakennusjätettä voidaan lajitella mekaanisesti murskaamalla, seulomalla, tuu-
lierottimilla, ilmaluokittimilla tai magneetti- tai pyörrevirtaerotuksella. NIR-spektrometriaa
voidaan käyttää eri materiaalien tunnistamiseen. Lajittelurobotteja voidaan käyttää jätevir-
ran reaaliaikaiseen analysointiin hyödyntäen erilaisia optisia menetelmiä (näkyvä valo, NIR,
3D laser).

Rakennussekajätteen altisteita ovat esimerkiksi pöly ja kvartsi. Uusien kalusteiden suoja-
muoveista voi vapautua haihtuvia orgaanisia yhdisteitä sekä formaldehydiä. Rakennus-
sekajätettä varastoidaan työmaalla lyhyen aikaa, joten altistumisaika jää myös yleensä lyhy-
eksi.

8.2 Riskinhallinta

Uudisrakennuksilla jätteiden hallinnan merkittävimmät riskit liittyvät tapaturmavaaroihin.
Tapaturmia voidaan estää mm. pitämällä työympäristö järjestyksessä ja siistinä, huolelli-
sella perehdyttämällä, työtavoilla ja -menetelmillä, kiireen poistamisella sekä käyttämällä
henkilönsuojaimia.

Rakennussekajätteen käsittelyssä on tapaturmavaarojen lisäksi huomioitava ilman epä-
puhtauksille, erityisesti pölylle altistumisen estäminen. Rakennussekajätteen koneellisessa
lajittelussa työkoneet on varustettava ilmansuodattimin ja suodattimet on vaihdettava riit-
tävän usein, työkoneiden ovet ja ikkunat on pidettävä suljettuina ja työkoneisiin on men-
tävä puhtaassa tilassa. Käsien lajitellessa on käytettävä riittäviä henkilönsuojaimia ja huoleh-
dittava myös tapaturmavaaroilta suojautuminen.

9 PURKUJÄTE

- Purkujäte voi sisältää tuntematonta materiaalia.
- Purkujättemateriaali voi olla sekalaista ja paikoin likaista.
- Ennen purkamista kohteessa on tehtävä haitta-ainekartoitus.
- Purkumateriaali on pyrittävä lajittelemaan purkutyömaalla.
- Sekalainen purkujäte voidaan käsitellä koneellisesti lajittelulaitoksissa.
- Kosteusvaurioituneessa materiaalissa on mikrobeja ja endotoksiineja.
- Kvartsille altistumiseen on erityisesti kiinnitettävä huomiota.
- Henkilönsuojainten käyttö purkutyömaalla on tärkeää.

Purkujäte voi olla tuntematonta, sekalaista jätettä. Mahdollisuuksien mukaan purkujätteen sisältämät jakeet on lajiteltava puhtaiksi jakeiksi, jolloin niiden hyödyntäminen on helpompaa ja taloudelliseksi kannattavampaa. Rakennusten purkutyö on Työterveyslaitoksen tutkimuksen mukaan kymmenen merkittävimmän työpaikoilla kemiallisille tekijöille altistavan riskityön tai -ammatin joukossa. Erityisesti kvartsille ja asbestille altistuminen on ollut merkittävää rakennusten purkutyössä. (Louhelainen et al. 2017.)

9.1 Altistuminen

Asbesti

Asbesti on aikaisemmin laajasti käytössä ollut eristemateriaali, joka koostuu pienikokoisista asbestikuiduista. Asbesti on terveydelle vaarallista ja voi aiheuttaa asbestoosia, keuhkosyöpää tai keuhkopussin tai vatsaontelon syöpää. Työsuojeluviranomainen luvittaa asbestin purkutyötä. Asbestijäte kerätään ja kuljetetaan käsittelyyn erillään muista jätteistä. Jätteen kuljetus tehdään tiiviisti suljetuissa kestävissä pakkauksissa, joissa on merkintä asbestijätteestä. Asbestijäte viedään kaatopaikalla sille varattuun paikkaan, jossa se peitetään välittömästi.

Betoni

Betoni lajitellaan siten, ettei se sisällä ylimääräistä materiaalia, kuten raudoitusta. Kierrätettävä betoni murskataan ja mursketta voidaan käyttää uusiobetonin valmistukseen. Pääasiassa uusiobetoni on käsitelty siten, että se on teknisiltä ja ympäristövaikutuksiltaan sopivaa käytettäväksi täyttömaana. Lisäksi betonimursketta on voitu käyttää rakentamisessa maa-aineen korvaajana.

Betonista vapautuvia altisteita ovat epäorgaaninen pöly ja kvartsi. Kvartsialtistuksen vähentämiseen on erityisesti kiinnitettävä huomiota. Betonissa voi olla myös pieniä määriä polykloorattuja bifenyylejä (PCB-yhdisteitä) sekä polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä (PAH-

yhdisteitä). Lisäksi betoninäytteistä on löydetty seleeniä, kromia, sulfaattia ja antimonia, joiden pitoisuudet olivat merkittävämpiä kuin betonin sisältämien PCB- ja PAH-yhdisteiden pitoisuudet. (Butera et al. 2014.)

Eristevillat (lämmöneristeet)

Usein lämmöneristeet voidaan kierrättää, mikäli niissä ei ole kosteusvaurioita. Käytettyä puhallusvillaä voidaan käyttää eristeenä toisessa kohteessa tai pakata ja käyttää myöhemmin. Uusiopuhallusvillaä valmistetaan teollisuustuotannon ylimääräisistä villaeristä, kuten leikkauskaistoista. Puhallusvilla voi sisältää booria.

Ekovilla valmistetaan pääosin kierrätetystä puukuidusta. Se voidaan käyttää uudelleen sellaisenaan esimerkiksi eristeenä. Mikäli ekovillaä ei voida käyttää enää uudelleen, siitä voidaan tuottaa energiaa polttamalla muun polttoaineen lisänä tai laimentaa sitä maanparannusaineeksi.

Lasivilla valmistetaan jätelasista. Lasivillan valmistuksessa voidaan käyttää myös lasin raaka-aineita, kuten kvartsihiekkää, soodaa ja kalkkikiveä. Lasivillan käytölle on etsitty teknis-taloudellisesti kannattavia ratkaisuja, mutta se on todettu hankalasti kierrätettäväksi materiaaliksi.

Eristevillasta vapautuvia altisteita ovat kuidut, kvartsi, epäorgaaninen tai orgaaninen pöly, boori ja kosteusvaurioituneista eristevilloista mikrobit.

Kartonki

Puhtaan kartongin ja muiden kuitumateriaalien kierrätyksestä on kerrottu tarkemmin luvussa 6.

Kattohuopa

Kattohuovan sisältämä bitumi voidaan kierrättää asfaltin raaka-aineeksi. Purettu kattohuopa kerätään Suomessa keskitetysti ja kuljetetaan käsiteltäväksi. Kerätty kattohuopa lajitellaan ja murskataan. Muodostuneella bitumirouheella voidaan korvata noin puolet öljypohjaisen bitumin käytöstä asfaltin valmistuksessa.

Kattohuovan käsittelyssä voi altistua aromaattisille hiilivedyille, raskasmetalleille ja haihtuville orgaanisille yhdisteille (VOC). Lisäksi on huomioitava, että kattohuopien alla vanhimmissa kerroksissa saattaa olla käytetty asbestia, joka vaikeuttaa kattohuopamateriaalin hyötykäyttöä ja on myös syöpävaarallista.

Keramiikka, laatat ja tiili

Kiviainesperäinen materiaali kerätään erikseen. Keraamista materiaalia voidaan käyttää esimerkiksi tiilien valmistuksessa. Tällöin keraaminen materiaali jauhetaan hienoksi. Muodostunutta jauhetta käytetään tiilien valmistusaineena.

Keramiikan, laattojen ja tiilien murskauksessa ja jauhatuksessa ilmaan voi vapautua pölyä sekä laattojen ja tiilien sisältämää kvartssia. Myös talkkia ja erilaisia kuituja voi vapautua.

Kipsilevyt

Kipsilevystä vapautuvia altisteita ovat kipsipöly sekä kosteusvaurioituneista levyistä vapautuvat mikrobit. Puhdasta kipsilevyä kerätään Suomessa. Kipsijätteessä ei saa olla maalia, tapettia tai muuta pintakäsittelyä. Jätteen seassa ei saa olla epäpuhtauksia tai muita rakennusmateriaaleja. Sadevesi tai lumi eivät ole haitallisia, mutta kipsijäte ei saa olla esimerkiksi rapakossa kastunutta. Kierrätettävää kipsilevyjätettä voidaan käyttää osana uusien kipsilevyjen valmistusta.

Lasi

Purkujätteen sisältämästä lasista voi kierrätyksessä vapautua epäorgaanista pölyä, joka voi sisältää kvartssia. Lasin kierrätyksestä on kirjoitettu tarkemmin luvussa 3.

Lastulevyt

Lastulevyt voidaan käyttää uudelleen tai hävittää ympäristöviranomaisten ohjeiden mukaan. Lastulevyt valmistetaan puristamalla puulastuista ja liimasta (yleensä ureaformaldehydiliima). Suomessa lastulevyjen valmistuksessa ei käytetä kierrätyspuuta tai niitä ei pääasiassa kierrätetä, sillä saatavilla on runsaasti edullista, neitseellistä puumateriaalia lastulevyjen valmistukseen. Purkujätteen sisältämästä lastulevystä voi vapautua puupölyä sekä mahdollisesti mikrobeja ja formaldehydiä.

Maa- ja kiviaines

Kaivettu maa-aines ei ole jätettä, jos

1. sen sisältämät haitta-ainepitoisuudet eivät aiheuta ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa (maa-aines on pilaantumaton, ei kuitenkaan "puhdasta")
2. sen jatkokäyttö on varmaa
3. sen jatkokäyttö on suunnitelmallista
4. se voidaan jatkokäyttää sellaisenaan ilman muuntamistoimia.

Ympäristöministeriö ja Suomen ympäristökeskus tekivät MASA-hankkeessa (2015-2016) taustaselvityksen maa-ainejätteiden hyödyntämistä koskevan valtioneuvoston asetuksen antamiseksi. Tavoitteena on edistää rakentamisesta tulevan maa-aineksen hyödyntämistä maanrakennuskohteissa.

Metalli

Metalli on syntypaikkalajiteltava jo purkutyökohteessa. Keräysmetalli sulatetaan ja käytetään uusien tuotteiden raaka-aineena. Suomessa valmistettujen metallituotteiden raaka-

aineesta noin puolet on kierrätysmateriaalia. Metallin kierrätyksestä on tarkemmin kerrottu luvussa 4.

Muovi

Muovin kierrätys on esitelty tarkemmin luvussa 5. Syntypaikkalajiteltu, puhdas muovi voidaan kierrättää muovin kierrätykseen erikoistuneilla laitoksella huomioiden mm. muovin sisältämät kemikaalit, ftalaatit ym. Purkujätteessä saattaa usein olla kontaminoitunutta muovia, joka voidaan hyödyntää energiana. Purkujätteen sisältämän muovin kierrättäminen on haasteellisempaa kuin esimerkiksi erilliskerätyn muovipakkausjätteen sisältämän muovin kierrättäminen, sillä purkujätteen muovi voi sisältää vanhoja, jo käytöstä poistuneita vaarallisia kemikaaleja.

Muovimattoja poistaneen rakennusmiehen altistuminen työssään DEHP:lle (di(2-etyyliheksyyli)ftalaatti) on tutkimuksen mukaan mahdollista. Samaisessa tutkimuksessa rakennusmiesten biomonitointinäytteistä ei löydetty vertailuväestöstä poikkeavaa altistumista muille ftalaateille. (Porras et al. 2016.)

Purkusekajäte

Purkusekajäte on lajittelematonta, sekalaista purkujätettä. Sen koostumus voi vaihdella huomattavasti eikä sen sisällöstä ole aina tietoa.

Lajittelevaa purkua varten tarvittavien lavojen mahtuminen purettavan kohteen piha-alueelle voi olla haastavaa varsinkin tiiviillä kaupunkialueella. Tällöin suurin osa purkujätteestä saatetaan kerätä samalle, purkusekajätteen lavalle, joka toimitetaan koneelliseen laitoskäsittelyyn. Yleensä purkusekajätteestä on eroteltu pois vähintään puhdas betoni ja tiili.

Puu (kyllästetty)

Puun painekyllästämiseen on aikaisemmin käytetty kuparia, kromia ja arseenia (CCA) sisältäviä kyllästysaineita. Nykyään painekyllästykseen käytetään kuparia tai kuparin ja kromin yhdistelmää sisältäviä kyllästysliuoksia. Vanhoja rakenteita purettaessa on huomioitava, että suuri osa Suomessa olevasta kyllästetystä puusta on yhä CCA-aineilla kyllästettyä.

Puu (kyllästämätön)

Purkupuu voi sisältää kosteus- tai homevaurioita tai muita epäpuhtauksia. Huonolaatuisen puujätteen uudelleen käyttö on hankalaa ihmisten turvallisuuden ja terveyden kannalta. Hyvälaatuista, materiaali kierrätykseen kelpaavaa puujätettä on tarkoitus lajitella erilleen ja hyödyntää mahdollisuuksien mukaan materiaalina. Perinteisesti hyväkuntonkin puujäte on ohjattu energiahyödyntämiseen. Hyväkuntonkin puujätteen materiaalivirrat eivät välttämättä ole riittäviä. Onkin ehdotettu puujätteelle laatuluokitusta, jossa A- ja B-luokat tarkoittavat biopolttoaineita, C-luokka kierrätyspolttoainetta ja D-luokka vaarallista jätettä.

Tämän laatuluokituksen käyttö edistäisi puujätteen kierrätystä. (Peuranen & Hakaste 2014.)

Mekaanisia epäpuhtauksia sisältävä A- ja B-luokan puujäte sopii puumuovikomposiitin raaka-aineeksi testattuja menetelmiä käyttäen (Myller 2015). Puusta voi käsittelyvaiheissa vapautua puupölyn ja mikrobien lisäksi kuituja sekä tuoreesta puusta terpeeneitä.

Styroksi

Styroksi koostuu polystyreenimuovista (solupolystyreeni). Yritykset voivat yleensä toimittaa puhtaan styroksin veloituksetta kierrätettäväksi edelleen. Kierrätyksessä styroksista voi vapautua polystyreenin lisäksi hienopölyä. HBCD-palonestoaineita sisältävät EPS- ja XPS-polystyreenieristeet tulee hävittää polttamalla eikä niitä saa kierrättää. Tämä Tukholman sopimuksen velvoite ovat voimassa POP-asetuksella (EY) 850/2004 Euroopan Unionissa.

Sähköjohdot ym.

Sähkö- ja elektroniikkalaitteiden, kuten kaapeleiden ja sähköjohtojen, kierrätyksestä on kerrottu tarkemmin luvussa 10.

9.2 Riskinhallinta

Purkujätteen käsittelyssä voidaan altistua varsinkin mikrobeille ja endotoksiineille sekä käsinlajittelussa että koneella työskennellessä. Usein torjuntatoimenpiteet ovat välttämättömiä riskien pienentämiseksi. Seuraavassa on esitetty purkujätteen lajittelussa ja hyödyntämisessä vapautuvien ilman epäpuhtauksien riskinhallinnan keinoja.

Tekniset torjuntakeinot, kuten koneellinen ilmanvaihto sekä pölyn syntyminen ja mikrobikasvun ehkäisy, ovat ensisijaisia työilman epäpuhtauspitoisuuksien alentamisessa. Tällaisia ovat pölyävän jättemateriaalin kastelu ja jätteen mahdollisimman ripeä läpimenoaika, ettei haitallista mikrobikasvustoa ennäta muodostua. Vastaanotettavan jätteen kunto, kuten märkyys tai homehtuneisuus, vaikuttaa esimerkiksi mikrobikasvuun ja -pitoisuuksiin.

Mikäli ympäristölupa sen sallii, purkujätettä, kuten betonia, voidaan käsitellä ulkona, jolloin pitoisuudet laimenevat sääolosuhteista riippuen. Ensisijaisesti on käytettävä teknisiä toimenpiteitä ilman epäpuhtauksien hallintaan. Betonin murskauksessa pölyn hallinta voidaan kesäaikana tehdä käyttämällä vesikastelua. Murskain voidaan myös eristää tai varustaa pölynpoistojärjestelmällä.

Työkoneiden tuloilmajärjestelmissä on käytettävä suodattimia ja työkoneiden hyteissä riittävää ylipainetta. Ovet ja ikkunat on pidettävä kiinni ja hytistä ei saa jalkautua pölyisissä tilanteissa, koska epäpuhtaudet saastuttavat hytin ilman nopeasti ovia avattaessa. Työkoneet on huollettava säännöllisesti. Tarvittaessa on käytettävä hengityksensuojainta.

Myös työtilojen säännölliseen siivoukseen on kiinnitettävä huomiota pölyävyyden ja mikrobikasvuston ehkäisemiseksi. Imurointi tai märkäsiivous ovat vähemmän pölyäviä siivousmenetelmiä paineilmapuhallukseen tai kuivaharjaukseen verrattuna.

Käsin lajittelussa ja käsittelyhallissa työskenneltäessä tai liikuttaessa on käytettävä hengityksensuojaimia. Suojaimen tulee olla puhaltimella varustettu ja sen kasvo-osana olla puoli- tai kokonaamari. Myös muissa pölyävissä työvaiheissa hengityksensuojaimen käyttö on suositeltavaa. Myös silmät on hyvä suojata.

Purkujätteen käsittelyssä on noudatettava hyviä käytäntöjä, kuten hengityksensuojaimen pukemista päälle ja riisumista pois puhtaassa tilassa. Hengityksensuojaimen tiiveys on tarkastettava. Erityisen pölyisissä tai likaisissa töissä tai käsiteltäessä herkistäviä materiaaleja on käytettävä erillistä suojavaatetusta, päähinettä ja suojakäsineitä. Pölyn pääsy suojavaatteiden alle kaula-aukon, ranteiden tai nilkan taivealueelta on estettävä.

Työvälineistä, vaatteista ja suojaimista puhdistetaan irtopöly hengityksensuojaimen ollessa päällä esimerkiksi imuroimalla. Pölyä ei levitetä vaatteiden tai työvälineiden välityksellä puhtaisiin tiloihin.

Purkujätteen käsittelyssä on noudatettava hygieniaohteita, kuten huolellista käsien pesua aina työskentelyn jälkeen ennen tauolle menemistä. Pölyisten töiden jälkeen on peseydyttävä ennen puhtaiden vaatteiden pukemista.

Työpaikan on hyvä laatia selkeät kirjalliset ohjeet henkilönsuojauksesta, niitä vaativista kohteista ja töistä sekä puhdistautumisesta ja hygieniasta. Riittävällä perehdytyksellä ja opastuksella varmistetaan, että myös mahdolliset alihankkijat ovat ymmärtäneet jätteenkäsittelyn riskit ja noudattavat annettuja turva- ja suojautumisohteita.

Työkoneet voivat olla meluavia ja työ voi olla meluisaa. Siten riskinhallinnassa on huomioitava melun torjunta. Tarvittaessa työpaikalle on laadittava meluntorjuntaohjelma.

Purkujätteen käsittelyn riskinarvioinnin perusteella liikenne voi olla merkittävä riski työssä. Myös alueella kulkevat työkoneet sekä prosessikoneet ja -laitteet voivat aiheuttaa tapaturmavaaran. Huolellisella perehdytyksellä sekä työohjeilla vähennetään tapaturmavaaraa. Myös riittävä henkilönsuojaimilla, kuten huomiovaatetuksella, sekä yleisillä turvallisuusohjeilla työpaikka saadaan turvallisemmaksi.

Asbesti

Lainsäädäntö rajoittaa asbestipurkutyötä (VnA 798/2015, laki 684/2015). Asbestikartoituksella selvitetään mahdollisen asbestipitoisen materiaalin esiintyminen remontoitavassa/purettavassa kohteessa. Kartoituksessa paikallistetaan kohteessa oleva asbesti, sen määrä ja laatu sekä pölyävyys. Siten asbestipitoiset materiaalit puretaan erillisenä työnä ja toimitetaan purkamisen jälkeen kaatopaikalle peitettäväksi.

Krokidoliittiä (sinistä asbestia) purettaessa on aina käytettävä osastointimenetelmää. Työntekijän on suojauduttava kokonaamarilla, johon hengitysilma tuodaan paineilmalaitteella. Asbestijäte on toimitettava erilliskerättynä kaatopaikalle, jossa se peitetään välittömästi.

10 SEKALAINEN YHDYSKUNTAJÄTE

- Sekalaisen yhdyskuntajätteen käsinlajittelu ei ole käytännössä koskaan perusteltua siinä mahdollisesti olevien haitallisten aineiden ja vaarallisten tuotteiden vuoksi (esim. biojätteet, kemikaalit, viiltävät tai pistävät jätteet).
- Sekajätteen lajittelu tulee tehdä koneellisesti ja laitosmaisesti.
- Työtiloissa on huomioitava tehostettu ilmanvaihto, pölynpoisto ja fysikaalisten tekijöiden (melun, värinän, optisen säteilyn ja sähkömagneettisten kenttien) torjunta.
- Vastaanottoilojen ja käsittelylaitosten työntekijöiden on tärkeää käyttää henkilönsuojaimia ja huolehtia henkilökohtaisesta hygieniasta.

Sekalainen yhdyskuntajäte on sellaisenaan kierrätykseen kelpaamatonta materiaalia, joka on peräisin kotitalouksista tai muilta jätteen tuottajilta. Suomessa se pääasiassa hyödynnetään energiana. Jätevoimalan kuonasta otetaan talteen metalleja ja mineraalista ainesta voidaan hyödyntää maarakentamisessa. Jätevoimalan tuhkat ovat puolestaan vaarallista jätettä, joka loppusijoitetaan vaarallisen jätteen kaatopaikoille.

Sekalaista yhdyskuntajätettä voidaan käsitellä mekaanisesti lajittelulaitoksessa. Lajittelulaitoksessa voidaan talteenottaa kierrätykseen kuidut, metalli ja muovi. Lajittelulaitoksissa hyödynnetään uusimpia teknologioita, jotka perustuvat mm. materiaalin muotoon, kokoon, fysikaalisiin ja optisiin ominaisuuksiin. Lajittelulinjasto muodostetaan jätteen laadun mukaan vaihdellen seuraavia tekijöitä: pussinrepijät, murskaimet, hihnakuuljettimet, rumpuja värinäseulat, ballistinen erotin, magneettierotin metalleille, pyörrevirtaerotin alumiinille ja muille ei-magneettisille metalleille, ilmauokitin ja optinen erotin. Nämä koneet voivat tuottaa melua ja värinää, infrapunasäteilyä ja voimakkaita sähkömagneettisia kenttiä. Jos laitteet ovat suljetuissa tiloissa ja koteloituja sekä työntekijät perehdytettyjä, niin turvallisuusasiat ovat kunnossa. Esim. optisten erottelijoiden säteily suunnataan hihnaan, joten sen ei pitäisi olla työturvallisuusriski normaalikäytössä. Huoltotilanteissa optiikka otetaan pois päältä. Automaattilaitteistojen huoltotoissa voi tulla materiaalimassan vaaratekijöille altistumista, jolloin on käytettävä henkilönsuojaimia. Lisäksi koneet tuottavat prosessin aikana enemmän tai vähemmän pölyä ja muita hiukkasia työilmaan, vaikka useimmat laitteet ovat ainakin osittain koteloituja. Pölynpoistosta tulee huolehtia hyvin esim. liittämällä automaattilajittelijat laitoksen pölynpoistojärjestelmiin.

Lajittelulinjastolla saa käyttää vain sellaisia koneita, jotka ovat niitä koskevien vaatimusten mukaisia sekä sopivia kyseiseen työhön. Koneiden käytössä on noudatettava valmistajan antamia ohjeita. Valtioneuvoston asetuksessa koneiden turvallisuudesta (400/2008) on säädetty vaatimukset koneiden rakentamiselle ja suunnittelulle, jotta koneet täyttäisivät terveys- ja turvallisuusvaatimukset. CE-merkinnällä valmistaja osoittaa koneen täyttävän

koneasetuksen olennaiset turvallisuusvaatimukset ja myös muut konetta mahdollisesti koskevat ja CE-merkintää edellyttävät säännökset. EY-vaatimustenmukaisuusvakuutuksessa koneen valmistaja vakuuttaa koneen täyttävän kaikki sitä koskevat vaatimukset.

Työnantajan on varmistettava, että käytössä olevat koneet pysyvät säännöllisen huollon ja kunnossapidon avulla toimintakuntoisina ja turvallisena koko käyttöajan ajan (Vna 403/2008). Jos koneen käyttö aiheuttaa vaaraa tai haittaa, työnantajan on ryhdyttävä vaaran tai haitan poistamiseksi tarvittaviin toimenpiteisiin välittömästi. Ensijaisesti vaara tulee poistaa koneen rakenteeseen tai sen ympäristöön liittyvillä teknisillä toimilla, kuten vaara-alueelle pääsyn estävillä tai vaarallisten osien liikkeen ennen vaara- aluetta pysäyttävillä laitteilla. Jos vaaraa ei voida poistaa teknisillä toimilla, työvälineen käytön turvallisuus tulee varmistaa opastuksella, varoituslaitteilla, turvamerkeillä ja henkilönsuojaimilla. Varoitusten ja turvamerkintöjen on oltava yksiselitteisiä, helposti havaittavia ja ymmärrettäviä.

Sekalaista yhdyskuntajätettä ei tule lajitella käsin keräyksen jälkeen, koska se on työntekijän terveydelle vaarallista työtä sekajätteessä mahdollisesti olevien haitallisten aineiden ja vaarallisten tuotteiden vuoksi (esim. biojätteet, kemikaalit, viiltävät tai pistävät jätteet). Käsinsajittelua tehdään toisinaan esimerkiksi pistotarkistuksina tai tutkimuksellisenä käsinsajitteluna, joilla esimerkiksi optimoidaan prosessin laatua. Käsiteltävät määrät ovat tällöin paljon pienempiä. Ominaisuustutkimuksen näytteenotto kannattaa toteuttaa katetussa ulkotilassa tai teltassa, jossa ilma kiertää (Opas sekajätteen koostumustutkimuksiin). Sekajätteen käsittelyssä ei voi välttyä hajuhaitoilta, joten siksi sateelta suojatut ulkotilat ja viileäkö sää ovat sopivimmat olosuhteet ominaisuustutkimukselle.

Yhdyskuntajätteestä kuten muistakin laitosmaisesti käsiteltävistä raaka-aineista otetaan näytteitä laadunvalvontaan ja laboratoriotta varten. Sekalaisen yhdyskuntajätteen käsinsajittelussa ja kaikenlaisessa näytteenotossa tulee suojautua henkilökohtaisilla suojavausteilla. Sopivia varusteita ovat esimerkiksi suojavaatetus hupulla tai muulla päähineellä, mekaanista rasitusta kestävä suojakäsineet, turvakengät ja ainakin P3-luokan hiukkassuodattimella varustettu hengityksensuojain. Jos työilmassa esiintyy hajuja, niin hengityksensuojain on varustettava hiukkassuodattimen lisäksi ABEK-kaasusuodattimella.

Sekajätteen koostumustutkimuksien oppaaseen (Jätelaitosyhdistys 2017) on koottu suojautumisohjeita käsinsajittelijoille:

- Lajittelijoiden suojavausteiden sekä muiden lajitteluun tarvittavien varusteiden on oltava kunnossa ennen työn aloittamista. Oheinen varuste- ja välineluettelo auttaa tarvittavien varusteiden hankinnassa:
 - Työvaatteet
 - Hupulliset, kertakäyttöiset suojahaalarit
 - Neulanpistolta suojaavat käsineet
 - Viiltosuojakäsineet

- Päällyssuojakäsineet
- Hihansuojukset
- Suojalasit
- Hengityssuojain
- Turvakengät näytteiden ottajille
- Kenkäsuojat
- Kuulosuojaimet, jos paikka on meluisa
- Lajittelutyössä noudatetaan varovaisuutta. Jätepussiin ei saa työntää kättä, vaan jätteet levitetään aina lajittelupöydälle, jotta nähdään mihin tartutaan.
- Lajittelijat on koulutettava tunnistamaan vaaralliset jätteet.
- Lajitteluvarusteet on riisuttava ennen taukotilaan siirtymistä. Taukotilan ovea ei saa avata lajitteluhanskat kädessä.
- Ruoan ja juoman nauttiminen lajittelua tehdessä on ehdottomasti kielletty. Juomaa voi nauttia erillisessä huoneessa, mutta vain käsien ja kasvojen pesemisen jälkeen.
- Käsinalajittelun jälkeen työntekijän on puhdistauduttava suihkussa ennen kotiinlähtöä ja vaihdettava siviilivaatteet ylleen.

11 SÄHKÖ- JA ELEKTRONIIKKAROMU

- Sähkö- ja elektroniikkaromu (SER) kierrätetään käsittelylaitoksissa.
- SER-jätteestä erotellaan uudelleenkäytettävät osat tai kierrätettävät materiaalit (lasi, arvometallit, muovi).
- Työntekijät voivat altistua esimerkiksi muovin palonestoaineille.
- Osa materiaaleista voi olla syöpävaarallisia tai haitallisia.
- Riskinhallinnan keinoina ovat pölyn hallintatoimet, ilmanvaihto, hyttilliset työ-koneet, henkilönsuojaimet ja huolellinen käsihygieniä.

Sähkö- ja elektroniikkaromu (SER) koostuu käytöstä poistetuista elohopeaa sisältävistä komponenteista, piirikorteista, katodisädeputkista, nestekidenäyttöistä sekä erilaisista muoveista, jotka voivat sisältää bromattuja palonestoaineita tai polyvinylikloridia (Tsydoneva & Bengtsson 2011).

Sähkö- ja elektroniikkaromu kuljetetaan käsittelylaitoksiin, joissa niistä poistetaan ensin vaaralliset aineet, kuten elohopea ja lyijy. Tämän jälkeen laitteista erotellaan kierrätettävät materiaalit, kuten metallikuoret, lasi ja muovi. Arvokkaita metalleja sisältävät osat jatkokäsitellään esim. hydrometallurgisilla menetelmillä.

Sähkö- ja elektroniikkaromun määrät nousevat koko ajan. Myrkyllisten ja syöpävaarallisten materiaalien takia sen käsittelyyn on kiinnitettävä erityistä huomiota. (Rudareanu 2013.) Vaaralliset aineet, kuten syöpää aiheuttavat ja lisääntymisterveyteen vaikuttavat aineet on poistettava materiaalikierroista. Näitä ovat esimerkiksi hitaasti hajoavat ja eliöihin kertyvät pysyvät orgaaniset yhdisteet (POP-yhdisteet). Osa bromatuista palonestoaineista on pysyviä orgaanisia yhdisteitä, jotka on poistettava kierroista ja hävitettävä pysyvästi polttamalla. Niitä on käytetty mm. sähkö- ja elektroniikkalaitteiden ja ajoneuvojen muoviosissa.

Yhdisteiden hävittämiseksi jätealan toimijoilta edellytetään yhdisteitä sisältävien materiaalien ja osien tunnistamista. Bromattuja palonestoaineita sisältävät muoviosat voidaan joko erotella laitteista tai ajoneuvoista manuaalisesti kokonaisina osina, tai murskatusta jätteestä esimerkiksi optisilla menetelmillä. Bromatut palonestoaineet ovat terveyshaittojen ohella heikentämässä kierrätettävän materiaalin laatua sekä aiheuttamassa haittaa ympäristölle (Morf et al. 2005, Townsend 2011). Suomessa käytöstä poistetut sähkö- ja elektroniikkalaitteet kierrätetään tuottajavastuun mukaisesti pääasiassa kotimaassa.

Laitteiden suunnitteluvaiheessa voidaan vaikuttaa merkittävästi materiaalien eroteltavuuteen ja kierrätettävyyteen sekä myös hukan vähentämiseen. Digitalisaatio tulee helpottamaan eri osien hyödynnettävyyttä esim. etätunnisteiden avulla. Tuotteisiin voidaan liittää tiedot materiaalisällöstä sekä tuotteen purkuohjeet, jotka voivat kulkea tuotteen mukana läpi elinkaaren, mikä lisää tuoteturvallisuutta.

11.1 Altistuminen

Sähkö- ja elektroniikkaromut sisältävät arvokkaita metalleja, kuten kultaa, kuparia ja platinaa sekä harvinaisia maametalleja. Tämän lisäksi niissä on usein ympäristölle vaarallisia yhdisteitä, erityisesti lyijyä, antimonia, elohopeaa, kadmiumia, nikkeliä, polybromattuja difenyyliettereitä (PBDE) ja polykloorattuja bifenyyleitä (PCB). (Robinson 2009.)

Sähkö- ja elektroniikkaromun keräys ja kuljetus eivät ole merkittäviä kemiallisia altistuskäijöitä työntekijän kannalta. Kuljetuksen ja keräyksen aikana laitteista voi vapautua pääasiassa pölyä. SER-materiaalin keräyksessä ja kuljetuksessa raskaiden taakkojen nostelut kuormittavat työntekijöitä.

SER-materiaalin käsittelylaitoksilla kerätystä materiaalista poistetaan elohopea ja lyijy. Tässä työvaiheessa materiaalista voi irrota epäorgaanista pölyä.

Sähkö- ja elektroniikkalaitteiden muoveissa on jo pitkään käytetty erilaisia palonestoaineita, jotka sisältävät esimerkiksi bromia. SER-käsittelylaitoksen pölynpoistojärjestelmän hienopölystä on tutkimuksessa löydetty merkittäviä määriä bromattuja/halogenoituja palonestoaineita, jotka ovat myrkyllisiä sekä työympäristölle että ympäristölle. (Morf et al. 2005.)

SER-materiaali voi sisältää erilaisia metalleja (lyijy, kadmium, alumiini, arseeni, kromi, kupari, rautaoksidi, mangaani, nikkeli, sinkkioksidi, ym.).

Kerätyissä vanhoissa televisioissa on katodisädeputkia (CRT), jotka sisältävät syöpävaarallista kadmiumia, kobolttia ja nikkeliä. Lisäksi vanhasta elektroniikkaromusta voi vapautua lyijyä ja mangaania. (Hebisch & Linsel 2012.)

Työntekijöiden mahdollisesta altistumisesta esim. kemikaaleille arvometallien ja harvinaisten maametallien talteenotossa hydrometallurgisia menetelmiä käyttäen ei ole saatavilla tutkimustietoa.

11.2 Riskinhallinta

Sähkö- ja elektroniikkaromun käsittelyssä on ensisijaisesti pyrittävä hallitsemaan ilman epäpuhtauksia teknisin toimenpitein. Murskaimella on oltava kohdepoisto tai huuva tai se on eristettävä muusta työtilasta. Työtilassa on oltava ilmastointi ja ilmastoinnin suodattimet on huollettava ja vaihdettava säännöllisesti. Työpisteisiin työntekijöiden hengitysvyöhykkeille on hyvä tuoda puhdasta tuloilmaa.

Työpisteet on hyvä siivota säännöllisesti. Kuivaharjauksen sijaan on suositeltavaa käyttää imurointia, jolloin pölyä ei nouse ilmaan. Henkilökohtainen hygienia on tärkeää. Työpäikällä on hyvä laatia hygieniaohjeistus esimerkiksi käsien pesusta ennen tupakointia tai ruokailua.

Sähkö- ja elektroniikkaromua käsiteltäessä on riskinarvioinnin perusteella käytettävä tarvittaessa hengityksensuojaimia. Mikäli hengityksensuojainta on käytettävä yli kaksi tuntia työpäivän aikana, se on suositeltavaa varustaa puhaltimella. Metallien ihoaltistumisen estämiseksi on käytettävä suojakäsineitä.

Työnantajan on ilmoitettava ammatissaan syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille merkittävästi alistuvat työntekijät ASA-rekisteriin. Jos työpaikalla käsitellään lyijyä sisältäviä materiaaleja, työntekijöiden altistumista on seurattava biomonitoroinneilla. Lyijylle on asetettu sitova altistumisen raja-arvo, joten myös ilmassa olevia lyijyn pitoisuuksia on hyvä seurata työhygieenisin mittauksin. Myös muille metalleille altistumista työssä on suositeltavaa seurata biomonitoroinneilla. Raskaana olevan ei tule altistua syöpävaarallisille altisteille.

Käsin tehtävälle elektroniikkaromun käsittelylle on annettu useita suosituksia. Elektroniikkaromun purkamisessa työmenetelmien on oltava mahdollisimman vähän materiaalia rikkovia. Moukarin käyttö on suositeltavaa vain poikkeustapauksissa. Lisäksi sähköistä ruuvi-meisseliä on suositeltavampaa käyttää kuin paineilmatoimista. (Hebisch & Linsel 2012.)

Katodisädeputkia avattaessa työntekijät voivat altistua syöpävaarallisille metalleille, joten putkien avaaminen on tehtävä erityisessä puhdistushuoneessa, jossa on tehokas ilmanvaihto. Elektroniikkaromu on puhdistettava ennen käsittelyä sisä- ja ulkopuolelta. Purkamisen jälkeen katodisädeputkia on säilytettävä erillisissä säilytysastioissa tai -konteissa. (Hebisch & Linsel 2012.)

12 TEKSTIILIT

- Tekstiilien kierrätys on Suomessa alkuvaiheessa.
- Kierrätyskuidun ympärillä on tutkimustoimintaa.
- Työntekijät voivat altistua pölylle, mikrobeille, endotoksiineille sekä kierrätyskuidun käsittelyn kemikaaleille.
- Riskinhallinnan keinoina ovat pölyn hallinnan toimet, kuten ilmanvaihto ja kohdepoistot sekä esimerkiksi pesu- ja kuidutuskemikaaleilta suojautuminen teknisesti tai henkilönsuojaimin.

Kotitalouksilta kerätyt tekstiilit lajitellaan uudelleen käyttöön tai, mikäli ovat huonokuntoisia, jatkokäsiteltäväksi. Tekstiilejä uudelleen käytetään myymällä ne internetissä tai kirpputoreilla tai antamalla hyväntekeväisyyteen. Jatkokäsiteltävät tekstiileistä voidaan tehdä puhdistusliinoja tai prosessoida ne kuiduiksi, joista tehdään eristysmateriaalia autoteollisuuteen tai kodinkoneisiin. (Hebisch & Linsel 2012.)

Tekstiilijätettä voidaan kierrättää hajottamalla tekstiilit kuiduiksi. Keski-Euroopassa on joitakin toimijoita, jotka käsittelevät tekstiilejä teollisesti. Suomesta lähetetään tekstiilejä keski-Eurooppaan käsiteltäväksi.

Tekstiilijätettä voidaan avata mekaanisesti kuiduiksi ja tehdä kuiduista uutta lankaa edelleen käytettäväksi.

Puuvillaa sisältävästä tekstiilijätteestä on hanketasolla valmistettu tekstiilikuitua kemiallisella menetelmällä. Myös puuvilla- ja polyesteriseosvaatteista on valmistettu uutta kuitua hyödyntäen molempia komponentteja. (Kupiainen 2017.)

Haasteena on saada erotettua erilaisen tekstiilimateriaalit toisistaan, joka nykyään tehdään käsityönä, mikä on isommassa mittakaavassa riittämätön menetelmä. Lisäksi useimmat materiaalit ovat sekoitteita, joita nykyiset lajittelulaitteet eivät vielä tunnista riittävästi. (HS 7.2.17. Vanha vaate odottaa uutta käyttöä.)

12.1 Altistuminen

Sekä haitallisille aineille että biologisille altisteille altistutaan enemmän käytettyjen tekstiilien käsittelyssä kuin uusien tekstiilien tuotannossa. Mitä suurempi on puuvillan osuus tekstiilissä, sitä korkeampi on käsittelyä tekevän työntekijän altistuminen kemiallisille ja biologisille altisteille. (Hebisch & Linsel 2012.)

Tekstiilien keräyksestä ja käsittelystä vapautuu pölyä. Tekstiilien käsittelyn työntekijät voivat altistua myös biologisille altisteille. Puhdistusliinojen valmistuksessa on mitattu vain

hyvin matalia ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia muihin tekstiilien käsittelyvaiheisiin verrattuna. (Hebisch & Linsel 2012.)

Kerättyjä tekstiilejä lajitellaan pääosin käsin. Osa käytetyistä tekstiileistä voi olla kosteita, jolloin ilmassa voi olla mikrobeja. Selkeästi likaisten tekstiilien käsittelyä on vältettävä. Ne on pestävä ennen käsittelyä tai ohjattava energiahyödyntämiseen. Tekstiilien pesussa käytetään erilaisia pesukemikaaleja, joille työntekijät voivat altistua. Tekstiilijätteen leikkauksesta vapautuu pölyä ja kuituja ilmaan.

Urheilutekstiileissä on käytetty nanohiukkasia niiden antibakteeristen ominaisuuksien vuoksi. Mahdollisesti tekstiilien käsittelyssä vapautuvista nanohiukkasista ja työntekijöiden altistumisesta niille tarvitaan lisätietoa.

Kierrätystekstiilejä voidaan käsitellä mekaanisesti hienontamalla ja jauhamalla. Tekstiilijätteen kemiallisessa käsittelyssä voidaan altistua erilaisille kemikaaleille, kuten rikkihapolle, natriumhydroksidille, vetyperoksidille tai urealle. Lisäksi käytössä voi olla otsonointia, kuumia lämpötiloja, liuotusta ja pesuja. Käsittelyjen jälkeen kuidut kehrätään, jotta valmistunut uusi kuitu voidaan hyödyntää vaatteiden tai muiden tuotteiden valmistuksessa. (Kupiainen 2017.)

12.2 Riskinhallinta

Ilmanvaihdolla voidaan hallita pölyn leviämistä työilmaan. Kierrätystekstiilin leikkaamisessa ja käsittelyssä koneissa on käytettävä kohdepoistoja pölyn poistamiseen. Tekstiilejä ei tule puhdistaa paineilmaa käyttäen, sillä tällöin ilmaan voi vapautua suuria pitoisuuksia epäpuhtauksia. Puhdistamiseen on käytettävä pölynimuria. Lisäksi käytettäessä dieseltrukkeja niissä on oltava hiukkassuodattimet. (Hebisch & Linsel 2012.)

Kierrätystekstiilin kemiallisessa käsittelyssä on suojauduttava kemikaaliroiskeilta henkilön suojaimin. Ensisijaisesti on pyrittävä estämään kemikaalien pääsy työilmaan teknisin toimenpitein. Suomessa ei vielä ole tekstiilien kuidutusta suuressa mittakaavassa, vaan vasta hanketasolla. (Kupiainen 2017.)

Pesemällä kierrätettävät tekstiilit ennen käsittelyä voidaan estää biologisten altisteiden vapautumisen työilmaan. (Hebisch & Linsel 2012.) Käsin lajittelussa henkilönsuojaimia käyttämällä voidaan vähentää työntekijöiden altistumista tekstiileistä vapautuville ilman epäpuhtauksille.

Lattioille kertynyt tekstiili tai vanu voi aiheuttaa liukastumisvaaran. Siten yleiseen tilojen ja lattioiden siisteyteen on kiinnitettävä huomiota tapaturmavaaran vähentämiseksi. (Kupiainen 2017.)

13 TUHKAT JA KUONAT

- Polttolaitoksista jää polttoprosessissa tuhkaa ja kuonaa.
- Työntekijät voivat altistua pölylle, kvartsille ja metalleille.
- Osa altisteista on syöpävaarallisia.
- Riskinhallinnan keinoina ovat pölyn hallintakeinot, henkilönsuojainten käyttö sekä huolellinen hygienia.
- Metallialtistumista (erityisesti lyijy, arseeni ja alumiini) suositellaan seurattavan biomonitoroinnein.

13.1 Altistuminen

Biopolttoainetta ja jätettä polttavien laitosten tuhkan poistamisessa sekä huolto- ja kunnossapitotöissä työntekijät voivat altistua samanaikaisesti pölylle, kvartsille ja metalleille. Merkittävimmät terveysriskit aiheutuvat eräiden tuhkassa esiintyvien metallien (erityisesti arseeni), PAH-yhdisteiden ja kide muodossa olevan kvartsin syöpävaarallisuudesta. Eri polttolaitoksien tuhkien on todettu sisältävän myös keskushermostohaitallisia mangaania, lyijyä ja alumiinia, joille altistumista on polttolaitoksissa todettu biomonitorointimäärityksissä. Lisäksi hienojakoiselle epäspesifiselle pölylle ja ilman kaasumaisille epäpuhtauksille altistuminen voi aiheuttaa hengitysteiden ärsytysoireita. Merkittävin altistus on ollut poistettaessa kierrätyspolttoainetta polttavan laitoksen tuhkaa. (Jumpponen et al. 2014.)

13.2 Riskinhallinta

Tuhkaa käsittelevien työntekijöiden on käytettävä pitkävartisia nahkakäsineitä. Pitkävartiset käsineet vähentävät ihon kautta tapahtuvan metallialtistumisen puoleen lyhytvartisiin käsineisiin verrattuna. Suositeltavaa on käyttää tiivistä, hupulla varustettua kertakäyttöistä suojahaalaria metalleille ihoaltistumisen minimoimiseksi. (Jumpponen et al. 2015.)

Tuhkan käsittelyssä on käytettävä ABEK+P3-suodattimilla varustettua moottoroitua hengityksensuojainta. On myös huomioitava, että tuhkaa kattiloista poistettaessa on mahdollista altistua hiilimonoksidille, joten työtehtävissä on kannettava mukana häkäkaasun ilmaisinta. (Jumpponen et al. 2013, Jumpponen et al. 2014.)

Metallialtistumista suositellaan seurattavan biomonitoroinnein. Erityisesti arseeni-, lyijy- ja alumiinialtistumisen seurantaan biomonitorointi soveltuu hyvin. Myös altistumista PAH-yhdisteille voi seurata biomonitorointinäytteistä.

14 TYÖTERVEYSHUOLTO KIERTOTALOUSALAN YRITYKSISSÄ

Työnantajan on järjestettävä ja kustannettava työterveyshuoltopalvelut henkilöstölleen, jos työssä on yksikin työntekijä. Työnantaja tekee päätöksen siitä, mistä, millaisia ja miten laajoja työterveyshuoltopalveluja hankitaan. Ennen päätöstä työnantajan on kuultava työntekijöitä esim. työsuojelutoimikunnan tai yhteistoimintaneuvottelukunnan kokouksissa.

Työterveyshuollon tehtävät

- työn ja työympäristön vaarojen ja kuormitustekijöiden terveydellisen merkityksen arviointi,
- työterveyden ja työkyvyn edistäminen,
- työ- ja toimintakyvyn arviointi ja tukeminen,
- ammattitautien ja työperäisten sairauksien ennaltaehkäisy ja toteaminen,
- työtapaturmien torjunta,
- työhön paluun tukeminen,
- kuntoutukseen ohjaus.

Työterveyshuollon ja työsuojelun yhteistoiminnalla edistetään työpaikan eri toimijoiden välistä vuorovaikutusta ja lisätään heidän mahdollisuuksiaan vaikuttaa työpaikan turvallisuus- ja terveysasioihin.

14.1 Työpaikkaselvitykset

Työpaikkaselvitys on työnantajan vastuulla olevaa toimintaa, jonka työterveyshuollon ammattihenkilöt ja asiantuntijat toteuttavat. Se tehdään aina yhteistyössä työntekijöiden ja työnantajan kanssa.

Työpaikkaselvitysprosessi:

1. Tarpeen arviointi ja selvityksen suunnittelu
2. Terveyttä ja työkykyä tukevien ja niille haitallisten tekijöiden tunnistaminen työpaikalla
3. Johtopäätökset työolosuhteiden terveyteen ja työkykyyn vaikuttavista tekijöistä (terveydellisen merkityksen arviointi)
4. Toimenpide-ehdotusten tekeminen sekä työterveyshuollon toimenpiteiden ja toimintasuunnitelman täydentäminen
5. Viestintä ja palautetilaisuudet
6. Osallistuminen työpaikan kehitystoimiin

7. Yhdessä sovittujen toimenpiteiden toteutumisen seuranta ja niiden vaikuttavuuden arviointi

Työpaikan kannalta oleellisin osa työpaikkaselvitystä on terveydelliseen merkitykseen perustuvat työhön, kuormitukseen ja työympäristöön tehtävät toimenpide-ehdotukset ja niiden toteuttaminen.

14.2 Terveystarkastukset ja rokotukset

Terveystarkastus on keskeinen menetelmä terveyden ja työkyvyn edistämisessä. Työterveyshuollon terveystarkastuksilla pyritään tunnistamaan varhain ammattitaudit, työperäiset sairaudet ja työkyvyttömyysriskit. Terveystarkastukseen liittyy olennaisena osana neuvonta sekä hoitoon ja kuntoutukseen ohjaus. Terveystarkastuksista annetaan ryhmätason palaute työpaikalle, varsinkin jos havaitaan työstä johtuvia terveyshaittoja, jolloin työpaikalla on tehtävä muutoksia.

Biologisille, fysikaalisille ja kemiallisille tekijöille altistuvien työntekijöiden terveystarkastuksista on määrätty valtioneuvoston asetuksessa terveystarkastuksista erityistä sairastumisen vaaraa aiheuttavissa töissä (1485/2001). Työnantajan on järjestettävä terveystarkastukset asetuksen mukaisesti. Terveystarkastustarpeen arviointi ja sisällön suunnittelu perustuvat työpaikalla tehtyyn riskien arviointiin, työterveyshuollon tekemään työpaikkaselvitykseen ja muihin työpaikan ja työn altisteisiin liittyviin tietoihin. Alkutarkastus on pyrittävä tekemään ennen erityistä sairastumisen vaaraa aiheuttavan työn aloittamista, mutta se on tehtävä viimeistään kuukauden kuluessa työn aloittamisesta. Työn jatkuessa määräaikaistarkastuksia on yleensä suositeltu tehtävän 1-3 vuoden välein asetuksen ja sen liitteenä olevan esimerkkiluettelon mukaisesti. Säännöllisen terveystarkastustarpeen tulee kuitenkin perustua yrityksessä tehtyyn työpaikkaselvitykseen ja riskinarviointiin, jossa arvioidaan jäännösriski, joka jää jäljelle tehtyjen riskinhallintatoimenpiteiden jälkeen. Tämän arvioinnin perusteella säännölliset terveystarkastukset voidaan myös lopettaa, jos toistettu työpaikkaselvitys ja riskinarviointi johtavat arvioon siitä että vaaran tai kuormituksen terveydellinen merkitys on olematon. Myös, jos toistuvissa terveystarkastuksissa altistuminen havaitaan vähäiseksi, eikä oireita tai sairauksia ilmene, säännölliset tarkastukset voidaan katsoa tarpeettomiksi. Muuttuneet tilanteet (esim. tuotantovolyymien kasvu, prosessimuutokset) tulee kuitenkin tunnistaa ja arvioida tarkastusten tarve uudelleen.

Kemiallisten tekijöiden kohdalla tulee miettiä mistä tutkimuksista on oikeasti hyötyä kyseisten kemikaalien aiheuttamien haittojen tunnistamisessa. Sellaisten kemikaalien kohdalla, joille on olemassa biomonitorointimenetelmä, altistumista voi selvittää biomonitoroinnin avulla. Erityisen tärkeää tämä on elimistöön kertyvien aineiden kohdalla ja sellaisten aineiden kohdalla, joiden kohdalla ihoaltistuminen voi olla merkittävää. Metallijä ja SERromun kierrätykseen liittyen esimerkiksi lyijy- ja kadmiumaltistumista (mahdollisesti myös

elohopeaa ja kromia/nikkeliä) on syytä seurata. Alumiinikierrätyksessä, erityisesti sulatusprosessiin liittyen virtsan alumiinia on syytä seurata. Seurantafrekvenssin voi kuitenkin säätää havaittujen altistumistasojen mukaan; mikäli altistumiset työpaikalla pysyvät toistuvasti matalina (alle altistumattomien viiterajan), frekvenssiä voi pidentää, jos taas työpaikalla havaitaan nousua pitoisuuksissa, frekvenssiä voi tihentää. Tällöin on syytä myös kiinnittää huomiota riskinhallinnan tehostamiseen työpaikalla. Työterveyslaitoksen biomonitorointivastaukset sisältävät yleensä ohjeistuksen seurantafrekvenssistä eri altistumistasoilla. On huomioitava, että päätökset seurantafrekvenssin muutoksista tulee perustua useiden näytteiden perusteella saatuun kokonaiskuvaan työntekijöiden altistumisesta, eikä yksittäiseen näytteeseen.

Oirekyselyt ovat yksi hyvä menetelmä seuloa mahdollisia hengitystie-, iho- ja keskushermosto-oireita. Liutinaineiden aiheuttamien keskushermosto-oireiden seurantaan käytettyä Euroquest-kyselyä voi hyödyntää myös keskushermostomyrkyllisille metalleille (alumiini, lyijy, elohopea, mangaani) pitkään altistuneilla. On kuitenkin huomioitava, että lyijyn, alumiinin ja elohopean kohdalla ei tässä todettavia haittoja ole odotettavissa, elleivät veri-/virtsapitoisuudet ole olleet selkeästi koholla. Tästä syystä biomonitorointi on ensisijainen seurantamenetelmä. Hengitysteitä herkistävillä aineilla ja merkittävästi pölyille altistuttaessa hengitystieoireita voi seuloa oirekyselyillä ja tarvittaessa tehdä spirometriatutkimukset (bronkodilataatiolla) oireisilta. Thorax-röntgentutkimuksia suositellaan lähinnä niissä tapauksissa jos epäillään pitkäaikaista (yleensä >10 v) altistumista asbestille tai kvartsille asbestiplakkien/asbestoosin tai kvartsin kohdalla silikoosin havaitsemiseksi.

Yksi tärkeä terveystarkastusten funktio on työntekijöiden neuvonta ja opastus. Erityisen tärkeää tämä on sellaisissa tilanteissa, joissa riskinhallinta perustuu vahvasti henkilökohtaiseen suojautumiseen. Myös kemikaalihaitoille altistavien perussairauksien tunnistaminen ja hoito on oleellista samoin kuin terveystarkastusten vaikuttavien elintapatekijöiden tunnistaminen ja niihin vaikuttaminen. Erityisesti tupakoinnilla saattaa olla synergistisiä vaikutuksia kemikaalien ja pölyjen kanssa mm. syöpäriskin ja muiden hengitystiesairauksien suhteen. Tupakointi saattaa myös lisätä altistumista näille tekijöille, mikäli tupakoidaan työpäivän aikana eikä riittävästä käsihygieniasta pidetä huolta. On tärkeää, että terveystarkastuksista menee myös ryhmätason palaute työpaikalle, etenkin niissä tapauksissa, jos työntekijöillä havaitaan työstä johtuvia terveyshaittoja tai esimerkiksi biomonitoroinneissa havaitaan altistumista. Tällöin työpaikan tulee reagoida palautteeseen ja tehdä tarvittaessa muutoksia riskinhallinnan parantamiseksi. Lisää tietoa terveystarkastuksista löytyy kirjasta "Terveystarkastukset työterveyshuollossa" (TTL, 2006). Kirja on kuitenkin osittain vanhentunut ja sen päivitys on parhaillaan käynnissä.

Työterveyslaitoksen työperäisten sairauksien rekisterin mukaan myös jätteiden kierrätyksen toimialalla on työntekijöillä diagnosoitu kuulovaurioita ammattitauteina. Työnantajan

on huolehdittava, että työntekijöille järjestetään kuulontarkastukset määräajoin, kun melualtistus on 85 dB (A) tai äänen huippupaine 140 Pa tai suurempi (Vna 85/2006). Työntekijällä on oltava mahdollisuus käydä kuulontarkastuksessa, kun työpäivän melualtistus ylittää 80 dB (A) tai äänen huippupaine 112 Pa ja altistuksesta on todettu (sairaudet, muut altistukset tai lääkitys) olevan vaaraa terveydelle. Myös toiminta-arvon ylittävälle tärinälle altistuville työntekijöille on suoritettava määräajoin terveystarkastuksia (Vna 48/2005). Työterveyshuollon tehtävänä on löytää tärinälle erityisen herkkät työntekijät, joiden kohdalla työnantajan on ryhdyttävä asianmukaisiin toimenpiteisiin näiden työntekijöiden terveyden ja turvallisuuden suojelemiseksi. Jos työntekijän epäillään altistuneen liikaa laser säteilylle, työnantajan on järjestettävä hänelle välittömästi terveystarkastus mahdollisten silmä- tai ihovaurioiden toteamiseksi (Vna 291/2008).

Työterveyshuoltolain (1383/2001) perusteella työntekijä ei saa ilman perusteltua syytä kieltäytyä osallistumasta terveystarkastuksiin, joita tehdään työssä olevan erityisen sairastumisen vaaran vuoksi. Terveystarkastusten yhteydessä huomiota kiinnitetään myös työntekijän edellytyksiin noudattaa työssä tarvittavaa tarkkuutta ja huolellisuutta sekä annettuja ohjeita työhön ja suojautumiseen liittyen.

Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön asetuksessa (921/2010) on myös mainittu ne biologiset tekijät, joita vastaan on saatavilla tehokas rokote. Tehokkaita rokotuksia on mahdollisuuksien mukaan, riskinarvioinnin perusteella, annettava niille työntekijöille, jotka eivät ennestään ole immuuneja biologisille tekijöille, joille he altistuvat tai voivat altistua. Terveyden ja hyvinvoinnin laitos määrittelee käytettävät rokotteet ja rokotusaiheet (Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön asetus rokotuksista 149/2017). Kiertotalouden työntekijöille riittää yleensä tavanomainen aikuisten rokotussuoja tehostettuna säännöllisillä 10 vuoden sisällä otetuilla jäykkäkouristusrokotteilla. Hepatiitti A ja poliovirusia saattaa esiintyä ihmisperäisissä jätevesilietteissä ja niiltä suojautumista rokotteilla kannattaa harkita lietteitä runsaasti käsitteleville työntekijöille. Sen sijaan B-hepatiittiviruksille altistumisriski on minimaalinen, mutta mahdollinen esim. jätteiden käsinlajittelussa tapahtuvassa pistotapaturmassa. Sitä vastaan on saatavilla rokote, jonka voi ottaa yhdessä hepatiitti A -rokotteen kanssa. Riskiä voi pienentää myös käyttämällä pisto- ja viiltosuojakäsineitä esim. käsinlajittelutyössä.

14.3 Erityisäitiysvapaa

Raskaana oleva nainen, jonka työhön tai työoloihin liittyvän kemiallisen aineen, säteilyn tai tarttuvan taudin arvioidaan aiheuttavan vaaraa sikiön kehitykselle tai raskaudelle, on pyrittävä siirtämään muihin sopiviin tehtäviin, jollei vaaratekijää voidaan poistaa työstä tai työoloista. Jos yllä mainitussa tilanteessa ei voida järjestää muuta työtä, voidaan harkita erityisäitiysvapaa. Erityisäitiysvapaa voi alkaa raskauden alusta ja jatkua enintään äitiysloman alkamiseen asti.

Erityisäitiysrahasta säädetään työsopimuslaissa (55/2001) ja sairausvakuutuslaissa (1224/2004). Siihen liittyvän valtioneuvoston asetusten (1335/2004 ja 619/2015) perusteella raskaana olevalla naisella voi olla oikeus erityisäitiysrahaan alla olevan altistelistan perusteella.

a) Kemialliset tekijät:

- anestesiakaasu
- lyijy tai lyijy-yhdiste
- elohopea tai elohopeayhdiste
- solunsalpaaja
- hiilimonoksidi eli häkä
- vakuutetun tai sikiön terveydelle vaaralliseksi arvioitu torjunta-aine
- vakuutetun tai sikiön terveydelle vaaralliseksi arvioitu orgaaninen liuotinaine;
- lisääntymiselle vaaralliseksi, syöpää aiheuttavaksi tai perimää vaurioittavaksi luokiteltu aine, jonka pakkaus tulee työturvallisuuslain (738/2002) tai kemikaalilain (599/2013) nojalla annettujen määräysten mukaan merkitä varoituslausekkeella H340, H341, H350, H350i, H351, H360, H360D, H360FD, H360Fd, H360Df, H361, H361d tai H361df
- ympäristön tupakansavu

b) Ionisoiva säteily (mukaan lukien radionuklidit)

c) Tarttuvat taudit:

- toksoplasmoosi
- listerioosi
- vihurirokko
- herpes
- vesirokko
- parvorokko
- hepatiitti B ja C
- sytomegalotulehdus
- HIV-infektio
- muut näihin verrattavat tarttuvat taudit.

Myös seuraavat tekijät voivat olla erityisäitiysraha- ja -vapaaperuste:

- maanalainen kaivostyö
- paineistetuissa tiloissa työskentely
- vedenalainen sukeltaminen.

Kemikaalin varoitusmerkintä H 362 (Saattaa aiheuttaa haittaa rintaruokinnassa oleville lapsille) on otettava huomioon, jos nainen työskentelee imetyksen aikana.



Sijoittaessa työntekijöitä työhön, jossa on vaara altistua vaaratekijöille, tulee tästä tiedottaa työntekijöille ja kehottaa tarvittaessa ottamaan yhteyttä työterveyshuoltoon jo raskauden suunnitteluvaiheessa. Kiertotaloudenkin työpaikoilla on mahdollista altistua mm. monille lisääntymisvaarallisille ja syöpävaarallisille metalliyhdisteille. Myös altistuminen esimerkiksi hiilivetyliuottimille on mahdollista. Altistumisen merkitys raskauden kannalta on syytä arvioida etukäteen ja kannanotto siihen, mitä työtehtäviä raskaana olevat voivat tehdä on syytä miettiä jo ennen ensimmäistä raskaustapausta. Apuna arvioinnissa voi käyttää biomonitorointimittauksia tai työhygieenisia mittauksia esimerkiksi liuotainaineiden osalta. Jos työpaikalta on kattavaa, useampia näytteitä sisältävää biomonitorointidataa altistumisesta esimerkiksi raskasmetalleille, eikä niissä nähdä altistumattomien viiterajan ylityksiä, antaa tämä tukea sille, että raskaana oleva voi (näiden altisteiden puolesta) jatkaa työssään myös raskauden aikana. Mikäli taas työpaikalla on havaittu esimerkiksi kohonneita lyijypitoisuuksia kyseisissä tehtävissä, on syytä harkita vaihtoehtoisia työjärjestelyjä tai erityisäititysvapaata.

Työterveyslaitoksen Raskaus ja työ -neuvontapalvelusta voi tiedustella työolojen sopivuutta raskauden aikaiseen työskentelyyn. Lisätietoa saa myös kirjasta "Ohjeet vaaran arvioimisesta erityisäititysvapaan tarvetta harkittaessa" (Taskinen ym. 2006). Koska tässä versiossa ei ole vielä pystytty huomioimaan vuoden 2015 asetusmuutoksia, kirja on parhailaan päivityksen alla.

14.4 Työpaikan ensiapuvalmiuden ylläpito

Työterveyshuollon sisältöön kuuluu työturvallisuuslain tarkoittaman ensiavun ja ensiapukoulutuksen järjestämiseen osallistuminen. Työterveyshuollon työpaikkaselvityksessä tulee arvioida ensiapuvalmiuden tarve. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon ensiaputaitojen ja -välineiden tarve ja työpaikan erityisvaatimukset. Suunnittelu tulee toteuttaa tarvittaessa yhteistyössä väestönsuojelu- sekä pelastustoimen organisaatioiden edustajien kanssa. Suunnittelussa tulee huomioida ensiapuvalmiudet suuronnettomuustapauksissa. Ensiavun järjestämiseen kuuluu myös työstä tai työtilanteista johtuvien psyykkisten reaktioiden hallitsemiseksi tarpeellinen neuvonta ja ohjaus työterveyshuollossa.

Mikäli työpaikalla on mahdollisuus altistua tapaturmaisesti kemiallisille tekijöille, tulee työterveyshuollon arvioida myös työpaikan antidootti- ja muut lääketarpeet, samoin kuin ohjeet kemikaalitapaturmien ensihoitoon. Erityisesti työpaikan sijainti kaukana asutuskeskuksesta voi edellyttää lääkinnällistä varautumista kemikaalionnettomuuksiin työpaikoilla. Tällöin työterveyshuolto määrittelee tarvittavat ensiapulääkkeet ja laatii niille käyttöohjeet työpaikoille. Esimerkiksi biokaasulaitoksilla on mahdollisuus tapaturmaisesti altistua rikkivedylle. Sen aiheuttamien myrkytyksien paras hoito on 100 % happi, jonka antoon voi olla syytä varautua tällaisella työpaikalla. 100 % happi on myös häämyrkytyksissä paras ensiapu. Ohjeet myös happea syrjäyttävien kaasujen (metaanin) aiheuttamissa tapaturmissa

toimintaan on syytä olla kunnossa. Mikäli työpaikalla on riski altistua tapaturmaisesti ärsyttävälle/syövyttävälle kaasulle/höyryille (esimerkiksi ammoniakki, rikkidioksidi ja typen oksidit), voi työterveyshuolto miettiä tarvetta varautua inhaloitavilla kortikosteroideilla ja beeta-sympatomimeeteillä näiden aiheuttamiin tapaturmiin. Lisätietoja kemikaalimyrkytyksiin varautumisesta Työterveyshuollossa löytyy artikkelista Santonen ja Aalto, Varautuminen äkillisiin myrkytyksiin työterveyshuollossa. *Duodecim*. 2012;128: 2131-9. Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet (OVA) –turvaohjeista löytyy ohjeistus spesifisten aineiden aiheuttamien myrkytysten hoitoon.

14.5 Sairaanhoido ja muuhun hoitoon ohjaaminen

Työterveyshuoltolain perusteella työnantaja voi halutessaan järjestää työntekijöilleen sairaanhoidtoa. Sairaanhoidtopalvelujen laajuudesta sovitaan työnantajan ja palvelutuottajan kesken. Sairaanhoidon tulee olla kaikille työntekijöille saman sisältöistä ja maksutonta. Työterveyspainotteinen sairaanhoidto on työterveyshuollon palvelua, jossa sairauksien hoidon yhteydessä huomioidaan potilaan työ ja työolosuhteet sekä niiden mahdollinen vaikutus sairauden syntyyn ja sairaudesta toipumiseen sekä työkykyyn. Hyvin toimivan sairaanhoidtopalvelun avulla voidaan vähentää pitkittyviä sairauslomia ja työkyvyttömyyden uhkaa. Lisäksi työterveyshuolto auttaa työnantajaa työn muokkaamisessa työntekijän terveydentilalle sopivaksi työhön paluun yhteydessä.

LÄHTEET

Ahonen I ja Fingeroos M. Työhygieeninen selvitys kaasutuslaitoksella ja polttoaineen vastaanotossa 3.9.2015, Työterveyslaitos 2015. 7 s.

Ahonen I ja Liukkonen T. Pellettivarastojen ilman epäpuhtaudet ja niiden aiheuttamien vaarojen ehkäiseminen. Työympäristötutkimuksen raporttisarja. Työterveyslaitos, 2008. 24 s. + liitteet

ATEX-opas. Räjähdyksvaarallisten tilojen turvallisuus. Tukes 2015. 19 s.

Butera S, Christensen TH & Astrup TF. Compositition and leaching of construction and demolition waste: Inorganic elements and organic compounds. Journal of Hazardous Materials 276:302-311, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.hazmat.2014.05.033>.

ECHA (2017) ANNEX XV REPORT An evaluation of the possible health risks of recycled rubber granules used as infill in synthetic turf sports fields. https://echa.europa.eu/documents/10162/13563/annex-xv_report_rubber_granules_en.pdf/dbcb4ee6-1c65-af35-7a18-f6ac1ac29fe4

Endotoxins. The Nordic Expert Group for Criteria Documentation of Health Risks from Chemicals and the Dutch Expert Committee on Occupational Safety. Arbete och Hälsa report no 114, 2011;45(4) ISBN 978-91-85971-31-2. 53 p.

Eläimistä saatavien sivutuotteiden käsittely ja valvonta elintarvikealan laitoksissa. Eviran ohje 16010/3, 2016. 31 s.

ETRMA (2015) End-of-life Tyre Report (2015) European Tyre and Rubber manufacturers' association. <http://www.etrma.org/uploads/Modules/Documentsmanager/elt-report-v9a---final.pdf>

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2008/98/EY jätteistä ja tiettyjen direktiivien kumoamisesta.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/12/EY jätteistä.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2000/54/EY työntekijöiden suojelemisesta vaaroilta, jotka liittyvät biologisille tekijöille altistumiseen työssä.

Euroopan parlamentin ja neuvoston sivutuoteasetus (EY N:o 1069/2009)

Hebisch R. & Linsel G. Workers' exposure to hazardous substances and biological agents in recycling enterprises. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 72(4):163-169, 2012.

Hyrkäs J. Puupohjaisen tuotekaasun hyödyntämisen edellytykset polttokennoissa. Tampereen teknillinen yliopisto 2016. 93 s.

Jumpponen M, Heikkinen P, Rönkkömäki H & Laitinen J. Workers' dermal and total exposure to metals in biomass-fired power plants. *Biomonitoring* 2:1-15, 2015. doi: 10.1515/bimo-2015-0001.

Jumpponen M, Rönkkömäki H, Pasanen P & Laitinen J. Occupational exposure to solid chemical agents in biomass-fired power plants and associated health effects. *Chemosphere* 104:25-31, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.10.025>.

Jumpponen M, Rönkkömäki H, Pasanen P & Laitinen J. Occupational exposure to gases, polycyclic aromatic hydrocarbons and volatile organic compounds in biomass-fired power plants. *Chemosphere* 90:1289-1293, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.10.001>.

Koponen M, Kallio N, Taxell P, Stockmann-Juvala H, Santonen T. REACH-tiedolla tehokkaaseen riskinhallintaan (RETRIS). Tietoa työstä-sarja, Työterveyslaitos, Helsinki, 2014.

Kupiainen M. Työperäiset riskit bio- ja kiertotaloudessa. Rakennus- ja purkujätteen sekä tekstiilijätteen käsittely ja hyödyntäminen. Hämeen ammattikorkeakoulu, Ylemmän ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö, Visamäki, teknologiaosaamisen johtaminen, 2017.

Laitinen S, Kontro M, Kirsi M, Jokela P ja Reijula K. Mikrobiologisten terveysvaarojen selvitys biohajoavien jätteiden laitospölyssä käsittelyssä. Työterveyslaitos 2013. 47 s.

Laitinen S, Laitinen J, Fagernäs L, Korpilampi K, Korpinen L, Ojanen K, Aatamila ML, Jumpponen M, Koponen H, Jokiniemi J. Exposure to biological and chemical agents at the biomass power plants. *Biomass and Bioenergy* 93:78-86, 2016.

Laki eläimistä saatavista sivutuotteista (517/2015)

Laki eräistä asbestipurkutyötä koskevista vaatimuksista (684/2015)

Lannoitevalmistelaki (539/2006)

Louhelainen K, Uuksulainen S, Saalo A, Mikkola J, Hyytinen E-R, Karjalainen A, Priha E & Santonen T. Kemikaaliriskien hallinta kuntoon. Rekisteritietoon perustuva selvitys kemikaaleille altistavista riskitöistä ja -ammateista. Työterveyslaitos 2017. ISBN 978-952-261-664-7.

Mankonen A. Bioöljy ja pyrolyysi. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, 2014. 25 s.

Marquat ym. 'Stoffenmanager', a web-based control banding tool using an exposure process model. *Ann Occup Hyg.* Aug;52(6):429-41, 2008. doi: 10.1093/annhyg/men032. Epub 2008 Jun 27.

Morf LS, Tremp, J, Gloor R, Huber Y, Stengele M & Zennegg M. Brominated flame retardants in waste electrical and electronic equipment: substance flows in a recycling plant. *Environmental Science & Technology* 39:8691-8699, 2005.

Myller E. Sekalaisen puujätteen testaus erilaisten lopputuotteiden valmistuksessa. Projektin ohjausryhmän loppuraportti. Ympäristöministeriön raportteja 28, Helsinki 2015. 68 s.

Mäkinen MS, Mäkinen MR, Koistinen JT, Pasanen AL, Pasanen PO, Kalliokoski PJ, Korpi AM. Respiratory and dermal exposure to organophosphorus flame retardants and tetrabromobisphenol A at five work environments. *Environ Sci Technol*. Feb 1;43(3):941-7, 2009.

Opas sekajätteen koostumustutkimuksiin. 2. versio, 2017, Jätelaitosyhdistys ry, 34 s. + liitteet

Painelaitelaki (1144/2016)

Peuranen E & Hakaste H. Rakentamisen materiaalitehokkuuden edistämishjelma. Ramate-työryhmän loppuraportti. Ympäristöministeriön raportteja 17, Helsinki 2014. 34 s.

Pirkanmaan ELY-keskus. Pakkaukset ja pakkausjätteet. Markkinoille saatetut pakkaukset ja niiden hyödyntäminen vuosina 2003-2014. 2016.

Porras S, Hartonen M, Ylinen K, Louhelainen K, Tornaesus J, Tuomi T & Santonen T. Työperäinen altistuminen eräille hormonitoimintaa häiritseville ftalaateille ja fenoleille Suomessa. Työterveyslaitos. Tampere, 2016. ISBN 978-952-261-706-4. 130 s.

Rissanen R. Jätteiden käsittelystä ja varastoinnista aiheutuvien päästöjen riskinhallinta. Diplomityö. Aalto-yliopisto 2016.

RIVM (2016) Evaluation of health risks of playing sports on synthetic turf pitches with rubber granulate. Scientific background document. RIVM Report 2017-0017, Netherlands. <http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2017-0017.pdf>

Robinson BH. E-waste: An assessment of global production and environmental impacts. Review. *Science of the Total Environment* 408:183-191, 2009.

Rosenberg C ym. Kemialliset häirttekijät sähkö- ja elektroniikkaromun kierrätyksessä - altistuminen ja torjunta. Loppuraportti. TSR-hanke 107060. Työterveyslaitos. 31.3.2010. <https://www.tsr.fi/valmiit-hankkeet/hanke?h=107060#materials>

Rudareanu C. Waste electrical and electronic equipment (WEEE) management in Europe. *Economics, Management, and Financial Markets* 8(3): 119-125, 2013.

Savary B & Vincent R. Used Tire Recycling to Produce Granulates: Evaluation of Occupational Exposure to Chemical Agents. *Ann Occup Hyg*. 55: 931-936, 2011.

Sairausvakuutuslaki (1224/2004)

- Sosiaali- ja terveysministeriön asetus biologisten tekijöiden luokituksesta (921/2010)
- Sosiaali- ja terveysministeriön asetus haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista (1214/2016)
- Sosiaali- ja terveysministeriön asetus rokotuksista 149/2017
- Sosiaali- ja terveysministeriön käytännön opas sähkömagneettisten kenttien aiheuttamien vaarojen hallintaan työpaikoilla: Valtioneuvoston asetus työntekijöiden suojelemiseksi sähkömagneettisista kentistä aiheutuvilta vaaroilta. 2016. 14 s.
- Suomen rengaskierrätys Oy. Edistyksellistä renkaiden kierrätystä 2015. Tilastokatsaus, 2015. https://www.rengaskierratys.com/files/341/Edistyksellista_Renkaan_Kierratysta.pdf
- Taskinen H, Lindbohm M-L ja Frilander H. Ohjeet vaaran arvioimisesta erityisäitiysvapaan tarvetta harkittaessa. Työterveyslaitos 2006. 112 s.
- Townsend TG. Environmental issues and management strategies for waste electronic and electrical equipment. Journal of the Air & Waste Management Association 61:587-610, 2011. doi: 10.3155/1047-3289.61.6.587.
- Tsydoneva O & Bengtsson M. Chemical hazards associated with treatment of waste electrical and electronic equipment. Waste Management 31:45-58, 2011. doi: 10.1016/j.wasman.2010.08.14.
- Työsopimuslaki (55/2001)
- Työtäpaturma- ja ammattitautilaki (459/2015)
- Työteho-seura. Rakennusaikainen jätteiden lajittelu. TTS:n tiedote, Asuminen, teknologia ja palvelut, 5/2012 (669), ISSN 1799-554X, Vaasa 2012 .
- Työterveyshuoltolaki (1383/2001)
- Työterveyslaitos (2016) Hengittyvän ja alveolijakeisen pölyn tavoitetasomuistio. www.ttl.fi/tavoitetasot
- Työturvallisuuslaki (728/2002)
- Uusiouutiset 3/2017 Tieto haitta-aineista ei kulje kierrättäjälle, s. 32-33
- Valtioneuvoston asetus asbestityön turvallisuudesta (798/2015)
- Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta (151/2013)
- Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista (331/2013)
- Valtioneuvoston asetus kemiallisista tekijöistä työssä (715/2001)
- Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta (400/2008)

- Valtioneuvoston asetus laserlaitteista ja niiden tarkastuksesta (291/2008)
- Valtioneuvoston asetus maakaasun käsittelyn turvallisuudesta (551/2009)
- Valtioneuvoston asetus räjähdyskelpoisten ilmaseosten työntekijöille aiheuttaman vaaran torjunnasta (576/2003)
- Valtioneuvoston asetus sairausvakuutuslain täytäntöönpanosta (1335/2004)
- Valtioneuvoston asetus sairausvakuutuslain täytäntöönpanosta annetun valtioneuvoston asetuksen muuttamisesta (619/2015)
- Valtioneuvoston asetus terveystarkastuksista erityistä sairastumisen vaaraa aiheuttavissa töissä (1485/2001)
- Valtioneuvoston asetus työntekijöiden suojelemisesta melusta aiheutuville vaaroilta (85/2006)
- Valtioneuvoston asetus työntekijöiden suojelemiseksi optiselle säteilylle altistumisesta aiheutuville vaaroilta (146/2010)
- Valtioneuvoston asetus työntekijöiden suojelemiseksi sähkömagneettisista kentistä aiheutuville vaaroilta (388/2016)
- Valtioneuvoston asetus työntekijöiden suojelemisesta tärinästä aiheutuville vaaroilta (48/2005)
- Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta (403/2008)
- Valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien teollisen käsittelyn ja varastoinnin turvallisuusvaatimuksista (856/2012)
- Valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta (685/2015)
- Valtioneuvoston päätös rakennusjätteistä (295/1997)
- Valtioneuvoston päätös työntekijöiden suojelemisesta työhön liittyvältä biologisten tekijöiden aiheuttamalta vaaralta (1155/1993)
- Ympäristönsuojelulaki (527/2014)

Kiertotalous on lisääntymässä ja alalle odotetaan syntyvän runsaasti uusia työpaikkoja. Alan kasvaessa on huomioitava, että kiertotalouden töihin ja työmenetelmiin voi liittyä turvallisuuden riskitekijöitä. Kierrätettävien materiaalien turvallisilla keräys- ja käsittelytavoilla huolehditaan kiertotalouden työntekijöiden terveydestä.

Opas kertoo materiaalien kiertoon liittyvistä, työntekijöihin kohdistuvista terveydellisistä uhkista ja riskitekijöistä. Mukana ovat niin biologiset, kemialliset kuin fysikaalisetkin riskit ja tapaturmavaarat. Opas listaa työterveyden ja -turvallisuuden kannalta olennaisimmat työvaihteet materiaali- ja prosessikohtaisesti jaoteltuna. Opas tuo myös esille alalla käytössä olevia riskien hallinta- ja torjuntakeinoja ja antaa neuvoja riskien tunnistamiseen ja tiedostamiseen.

Oleellista on oppia tunnistamaan haitta- ja vaaratekijöitä sisältävät materiaalit ja työt mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jotta niistä aiheutuvia riskejä voidaan minimoida. Näin pystytään torjumaan uusia terveysuhkia eikä työpanosta menetetä ammattitautien, työperäisten sairauksien tai työtapaturmien vuoksi.

Työterveyslaitos
Arbetshälsoinstitutet
Finnish Institute of Occupational Health

PL 40, 00032 TYÖTERVEYSLAITOS

www.ttl.fi

ISBN "[nro]" (PDF)