



Jätteenpolton tuhkien terveys- vaikutukset

Päivi Oja

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2022

Sosiaali- ja terveystieteiden ylempi ammattikorkeakoulututkinto
Terveystieteiden ylempi tutkinto-ohjelma

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Terveyden edistämisen ylempi tutkinto-ohjelma
Työterveyshuolto

OJA, PÄIVI
Jätteenpolton tuhkien terveysvaikutukset

Opinnäytetyö 53 sivua, joista liitteitä 1 sivu
Toukokuu 2022

Työn tarkoitus oli selvittää, mitä raskasmetalleja jätteenpolton eri tuhkat sisältävät niin paljon, että niillä on mahdollinen terveysvaikutus ja pitääkö puolimetalli arseenia edelleen biomonitoroida. Tavoitteena oli saatuja tuloksia hyödyntäen edistää integroidun työterveyshuollon tietojen antoa, neuvontaa ja ohjausta eli TANO-toimintaa erityisen sairastumisen vaaraa aiheuttavan työn terveystarkastuksissa. Tutkimusongelmana oli selvittää, mitä raskasmetalleja tuhkissa on niin paljon, että niillä on terveysvaikutuksia.

Tutkimusaineistona käytettiin tuhkien vuosikokoomista tehtyjä XRF-analyysien tuloksia vuodesta 2014 vuoteen 2020. Niistä laskettiin jokaisen haitta-aineen oletettu pitoisuus, jos ilmassa olisi pölyä joko 10 mg/m^3 tai 2 mg/m^3 . Saatuja tuloksia verrattiin biomonitoroinneista vuodesta 2013 vuoteen 2021 saatuihin tuloksiin.

Tutkimuksen mukaan kahdella voimalaitoksella sekä vaarallisen jätteen polttolaitoksella saattaa altistua arseenille, lyijylle, kromille sekä vähäisemmässä määrin nikkelille ja hermostovaikuttaiselle mangaanille.

Työn tuloksia voidaan käyttää muilla vastaavilla voimalaitoksilla, joita yrityksellä on Ruotsissa ja Tanskassa. Tietoa tuhkien sisältämistä haitta-aineista kannattaa hyödyntää kaikkien tuhkien käsittelyyn osallistuvien TANO-toiminnassa, koska yrityksellä on vastuu koko tuhkan käsittelyprosessista. Tämä koskee myös urakoitsijoita ja käsittelykeskusten työterveyshuoltoja. Koska tupakointi lisää altistumisriskiä eri haitta-aineille ja biomonitoroinneissa viiterajan ylityksiä on todettu enemmän tupakoitsijoilla, työterveyshuollosta on tehty aloite Savuton työpaikka -hankkeesta.

Asiasanat: altiste, TANO-toiminta, raskasmetalli, tuhka, biomonitorointi

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Master's Degree in Health Promotion
Occupational Health

OJA, PÄIVI
Health Effects of Waste Incineration Ash

Master's thesis 53 pages, appendices 1 page
May 2022

Heavy metals were biomonitoring for many years and the aim of the study was to investigate if they are still biomonitoring in a relevant way.

Ash has been examined from waste incineration to determine heavy metals which might have health impacts. The purpose was to use the results to estimate the health impact.

The data were collected from XRF-analysis concerning ash from three waste incinerators. These results were compared with results of biomonitoring and assumption about it was dust concentration in the air 10 mg/m³ or 2 mg/m³.

The findings imply that the ash includes lead, cadmium, chrome and semi-metal arsenic. They increase the risk of cancer, cause mutagenicity and affect reproductive health, the bones, kidneys, nervous system and brain. These heavy metals and semi-metal arsenic should be biomonitoring from all employees who are working in the waste incineration plant.

The results will be used in occupational health care activities, as well as other similar waste incineration plants and ash treatment plants of companies in Finland, Sweden and Denmark. Further studies of occupational hygiene reports are needed to prove how much dust there is in the air of waste incineration plant.

Key words: exposure, informing, counselling and advising, heavy metal, ash, biomonitoring

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	TANO JA TYÖTERVEYSHUOLLON ERI TOIMINTAMUODOT	7
	2.1 TANO-toiminnan määritelmä.....	7
	2.2 TANO-toiminnan etiikka ja laatu.....	7
	2.3 TANO-toiminta altistetyössä.....	10
	2.4 Työterveyden ammattihenkilöt ja asiantuntijat	11
	2.5 Työpaikkaselvitys ja terveystarkastukset	13
3	YHTEISTYÖORGANISAATIO	16
4	TYÖHYGIENIAN KÄSITTEITÄ	18
	4.1 Työhygieeniset selvitykset	18
	4.2 HTP-arvot.....	19
	4.3 Biomonitorointi	20
	4.4 ASA-rekisteri	20
5	ARSEENIN JA RASKASMETALLIEN VAIKUTUS TERVEYTEEN	22
	5.1 Arseeni.....	22
	5.2 Elohopea.....	23
	5.3 Kadmium	24
	5.4 Kromi.....	25
	5.5 Lyijy.....	26
	5.6 Mangaani	27
	5.7 Nikkeli	27
6	TYÖN TARKOITUS, TUTKIMUSONGELMA JA TAVOITE.....	30
7	OPINNÄYTETYÖN TOTEUTTAMINEN	31
	7.1 Tuhka-analyysit ja biomonitorointi.....	31
	7.2 Aineiston kuvaus	32
8	TULOKSET	34
	8.1 Tuhka-analyysit.....	34
	8.2 Biomonitorointien analyysit	36
	8.3 Yhteenveto tuhka-analyyseistä ja biomonitoroinneista.....	40
9	POHDINTA	43
	9.1 Opinnäytetyön eettisyys ja luotettavuus	43
	9.2 Tulosten arviointi ja jatkokäyttömahdollisuus	44
	LÄHTEET.....	47
	LIITTEET	53
	Liite 1. Haitta-aineiden arvioidut pitoisuudet.	53

1 JOHDANTO

Suomessa yhdyskuntajätettä syntyi vuonna 2020 3,3 miljoonaa tonnia eli 596 kg henkilöä kohden. Suurin osa tästä poltetaan voimalaitoksilla ja hyödynnetään energiaksi tuottamalla sähköä ja lämpöä. (Tilastokeskus 2021.) Kaikki materiaali ei pala ja syntyy palamatonta kuonaa ja erilaisia tuhkia, jotka sisältävät terveydelle vaarallisia tai haitallisia aineita kuten raskasmetalleja. Poltettavasta jätteestä tulee palamatonta kuonaa ja tuhkaa 20–30 prosenttia (Kaartinen, Laine-Ylijoki & Wahlström 2007,15), joten tuhkaa joudutaan käsittelemään isoja massoja eri tavoilla.

Fortumin Waste Solutions Oy Riihimäellä toimivalla voimalaitoksella poltetaan yhdyskuntajätettä kahdessa arinapolttolaitoksessa ja vaarallista jätettä korkealämpötilapolttolaitoksella. Polttokäsittelyssä syntyy lentotuhkaa, kalkkituhkaa sekä kattilatuhkaa. Tuhkien käsittely pyritään tekemään suljetussa systeemissä, mutta hienojakoisuutensa vuoksi tuhkaa saattaa levitä ympäröiviin työskentelytiloihin. Tämän vuoksi työnantajan tulee arvioida tuhkien aiheuttamat terveysriskit ja pyrkiä saamaan ne niin alhaisiksi kuin mahdollista. Silloin, kun riskiä ei voida alentaa riittävästi, tulee työntekijälle antaa käyttöön tarvittavat henkilönsuojaimet sekä opastaa, valvoa ja motivoida niiden käyttöön. (Vna 427/2021.)

Voimalaitosten polttoprosesseissa syntyvissä tuhkissa on raskasmetallien lisäksi myös muita terveydelle vaarallisia tai haitallisia yhdisteitä, mutta tässä työssä perehdytään tuhkien sisältämiin raskasmetalleihin, puolimetalli mangaaniin sekä arseeniin. Arseenin ja raskasmetallien pitoisuutta työntekijöiden veressä ja virtsassa seurataan terveystarkastuksissa. Nykyisin raskasmetalleista tutkitaan kadmium ja lyijy säännöllisesti ja satunnaisesti elohopea, epämetalli arseeni tutkitaan säännöllisesti ja hitsaustyötä tekeviltä tutkitaan nikkeli ja kromi. Työterveyslaitoksen (n.d.a) asiantuntijoiden mukaan polttolaitosten tuhkien ja kuonien haitta-aineista tärkeimmät ovat mangaani ja lyijy ja puolimetalli arseeni. Syöpävaarallisuutensa vuoksi arseeni on mukana tässä työssä.

Tässä työssä käsitellään tietojen antoa, neuvontaa ja ohjausta (TANO-toiminta) eri ammattihenkilöiden ja asiantuntijoiden näkökulmasta, työterveyshuollon eri prosesseissa sekä erityistä sairastumisen vaaraa aiheuttavassa työssä. Tässä työssä on erityistä sairastumisen vaaraa aiheuttavaksi työksi valittu jätteenpolton tuhkien ja kuonien raskasmetalleille, arseenille ja mangaanille altistava työ integroidun työterveyshuollon näkökulmasta. Työssä käsitellään myös työterveyshuollon TANO-toiminnan laatua ja etiikkaa.

Opinnäytetyössä korostuu työterveyshuollon eri asiantuntijoiden moniammatillinen yhteistyö. Erityiset kiitokset asiantuntevasta ja kannustavasta yhteistyöstä johtava työterveyslääkäri Lotta Autiolle ja työhygieenikko Kati Johanssonille.

2 TANO JA TYÖTERVEYSHUOLLON ERI TOIMINTAMUODOT

2.1 TANO-toiminnan määritelmä

TANO eli tietojen anto, neuvonta ja ohjaus on työterveyshuollolle määriteltyä lakisääteistä toimintaa, jonka tarkoituksena on tuottaa työterveyttä työpaikoille, lisätä työkykyyn vaikuttavaa tietämystä sekä yksilö että yhteisötasolla ja tukea myönteistä asennetta työhön ja sen tekemiseen. Valtioneuvoston asetuksessa hyvästä työterveyshuoltokäytännöstä määritellään se, mitä tietojen antaminen, ohjaus ja neuvonta pitävät sisällään sekä kenelle ja milloin sitä annetaan. TANO on lakisääteisesti ohjattua toimintaa, jota työterveyshuoltoyksiköt toteuttavat työterveyshuollon eri toiminnoissaan. TANO-toiminta kohdistuu sekä työnantajaan että työntekijään. (Työterveyshuoltolaki 1383/2001; VNa 708/2013.)

Työterveyshuollossa TANO-toimintaa toteutetaan kaikessa toiminnassa kuten työterveyshuoltolaki (1383/2001) ja valtioneuvoston asetus (708/2013) edellyttävät. Työterveyshuoltoyhteistyö alkaa yrityksen kanssa työterveyshuoltosopimuksen teolla, jonka jälkeen alkaa työterveyshuoltotoiminnan suunnittelu (Palmgren, Laine, & Koskela 2014b, 277).

2.2 TANO-toiminnan etiikka ja laatu

Työterveyshuoltotoiminta perustuu lakiin ja asetuksiin, jotka määrittävät työterveyshuollon toiminnan. Työnantajaa velvoittaa lainsäädäntö, eikä työnantaja voi siirtää omia velvoitteitaan työterveyshuollolle. Terveystieteiden ammattilaisten toiminnan tulee perustua tutkittuun ja näyttöön perustuvaan tietoon ja ammatilliseen osaamiseen sekä harkintaan. Aina ei tutkittua tietoa ole ja silloin täytyy toimia parhaan kokemuksellisen tiedon pohjalta. Työterveyshenkilöstön tehtävänä on terveyden edistäminen ja työkykyyn ylläpitäminen, sairauksien ehkäiseminen sekä kärsimysten lievittäminen. Työssä tulee ottaa huomioon työpaikan työolosuhteet ja niiden terveydelliset vaikutukset työntekijöihin. Työterveyshuollon toi-

minnan tulee sisältää promootion sekä primääri- sekundääri- ja tertiääripreven- tion. Työterveyshuollon toimintaan vaikuttavat myös erilaiset yhteiskunnan ta- holla tehtävät poliittiset päätökset sekä EU-direktiivit, jotka määrittävät erilaiset minimitasot myös työterveys- ja työturvallisuuslainsäädännölle. (Rautio 2014, 81–89.)

Työterveyshuollossa eettisen haasteen asettavat työympäristön toimijat. Tässä tilanteessa tulee muistaa työterveyshuollon riippumaattomuus ja muistuttaa siitä tarvittaessa eri yhteistyötahoja. Kaikkia osapuolia kohdellaan oikeudenmukai- sesti ja pyritään säilyttämään luottamus, joka on tärkeä perusta eri tahojen kanssa tehtävälle yhteistyölle. Työntekijöitä tulee kohdella tasavertaisesti ja muistaa erityisesti haavoittuvassa asemassa olevien työntekijöiden oikeus työ- hön ja ammattitaitoiseen ohjaukseen ja neuvontaan. Työterveyshuollossa toimi- villa on ammattieettinen velvollisuus huolehtia oman ammattitaidon ylläpitämi- sestä, jotta toiminnan voidaan sanoa perustuvan uusimpaan tutkittuun tietoon ja hyvään ammattitaitoon. Ajantasaisen tiedon ylläpitoon tuovat uusia haasteita jat- kuvasti muuttuva työelämä sekä muutokset työssä ja työn tekemisessä. Omalla työllään myös työterveyshuolto pyrkii eriarvoisuuden poistamiseen yhteiskun- nasta sekä terveyserojen kaventamiseen. Ammattietiikkaan kuuluu myös omien virheiden sekä eettisten jännitteiden ja ristiriitojen tunnistaminen sekä pyrkimys niiden ratkaisemiseen. (Etiikan tila sosiaali- ja terveystalalla 2012; Rautio 2014, 81–89.)

Laadukas TANO-toiminta sisältää suunnitelmallisen moniammatillisen yhteistyön sekä yhteistyön työnantajatahon kanssa. Tarpeet ja tavoitteet TANO-toiminnalle saadaan kattavista tiedoista yrityksestä ja sen toiminnasta. Tietoja saadaan työ- paikkaselvityksillä, terveystarkastuksilla, työnantajalta sekä muilla työterveys- huollon menetelmillä. TANO-toiminnan suunnittelussa huomioidaan se, mille kohderyhmille se kohdistetaan, miten sitä toteutetaan ja mitä se sisältää. Tarkoi- tus on saavuttaa asetetut tavoitteet mahdollisimman tehokkain keinoin. Samalla päätetään työterveyshuollon edustajien ja muiden asiantuntijoiden käyttö tavoit- teiden saavuttamiseksi. (Palmgren ym. 2014a, 237–250 .) Terveysosaamisen li-

säämiseen työpaikalla tarvitaan Palmgrenin (2012) mukaan tietoa, taitoa, asennetta ja arvoja, toimintaa ja toimintatapoja sekä olemassa olevat toimintamallit ja -käytännöt.

TANO-toiminnan suunnittelussa voi käyttää apuna TANO-matriisia. Siihen kirjataan TANON osa-alueet, kohderyhmät, tavoitteet, missä ja milloin toteutetaan, sen sisältö sekä miten sitä toteutetaan. Toiminnan seuranta, arviointi sekä esille tulleet kehitystarpeet kirjataan suunnitelmaan. Työterveyshuollon toimintasuunnitelman päivityksen yhteydessä käydään läpi myös TANO-toimintaa ja sen vaikuttavuutta ja tehdään tulevan toiminnan suunnittelu. (Palmgren ym. 2014a, 244–245.)

Timo Leinon Työterveyslaitoksen luennossa 8.1.2020 todetaan yhteenvetona Takalan ym. (2019) tutkimuksesta, että laadukkaan työterveyshuoltotoiminnan haasteina ovat yhtenäisen laatukriteeristön kehittäminen, työterveyshuollon erilaiset tietojärjestelmät, rakenteisen kirjaamisen puutteellisuus, työprosessien muutokset, työterveyshuollon työntekijöiden osaamisen puutteet sekä kustannustehokkuuden aiheuttamat paineet laadukkaalle ja vaikuttavalle työterveyshuoltotyölle.

Työterveyshuollon toiminnalle on tärkeää hyvä yhteistyö asiakasyrityksen kanssa. Tämä luo pohjan luottamukselliselle ja vuorovaikutteiselle yhteistyölle. Asiakassuhteen luominen alkaa heti, kun yhteistyötä aletaan rakentamaan ja työterveyshuollon sopimusneuvotteluja käydään. Palmgren (2012) on sitä mieltä, että yhteistyö asiakasyrityksen ja työterveyshuollon välillä on jopa edellytys sille, että TANO on vaikuttavaa. Hyvällä yhteistyöllä työterveyshuolto saa tarvitsemiin tietoja, joita se voi hyödyntää terveystarkastusten yhteydessä. Integroidussa työterveyshuollossa yhteistyö yrityksen eri toimijoiden välillä on luontevaa ja helppompaa ja se takaa paremman tiedon kulun. Tämä lisää TANO-toiminnan vaikuttavuutta sekä mahdollistaa paremman vaikuttavuuden arvioinnin ja seurannan.

2.3 TANO-toiminta altistetyössä

Työterveyshuollossa tietojen antaminen neuvonta ja ohjaus on mukana lähes kaikessa työterveyshuollon toiminnassa, mutta sitä voidaan toteuttaa myös itsenäisenä toimintana. Valtioneuvoston asetuksessa (708/2013) määritellään se, mitä työterveyshuollossa neuvonta ja ohjaus pitävät sisällään, kenelle sitä suunnataan sekä miten sitä toteutetaan. Toiminnan tulee olla suunnitelmallista ja sitä toteuttavat kaikki työterveyshuollon ammattihenkilöt ja asiantuntijat. TANO-toiminnan kohteena ovat sekä työntekijät että työnantaja sekä muut työpaikoilla olevat toimijat. (Palmgren ym. 2014a, 238–239.). Yhteistyön tavoitteena on työntekijän terveyden ja työ- ja toimintakyvyn tukitoiminta työuran eri vaiheissa, sairauksien ja tapaturmien ehkäisy työpaikalla, työn ja työympäristön terveyden ja turvallisuuden edistäminen sekä työyhteisön toiminnan tukeminen ja kehittäminen. (STMb.)

Työterveyshuollossa toimivilta ammattihenkilöiltä ja asiantuntijoilta vaaditaan laajaa osaamista ja tietoa työstä sekä erilaisten töiden asettamista vaatimuksista terveydelle. Työn tulee olla laadukasta, suunnitelmallista, systemaattista ja sen vaikuttavuutta tulee seurata. Työterveyshuoltolaki (1383/2001) ja valtioneuvoston asetus (708/2013) määrittävät tarvittavat koulutukset. Näin taataan se, että työterveyshuollossa on riittävästi osaamista ja asiantuntijuutta TANO-toiminnan toteuttamiseksi. Tämä vaatii jatkuvaa kouluttautumista ja ammattitaidon ylläpitämistä.

TANO-toiminta tuhkien eri haitta-aineille altistavassa työssä vaatii tietoa työstä, työn tekemisestä sekä altisteista. Ohjauksessa tulee tunnistaa terveyskäyttäytymisen vaikutukset altistumiseen sekä altistumisen vaikutus työntekijän terveyteen. Henkilönsuojainten käytön merkityksen korostaminen on tärkeää eri haitta-aineilta suojautumisessa.

2.4 Työterveyden ammattihenkilöt ja asiantuntijat

Työterveyshuoltolaki (1383/2001) ja valtioneuvoston asetus (708/2013) määrittävät työterveyshuollossa toimivista ammattihenkilöistä sekä asiantuntijoista ja heidän koulutuksestaan.

Lääkärit

Työterveyshuollossa toimivilla ammattihenkilöillä tulee olla työterveyshuoltoon erikoistavaa koulutusta. Työterveyshuollon ammattihenkilöistä päätoimisesti toimivilla laillistetuilla lääkäreillä tulee olla työterveyshuollon erikoislääkärin pätevyys. Päätoimiseksi työ katsotaan, jos työstä on viikossa 20 tuntia tai enemmän työterveyshuollossa tehtävää työtä. Vastaavasti osa-aikaisesti työterveyshuollossa työtä tekevän laillistetun lääkärin tulee olla käynyt vähintään viidentoista opintopisteen työterveyshuollon koulutus kahden vuoden kuluessa siitä, kun hän on aloittanut työterveyshuollon työt. (STMb.) Erityistä sairastumisen vaaraa aiheuttavissa töissä tarvitaan työlääketieteen osaamista vaarojen arviointiin ja terveystarkastusten suunnitteluun (Leino ym. 2019, 20). Ammattitaidon ylläpitämiseksi työterveyslääkärin täydennyskoulutusta pitäisi olla keskimäärin seitsemän päivää vuodessa (STMb 2017, 13.)

Terveydenhoitajat

Työterveyshuollossa työskentelevällä terveydenhoitajalla tulee olla terveydenhoitajan koulutuksen lisäksi työterveyshuoltoon pätevöittävää koulutusta vähintään viisitoista opintopistettä. Samoin kuin lääkäreillä tämä koulutus tulee suorittaa kahden vuoden kuluessa työterveyshuollossa työskentelyn aloituksesta. (VNa 708/2013). Työterveyshoitaja toteuttaa käytännössä terveystarkastuksia ja koordinoi työterveyshuoltotoimintaa (Leino & Österbacka 2019, 31). Ammatillista osaamista tarvitaan erityistä sairastumisen vaaraa aiheuttavien terveystarkastusten toteuttamisessa. Ammattitaidon ylläpitävään täydennyskoulutukseen tulee työterveyshoitajan osallistua kuten lääkäreidenkin keskimäärin seitsemän päivää vuodessa (STMc 2017, 13.)

Fysioterapeutit

Työterveyshuollossa voi asiantuntijoina toimia laillistettu fysioterapeutti, joilla on suoritettu vähintään viidentoista opintopisteen laajuinen työterveyshuollon koulutus kahden vuoden kuluessa asiantuntijan työn aloituksesta. Sosiaali- ja terveysministeriön (2021) tiedotteessa 17.6.2021 on ilmoitettu, että 1.1.2022 alkaen työterveysfysioterapeutit ovat ammattihenkilöitä eivätkä enää asiantuntijoita. Tällä on tarkoitus vahvistaa kuntoutusyhteistyötä työterveyshuollossa ja taata oikea-aikainen työkyvyn ja kuntoutustarpeen arviointi tuki- ja liikuntaelinsairauksissa. Tällä on vastattu haasteisiin tuki- ja liikuntaelin vaivoista johtuviin sairauslomiin. Toivottavasti tulevaisuudessa myös työterveyspsykologeista tulisi ammattihenkilöitä asiantuntijuuden sijasta. Fysioterapeuteilla on sama täydennyskoulutusvaatimus kuin lääkäreillä ja terveydenhoitajillakin (STMc 2017, 13).

Työhygienian asiantuntijat

Työhygienian asiantuntijan tulee suorittaa 60 opintopisteen verran työhygieniaan kuuluvia erityisopintoja ja sen lisäksi hänellä tulee olla alan soveltuva korkeakoulututkinto tai muun vastaavan alan aikaisempi ammatillinen tutkinto. Tämän lisäksi pitää olla työterveyshuoltoon pätevöittävää koulutusta vähintään kahden opintopisteen verran. Työterveyshuollossa asiantuntijana toimivan työhygienian asiantuntijan tulee pitää ammatillista osaamista yllä osallistumalla vuosittain 1–3 päivää ammatilliseen täydennyskoulutukseen. (STMc 2017, 14.)

Psykologi ja muut asiantuntijat

Työterveyshuollossa voi toimia asiantuntijana psykologi, jolla on vähintään viidentoista opintopisteen laajuinen koulutus työterveyshuollosta suoritettuna kahden vuoden kuluessa asiantuntijatehtävien alkamisesta. Muilla työterveyshuollossa toimivilla asiantuntijoilla tulee peruskoulutuksen lisäksi olla kahden opintopisteen laajuinen työterveyshuoltoon pätevöittävä koulutus. (Vna 708/2013.)

Työterveyspsykologit ovat moniammatillisen tiimin jäseniä asiantuntijoina työ- ja toimintakyvyn sekä työyhteisöjen toimivuutta tukevassa työterveyshuollon toiminnassa. Työterveyspsykologi toimii yksilön sekä työyhteisön kuormitustekijöiden ehkäisemiseksi ja niiden varhaiseksi tunnistamiseksi. Hän voi tehdä niin yksilövastaanottoa kuin työyhteisöön kohdistuvaa työtä hyvinvoinnin ja toimintakyvyn edistämiseksi. (Työterveyslaitos n.d.c.)

2.5 Työpaikkaselvitys ja terveystarkastukset

Työterveyshuollon ja asiakasyrityksen yhteistyö ja toiminta perustuu siihen, että työterveyshuolto tuntee työpaikan, sen työskentelyolosuhteet ja jokaiselle työpaikalle ominaiset terveysriskit. Tämän vuoksi työpaikkakäynti ja työpaikkaselvitykset tehdään. Työterveyshuollon koko toimintasuunnitelma perustuu työpaikkaselvitykseen ja siitä saataviin tietoihin. Työpaikkakäynti tehdään aloitustilanteen lisäksi silloin, kun työ tai työolosuhteet muuttuvat olennaisesti tai työterveyshuoltoon on tullut tietoja, jotka edellyttävät työpaikkaselvityksen tekemistä. Nykyisin työt ja työolosuhteet voivat muuttua hyvinkin nopeasti, joten työterveyshuollon toimintasuunnitelmaan laaditaan valmiiksi aikataulu perusselvityksen päivittämiseksi 3–5 vuoden välein mutta se voidaan tehdä aiemminkin. (Työterveyslaitos n.d.d.)

Työpaikkakäynnistä tehdään työpaikkaselvitysraportti, missä kirjataan terveydellisen riskin arviot, kuormitustekijät sekä voimavarat. Työnantaja saa kirjallisena erilaisia toimenpide-ehdotuksia riskien pienentämiseksi tai poistamiseksi sekä tietoa ja ohjeita asioiden selvittämiseksi. Työpaikkaselvityksessä hyödynnetään työpaikalla tehdyt riskiarviointit, sairauspoissaolotilastot, henkilöstökyselyjen tulokset ja sellaiset tiedot, jotka mahdollistavat mahdollisimman kattavat tiedot työpaikasta, työolosuhteista ja työhyvinvoinnista työpaikalla. (Palmgren ym. 2014b, 276.)

Työpaikkaselvitysraportissa tulee olla kirjattuna myös työpaikan voimavarat sekä työssä jaksamista edesauttavat tekijät ja niiden merkitys työkyvylle ja terveydelle. Erilaiset työpaikan muutostilanteet on hyvä kirjata työpaikkaselvitykseen sekä huomioida niiden vaikutukset työntekemiseen sekä mahdolliset vaikutukset työhyvinvoinnille. (Työterveyslaitos n.d.d; Palmgren ym. 2014b, 276.)

Työpaikkaselvitysraporttia varten työnantajalla on velvollisuus antaa tietoja työpaikan olosuhteista ja altisteista, työn fyysisestä ja psykososiaalisesta kuormittavuudesta, työjärjestelyistä sekä tapaturma- ja väkivaltavaaroista. Työterveyshuollon tehtäviin kuuluu työpaikan ensiapuvalmiuden, ensiaputaitojen ja ensiapu

välineiden tarpeen arviointi ja ohjeistus niiden järjestämiseksi. (Työterveyslaitos n.d.d; VNa 708/2013). Raportista annetaan kirjallinen ja suullinen palaute yhdessä työpaikan edustajien kanssa. Siinä yhteydessä käydään läpi toimenpideehdotukset ja sovitaan yhdessä työpaikan kanssa niiden toteutuksen ja vaikuttavuuden seurannan aikataulu. Tarvittaessa päivitetään työterveyshuollon toimintasuunnitelma. Työnantajan velvollisuus ja vastuu on huolehtia, että työpaikkaselvitykset tulee tehtyä ajallaan ja että ne ovat työntekijöiden nähtävillä sekä sovitut toimenpiteet tulee tehtyä. (Työterveyslaitos n.d.d)

Terveystarkastusten tekeminen työterveyshuollossa perustuu työterveyshuoltolakiin (1383/2001), valtioneuvoston asetukseen (1485/2001) terveystarkastuksista erityistä sairastumisen vaaraa aiheuttavissa töissä, erilaisiin säädöksiin tai muihin määräyksiin, kansainvälisiin suosituksiin tai työmarkkinasopimukseen. Lakiin, säädöksiin tai muihin määräyksiin perustuvista terveystarkastuksista annetaan aina kirjallinen työhön sopivuuslausunto. Terveystarkastusten yhteydessä tehdään työntekijälle henkilökohtainen terveystarkastus. Terveystarkastusten tavoitteena on työstä aiheutuvien terveydellisten riskitekijöiden ennaltaehkäisy ja varhainen toteaminen sekä sairauden hoito ja kuntoutukseen ohjaus. (Liira, Rautio & Leino 2019, 190–208.)

Terveystarkastuksissa TANO-toiminta on kaksijakoista, kuten työterveyshuolto-laissa (1383/2001/1§) tulee esille. Laissa tavoitteena on työstä johtuvien tapaturmien ja sairauksien ehkäiseminen sekä työympäristön terveellisyyden ja turvallisuuden edistämien, mutta samalla tukea työntekijöiden terveyttä ja toimintakykyä koko työuran ajan huomioiden samalla koko työyhteisön hyvinvointi. Terveystarkastusten sisällöstä sovitaan, kun työterveyshuollon toimintaa suunnitellaan yrityksen ja työterveyshuollon kesken. Suunnittelussa käytetään hyväksi työpaikkaselvityksen johtopäätöksiä ja huomioidaan työ, työolosuhteet ja niiden mahdolliset kuormitustekijät terveyteen ja työkyvyn hallintaan. Toimialoittain tai kuormitustekijöistä johtuen voi olla velvoitteita ja ohjeita siitä, miten ja milloin terveystarkastukset tulee tehdä. Tällaisia ovat esimerkiksi työstä johtuvat kemialliset vaaratekijät tai yötyö. (Työterveyslaitos n.d.d.)

Terveystarkastusten yhteydessä työntekijät saavat tietoa työn vaaroista ja haitoista, niiltä suojautumisessa sekä työkykyyn ja työhyvinvointiin vaikuttavista tekijöistä. Työtä aloitettaessa on tärkeää opastaa ja ohjata terveellisiin ja turvallisiin työmenetelmiin ja työtapoihin ja kertoa ammattitautiriskeistä ja työtapaturmista ja niiden ehkäisystä. Työterveyshuolto osallistuu omalta osaltaan perehdytykseen, kun se koskee työturvallisuutta tai työterveyshuoltoa. (Leino ym. 2019, 14–18.)

Altistelähtöinen terveystarkastus

Työterveyslääkäri vastaa altistelähtöisten terveystarkastusten tarpeen arvioinnista ja sisällön suunnittelusta (Leino & Österbacka 2019, 31). Altistelähtöisiä terveystarkastuksia tehdään työssä, jossa työntekijä voi altistua erityistä sairastumisen vaaraa aiheuttavalle tekijälle, jota ei ole pystytty työstä poistamaan. Altisteista työtä aloitettaessa tehdään työntekijälle alkutarkastus, jossa lääkäri tekee kliinisen tutkimuksen ja sen lisäksi se voi sisältää laboratoriotutkimuksia, altistetutkimuksia sekä toimintakokeita. Alkutarkastus olisi hyvä suorittaa jo ennen työsuhteen alkamista, mutta se tulisi tehdä viimeistään kuukauden kuluessa työn aloittamisesta. (Leino & Österbacka 2019, 29.) Työterveyshuollon tehtävä on arvioida altistelähtöisessä terveystarkastuksessa työntekijän sopivuus työhön terveyden puolesta. Työntekijöiden terveydentilaa seurataan säännöllisesti määräaikaistarkastuksin. Näissä terveystarkastuksissa seurataan sitä, onko jäännösriskin hallinnassa onnistuttu niin, ettei työntekijä ole sairastunut. Samalla arvioidaan työntekijän työhön soveltuvuutta. Näitä terveystarkastuksia työnantajan on järjestettävä ja työntekijällä on velvollisuus osallistua niihin. Tarkastuksista annetaan kirjallinen lausunto työhön sopivuudesta. (Oksa ym. 2019, 19–20; Työterveyslaitos n.d.d.) Tarkastukset voivat sisältää kliinisen tutkimuksen lisäksi laboratorioskokeita, altistetutkimuksia sekä muita tutkimuksia.

3 YHTEISTYÖORGANISAATIO

Yritys nimeltä Oy Suomen Ongelmajäte – Finlands Problemafäll Ab kirjoitettiin 14.12.1979 kaupparekisteriin. (Koivukoski 1992, 14). Riihimäki-liike perustettiin hanketta vastustamaan ja se järjesti mielenilmauksia ja piti aktiivista vastustus-kampanjointia paikallislehdissä. Kaiken taustalla oli pelko siitä, että ongelmallisia jätteitä käsittelevä laitos saastuttaa ympäristöä ja että sen päästöt vaikuttavat asukkaiden terveyteen. Riihimäen silloinen kaupunginjohtaja oli hankkeen kannattaja. Hän ja hänen kannallaan olevat virkamiehet sekä yrityksen hankemiehet joutuivat jopa tappouhkailun kohteeksi. Alkuperäinen nimivalinta ei ollut paras mahdollinen. Alkuperäisistä hankemiehistä eräs sanoi, että siinä oli kaksi negatiivista sanaa: ongelma ja jäte. Nimi muutettiin vuonna 1985 Ekokem Oy Ab:ksi. Yritys perustettiin yleishyödylliseksi laitokseksi, joka ei tuottanut omistajilleen voittoa. (Perko & Perko 2004, 24–29, 63.)

Historiaan perehtymällä vasta ymmärtää, miten tärkeää on tiedottaa naapurustolle tai kaupungin viranomaisille kaikesta toiminnan poikkeavuuksista asukkaiden ja naapurien luottamuksen säilyttämiseksi. Alkuaikoina pidettiin usein tiedotustilaisuuksia lähialueen asukkaille sekä avoimien ovienpäiviä kuntalaisille. Ihmiset saivat kiertää laitoksella ja tutustua toimintaan. Laitoksen toimintaa määrittävät lukuisat lait yleislakina ympäristönsuojelulaki (527/2014) ja valtioneuvoston asetus ympäristönsuojelusta (713/2014). Tämä takaa sen, että toiminta on hyvin tarkasti säänneltyä sekä valvottua ja kaikesta toiminnasta raportoidaan eri viranomaisille. Laitos oli ensimmäinen laatuaan Suomessa, joten senkin vuoksi se herätti paljon mielenkiintoa ja samalla runsaasti vastustusta. Toimintaan kuului erilaisten koulutusten järjestäminen, opetusmateriaalin tekeminen vaarallisista jätteistä ja niiden käsittelystä sekä yhteistyö paikallisten toimijoiden kanssa sekä kummikoulutoiminta 1996 alkaen. (Perko & Perko, 2004 177–179.)

Nykyisin laitoksen kokonaispinta-ala on noin 28 hehtaaria. Alueella sijaitsevat korkealämpötilapolttolaitos, kaksi arinapolttolaitosta, muovijalostamo sekä näiden laitosten tarvitsemat erilaiset tukitoiminnot (kuva 1). Laitoksilla käsitellään

vaarallisia jätteitä, yhdyskuntajätettä sekä muita jätėjakeita. Laitos tuottaa kauko-lämpöä ja sähköä niin Riihimäen kuin Hyvinkäänkin asukkaille ja kiinteistöille. (Fortum 2022.) Jätelaissa (646/2011) vaarallinen jäte on jätettä, jolla on jokin vaaraominaisuus kuten palo- tai räjähdysvaarallisuus tai se voi olla tartuttavaa tai muuten vaarallista terveydelle ja ympäristölle. Tavanomainen jäte luokitellaan jätelaissa (646/2011) aineeksi tai esineeksi, joka on poistettu tai aiotaan poistaa käytöstä tai sen haltija joutuu poistamaan käytöstä.



KUVA 1. Fortum Waste Solutions Oy Riihimäen laitosalue. (Fortum 2022)

4 TYÖHYGIENIAN KÄSITTEITÄ

4.1 Työhygieeniset selvitykset

Työhygieenisillä selvityksillä pyritään kemiallisten, fysikaalisten ja biologisten riskien tunnistamiseen, kartoittamiseen sekä torjuntaan. Suurelta osin työhygieenin toiminta pyrkii altisteiden määrän ja laadun selvittämiseen sekä riskinarviointien tekoon työpaikoilla. Asiantuntijoina työhygieenisia mittauksia tekevät henkilöt selvittävät ja ehdottavat myös työhygieenisten ongelmien torjunta- ja ratkaisumahdollisuuksia. (Työturvallisuuskeskus 2015, 3.)

Euroopan kemikaalivirasto (ECHA) ja sen riskinarviointikomitea (RAC) ovat vuodesta 2019 alkaen antaneet tieteellisiä lausuntoja altistumisten raja-arvoista jäsenmailleen. Raja-arvot (OEL-arvot) perustuvat laajaan tutkittuun tietoon ja ne ovat lakisääteisiä. Ne ilmoittavat kemikaalille raja-arvon, jota pidetään työntekijän terveyden kannalta turvallisena altistustasona työpaikan ilmassa. Näiden raja-arvojen tarkoitus on, että työntekijät eivät hengitä kemikaaleja höyryinä, sumuina tai pölyinä. (ECHA n.d.) Raja-arvot eivät huomioi työntekijöiden yksilöllisiä ominaisuuksia, vaan ne ovat kaikille samat.

Työympäristön haittatekijöille on sitovia lakisääteisiä raja-arvoja ja ohjeellisia arvoja. HTP-arvot eli haitallisiksi tunnetut pitoisuudet ovat sosiaali- ja terveysministeriön asettamia lakisääteisiä ohje-arvoja. Sitovia raja-arvoja on säädetty esimerkiksi lyijylle. Jos sitova raja-arvo ylittyy työilmassa, täytyy työnantajan ryhtyä välittömästi toimenpiteisiin, joilla altistumista vähennetään. Ensisijaisesti pyritään työmenetelmät suunnittelemaan turvallisiksi sekä tekemään teknisiä ratkaisuja altistumisen vähentämiseksi ja vasta tämän jälkeen päätetään tarvittavat henkilönsuojaimet. (HTP-arvot 2020 2020, 10–11, 21.)

4.2 HTP-arvot

HTP-arvot eli haitallisiksi tunnetut pitoisuudet, ovat työilman epäpuhtauksille asetetut arvot, jotka on huomioitava, kun työntekijöiden altistumista, työilman epäpuhtautta tai mittaustulosten merkitystä arvioidaan. Ne ilmoitetaan kahdeksan tunnin ja 15 minuutin keskipitoisuuksina. Raja-arvot on annettu yksittäisille aineille, jos altistumista on usealle aineelle samanaikaisesti tai peräkkäin, tulee se huomioida. Ne ovat työturvallisuuslakiin ja sosiaali- ja terveysministeriön asetukseen perustuvia. Uusin asetus on päivätty 1.9.2020 ja seuraava päivitys on tarkoitus tehdä vuonna 2022. HTP-arvot päivitetään noin kahden vuoden välein. Sitovat raja-arvot on annettu 25 syöpäsairauden vaaraa aiheuttavalle aineelle sekä erikseen asbestille ja lyijylle. (HTP-arvot 2020 2020, 10–11,21.)

Mikäli työpaikalla pysytään alle asetettujen HTP-arvojen, on epätodennäköistä, että työntekijän terveydelle, turvallisuudelle tai lisääntymisterveydelle aiheutuu työssä haittaa tai vaaraa. Aina se ei kuitenkaan toteudu, vaikka pitoisuudet ovat alle HTP-arvojen, vaan henkilökohtaiset ominaisuudet voivat vaikuttaa esimerkiksi syövän syntymiseen pienilläkin pitoisuuksilla altistuttaessa syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille. Mikään pitoisuus ei ole täysin turvallinen. (HTP-arvot 2020 2020,10.) Tämän vuoksi työterveyshuollon toiminta työntekijöiden terveyden säännöllisessä seurannassa on tärkeä.

Pääosin altistuminen työssä tapahtuu hengitysteiden kautta. Raskaassa työssä hengityksen voimistuessa elimistöön hengitetään ilman epäpuhtautta enemmän ja altistumista voi tapahtua, vaikka ilman HTP-arvoa ei ylitetäkään. Tämä tulee huomioida työntekijöiden kokonaisriskiä arvioitaessa. Osa altistumisesta tapahtuu myös ihon kautta sekä ruoansulatuselimistön kautta. (HTP-arvot 2020 2020, 10.)

HTP-arvojen muutokset perustuvat sosiaali- ja terveysministeriön asetukseen, joten niitä pitää noudattaa. (HTP-arvot 2020 2020, 10.) Koska HTP-arvot voivat muuttua lisääntyvän tutkimustiedon myötä, on tärkeää tietää niissä tapahtuvat

muutokset. Muuttuneet HTP-arvot voivat vaikuttaa biomonitorointiin sekä aiheuttaa tarpeen työhygieenisille mittauksille. Ajoittain täytyy myös tarkastella kriittisesti työskentelytapoja sekä käytössä olevien suojainten asianmukaisuutta.

4.3 Biomonitorointi

Biomonitoroinnilla eli biologisella altistumismittauksella arvioidaan elimistön kemikaalikuormaa tai viimeaikaista altistumista. Altistumismittauksilla arvioidaan altistumiseen liittyviä terveysriskejä sekä seurataan mahdollisia altistumisia. Näytteitä voidaan tutkia kokoverestä, seerumista tai virtsasta. Niistä määritetään joko altistava kemikaali tai sen aineenvaihduntatuote. Biomonitoroinnilla ei erotella altistumisreittiä vaan se kuvaa sekä ihon, hengitysteiden että ruonsulatuskanavan kautta tapahtuneen kokonaisriskin ja mahdollisen altistumisen. Biomonitoroinnit voivat täydentää työhygieenisin mittauksin saatuja tuloksia. Saatuja tuloksia verrataan lyijyn kohdalla valtioneuvoston asettamaan ehdottomaan raja-arvoon ja muutoin sosiaali- ja terveysministeriön antamiin ohjeraja-arvoihin, jotka ovat johdettu työilman HTP-arvosta vastaten kahdeksan tunnin altistumista HTP-tasolla. (Työsuojelu.fi 2020).

4.4 ASA-rekisteri

ASA-rekisteri on syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille ja menetelmille ammatissaan altistuvien luettelo ja rekisteri, jota on vuodesta 1979 lähtien ylläpitänyt Työterveyslaitos. Rekisterin pitäminen perustuu lakiin samoin kuin työnantajan velvoite tehdä ASA-rekisteriin ilmoitus vuosittain maaliskuun loppuun mennessä. Työnantajan tulee pitää luetteloa työpaikalla käytettävistä aineista, seoksista ja niiden käyttömääristä sekä työmenetelmistä, jotka aiheuttavat syöpäsairauden vaaraa tai vaikuttavat perimään. Työpaikalla tulee olla myös luettelo henkilöistä, jotka altistuvat tällaisille tekijöille. Päivitetty laki syöpäsairaudenvaaraa aiheuttaville aineille ja menetelmille ammatissaan altistuvien luettelosta ja rekisteristä (452/2020) tuli voimaan 1.9.2020.

Työtekijän ilmoittaminen täytyy tehdä ASA-rekisteriin, kun altistuminen on todettu biologisilla altistemittauksilla, työhygieenisillä mittauksilla tai muilla selvityksillä ja mittauksilla. Mikäli näitä tietoja ei ole, ilmoitetaan rekisteriin henkilöt, jotka ovat altistuneet merkittävän osan työpäivästä vähintään 20 päivää vuodessa. Merkittävä osa on vähintään kaksi tuntia päivässä 20 työpäivänä tai yksi tunti päivässä 40 työpäivänä. Tapaturmaisesti tai muuten merkittävälle kerta-altistumiselle altistunut henkilö ilmoitetaan myös ASA-rekisteriin. (Työsuojelu.fi 2020.)

Tuhka sisältää syöpävaarallisia aineita tai niiden yhdisteitä kuten arseeni ja sen epäorgaaniset yhdisteet sekä metalleista kadmium, nikkeli, kromi ja lyijy. Se sisältää myös muita karsinogeenisiä eli syöpäsairauden vaaraa aiheuttavia haitta-aineita. (Jumpponen ym. 2011.)

5 ARSEENIN JA RASKASMETALLIEN VAIKUTUS TERVEYTEEN

Jätteen polttoprosessissa syntyy tuhkaa ja jää palamatonta kuonaa. Tuhkat ja kuonat sisältävät raskasmetalleja, jotka vaikuttavat terveyteen eri tavoin. Ne myös kulkeutuvat elimistöön eri tavoin. Osa on syöpäsairauden vaaraa aiheuttavia, toiset vaikuttavat lisääntymisterveyteen tai aiheuttavat vaurioita hengitysteissä sekä sisäelimissä tai ovat allergisoivia. (Santonen 2019b, 144–146). Laitinen, Rissanen ja Santonen (2017, 36) ovat sitä mieltä, että kiertotalouden polttoprosessien tuhkien ja kuonien käsittelyssä voi altistua raskasmetalleista lyijylle, kadmiumille, elohopealle ja mahdollisesti kromille ja nikkelille sekä siirtymämetalli mangaanille. Jumpponen ym. (2011) tulivat tutkimuksessaan siihen tulokseen, että polttoprosessien tuhkien ja kuonien käsittelyssä voi altistua edellä mainittujen haitta-aineiden lisäksi myös arseenille ja sen epäorgaanisille yhdisteille.

Valtioneuvoston asetuksen (603/2015) mukaan lisääntymisterveydelle vaaraa aiheuttavia tekijöitä ovat tässä työssä mainitut raskasmetallit sekä arseeni. Raskaana olevalla työntekijällä on mahdollisuus erityisäitiyspäivärahaan, mikäli työstä voi aiheutua vaaraa äidille tai sikiölle, eikä hänelle voida työnantajan toimesta järjestää turvallisempaa työtä. (Frilander ym. 2022, 10–11).

5.1 Arseeni

Arseeni on epämetalli, joka esiintyy sekä orgaanisessa että epäorgaanisessa muodossa. Työperäinen altistuminen tapahtuu epäorgaanisessa muodossa olevalle arseenille. (Työterveyslaitos n.d.a.). Työssä arseeni imeytyy pääasiassa hengitysteiden kautta elimistöön ja sieltä edelleen muualle kehoon. Käsi-suuvälitteisesti tapahtuu arseenin siirtymistä kehoon tupakoinnin tai ruokailun yhteydessä. Osa arseenin yhdisteistä aiheuttaa syöpää ja ne lisäävät erityisesti keuhkosyöpäriskiä (taulukko 1, 28). Pitkäaikaisessa altistumisessa voi tulla ihomuutoksia kuten pigmentaatiomuutoksia, sydän- ja verenkiertoelimistön muutoksia sekä ääreishermosto- ja maksavaikutuksia. (Santonen 2019a, 156–157; RAC 2017). Smith A.H., Marshall G., Roh T. & Ferreccio C. ym. (2018, 241–249) tulivat

tutkimuksissaan samoihin tuloksiin kuin aiemmissakin tutkimuksissa oli todettu, että arseenialtistumisen vaikutus keuhko-, rakko- ja munuaissyövän syntyyn jatkuu jopa 40 vuotta. Zubar, Ahmad ja Qureshi (2017) totesivat arseenin vaikuttavan miehen lisääntymisterveyteen, mutta altistuminen tapahtui ympäristöperäisesti ei työperäisenä. Työperäisen arseenialtistumisen vaikutuksesta hormonitoimintaan Porras ym. (2015, 62) toteavat tarvittavan vielä lisäselvitystä. Arseenin on todettu vaikuttavan myös DNA:han eli sillä on mutageenisia vaikutuksia (IARC 012, 81).

Työntekijöiltä seurataan virtsan epäorgaanisen arseenin määrää, koska sen on todettu kuvaavan luotettavasti arseenille tai sen epäorgaanisille yhdisteille altistumista työssä. Altistumattomien henkilöiden virtsan epäorgaanisen arseenin pitoisuus on alle 30 nmol/l. Toimenpideraja-arvo virtsan epäorgaaniselle arseenille on 70 nmol/l (taulukko 2, 29). Työpaikan ilman arseenin sitova 8 tunnin raja-arvo on 0,01 mg/m³ (HTP-arvot 2020 2020, 23).

5.2 Elohopea

Työssä altistuminen tapahtuu pääasiassa epäorgaaniselle elohopealle. Nykyisin lähinnä kloorialkaliteollisuudessa, vaarallisten jätteiden käsittelyssä, lampujen ja loisteputkien murskauksessa voi altistua epäorgaaniselle elohopealle. Orgaaninen elohopea on ympäristöperäistä ja ravinnosta sitä voi saada lähinnä järvika-loista. Elohopea vaikuttaa ihoon, aivoihin, keskushermostoon sekä munuaisiin ja sen tiedetään pääsevän istukan kautta sikiöön (taulukko 1, 28). Tästä johtuen valtioneuvoston asetuksessa (1335/2004) määritellään elohopealle tai sen johdannaisille altistava työ tai työtehtävät erityisäitiysrahaan oikeuttaviksi töiksi. Elohopea kulkeutuu elimistöön mahasuolikanavan, ihon tai hengitysteiden kautta riippuen siitä, missä muodossa se on. (Elohopea ja sen epäorgaaniset yhdisteet n.d, 4; Santonen 2019b, 144–145.)

Työntekijöiltä seurataan veren ja virtsan elohopeapitoisuutta. Virtsan elohopeapitoisuutta mitataan, kun halutaan selvittää pitkäaikaista elohopea-altistumista. Ly-

hytaikaista altistumista mitataan veren elohopeapitoisuudella. Kumpaankaan mitaukseen ei vaikuta ravinnosta saatava epäorgaaninen elohopea. Veren epäorgaanisen elohopean altistumattomien viiteraja-arvo on 10 nmol/l ja toimenpideraja-arvo 50 nmol/l ja virtsan elohopean altistumattomien viiteraja-arvo on 20 nmol/l ja toimenpideraja-arvo on 140 nmol/l (taulukko 2, 29). Elohopean ja sen epäorgaanisten yhdisteiden 8 tunnin raja-arvo on 0,02 mg/ m³. (Elohopea ja sen epäorgaaniset yhdisteet n.d., 6; HTP-arvot 2020 2020, 31.)

5.3 Kadmium

Kadmium on metalli, jolle työperäinen altistuminen tapahtuu pääasiallisesti hengitysteiden kautta. Se ei absorboidu ihon läpi. Sen puoliintumisaika on 10–30 vuotta ja se kertyy elimistöön, erityisesti luustoon ja munuaisiin. Iän myötä riski munuaisten toiminnan häiriöille tai osteoporoosille kasvaa. Kadmium on luokiteltu syöpävaaralliseksi aineeksi sekä lisääntymisterveyteen vaikuttavaksi raskasmetalliksi (taulukko 1, 28). (Santonen 2019b, 151–152). Chabchoub ym. (2021) tulivat omassa tutkimuksessaan siihen tulokseen, että vielä tarvitaan lisää tutkimusta korrelaation osoittamiseksi työperäisen ja ympäristöperäisen altistumisen ja lisääntymisterveyden välillä. He pystyivät tutkimuksissaan osoittamaan korrelaation, mutta tutkimustulosta ei voi yleistää väestötasolle. Sitä vastoin Wijesekara ym. (2015) osoittivat tutkimuksissaan, että sekä ympäristö että työperäiset altistumiset kadmiumille ja lyijylle vaikuttivat siittiöiden vähenemiseen, liikkuvuuteen sekä normaalimuotoihin siemenplasmassa. Calogero ym. (2021) totesivat väestötasolle soveltavassa tutkimuksessa, että kadmium voi vaikuttaa siittiöiden kokonaismäärän vähenemiseen ja hidastavasti niiden liikkuvuuteen. Kadmiumilla on todettu genotoksisia vaikutuksia eli ne voivat vaikuttaa perimään (IARC 2012, 138).

Työntekijöiltä seurataan veren ja virtsan kadmiumpitoisuutta. Suomalaisten veren kadmiumpitoisuus työssään altistumattomilla henkilöillä jää alle 5 nmol/l ja tupakoivilla alle 18 nmol/l. Virtsan kadmiumpitoisuus on yleensä tupakoimattomilla alle 5 nmol/l ja tupakoivilla alle 10 nmol/l (taulukko 2, 29). (Kadmium ja sen yhdisteet 2014, 7–8). Työpaikan ilman kadmiumille ja sen epäorgaanisille yhdisteille

on määrätty sitovaksi kahdeksan tunnin raja-arvoksi 0,001 mg/ m³ 11.7.2027 alkaen. Sitä ennen 11.7.2021-1.7.2027 sitova kahdeksan tunnin raja-arvo on 0,004 mg/ m³ alveolijakeiselle kadmiumille. (HTP-arvot 2020 2020, 37,60).

5.4 Kromi

Kromille on mahdollista altistua ruostumattoman, haponkestävien ja erikoisterästen hitsauksessa ja polttoleikkauksessa, koneiden asennus ja korjaustyössä sekä metallien pintakäsittelyssä sekä viimeistelytyössä (Biomonitorointi n.d.). Kaartiainen, Laine-Ylijoki & Wahlström (2007, 18) totesivat, että kuudenarvoista kromia voi olla polttoprosessin tuhkissa ja kuonissa, koska sitä on käytetty väriaineissa, metalliseoksissa, kyllästysaineissa, kromauksessa sekä parkitsemisessa. Nykyisin parkitsemisessa käytetään kolmiarvoisia kromiyhdisteitä. Kemianteollisuus ja laboratoriokemikaaleina käytetään myös kuudenarvoisen kromin yhdisteitä. Syöpävaarallisuutensa vuoksi kuudenarvoisen kromin käyttöä on rajoitettu lailla kyllästysaineena, sementin seoksissa, elektroniikka- ja sähkölaitteissa sekä ajoneuvoissa. Kuudenarvoisen kromin käyttö on REACH-asetuksen eli Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamennettelyistä ja rajoituksista mukaisesti luvanvaraista. (Biomonitorointi n.d. ; Santonen 2019b, 146–147.)

Hengitettynä kuudenarvoinen kromi voi aiheuttaa keuhkosityöpää tai muita hengityselinsyöpiä. Sairastumisriski lisääntyy altistumisen määrän ja ajanjakson pituuden kasvaessa. Toisena kuudenarvoisen kromin vaikutus on ihoon, missä se aiheuttaa allergiaa sekä ärsytystä. Myös ammattiastmaa ja allergista nuhaa on raportoitu kuusiarvoisen kromin aiheuttamaksi. Kuusiarvoinen kromi vaikuttaa lisääntymisterveyteen ja raskauden aikana sille ei tule altistua (taulukko 1, 28). (Biomonitorointi n.d. ; Santonen 2019b, 147.) Kuudenarvoisen kromin on osoitettu aiheuttavan genotoksisia vaikutuksia (IARC 2012, 161).

Kahdeksan tunnin sitova raja-arvo kromille ja sen II- ja III-arvoisille yhdisteille on 0,5 mg/m³ ja kuusiarvoiselle kromille ja sen yhdisteille sitova kahdeksan tunnin raja-arvo on 0,005 mg/m³ 17.1.2025 alkaen ja sitä ennen se on 0,010 mg/m³.

Hitsaustyössä ja muissa töissä, missä syntyy huujuja, sitova kahdeksan tunnin raja-arvo on $0,025 \text{ mg/m}^3$ 17.1.2025 asti. Kuusiarvoisen kromin syöpävaarallisuudesta johtuen sille altistumiselle ei voi asettaa turvallista raja-arvoa. (HTP-arvot 2020 2020, 59.) Työntekijöiltä seurataan virtsan kromipitoisuutta, jonka ohjeraja-arvo on $0,2 \text{ } \mu\text{mol/l}$. Syöpävaarallisuudesta johtuen Työterveyslaitos suosittelee tavoitetasoksi altistumattomien viiterajaksi $0,01 \text{ } \mu\text{mol/l}$. (Biomonitorointi n.d.)

5.5 Lyijy

Epäorgaaninen lyijy imeytyy elimistöön pääasiassa hengitysteiden kautta ja vähemmän ruoansulatuskanavasta tai ihon kautta. Lyijy sitoutuu punasoluihin ja seuraa kalsiumia siirtyen verestä luustoon, mistä sen puoliintumisaika on jopa 20 vuotta vaikka verestä puoliintumisaika on 30–40 vuorokautta. Raskauden ja imeytyksen aikana lyijyä voi siirtyä luustosta verenkiertoon ja istukan kautta sikiöön. Lyijy voi vaikuttaa sekä ääreis- että keskushermostoon, munuaisten toimintaan sekä verenkuvamuutoksiin (taulukko 1, 28). (Santonen 2019b, 144–145; Työterveyslaitos n.d.b.) Lyijy ja sen yhdisteet luokitellaan erityisäitiyspäivärahaan oikeuttaviksi altisteiksi, jos työoloja ei voida järjestää niin, että veren lyijypitoisuus on alle altistumattomien viiterajan. (VNa 1335/2004). Suomessa useat lyijy-yhdisteet luokitellaan syöpäsairauden vaaraa aiheuttaviksi aineiksi kuten myös ECHA (n.d.) on ne määrittellyt. ECHA (2020, 5) on todennut, että lyijyllä on mutageenisia vaikutuksia (taulukko 1, 28).

Wijesekara ym. (2015) totesivat, että lyijy vaikuttaa siemennesteen laatuun ja sitä kautta lisääntymiserveen. Calogero ym. (2021) totesivat, että lyijy voi vaikuttaa negatiivisesti siittiöiden liikkumiseen. Myös Chabchoub ym. (2021) totesivat tutkimuksessaan raskasmetallien haitallisen vaikutuksen miesten lisääntymiserveen. Jo vuonna 2007 julkaistussa tutkimuksessa Kiziler ym. totesivat tupakoitsijoilla olevan suuremmat kadmium- ja lyijypitoisuudet ja niiden negatiiviset vaikutuksen siemennesteeseen.

Työntekijöiltä seurataan veren lyijypitoisuutta. Työntekijän veren lyijyn viiteraja-arvo on $1,4 \text{ } \mu\text{mol/l}$ ja toimenpideraja on $2,4 \text{ } \mu\text{mol/l}$. Tällöin työntekijä pidetään

työstä, missä voi altistua lyijylle. Jos työntekijän veren lyijypitoisuus ylittää 1,9 µmol/l tulee työpaikalla huomioida altistuminen ja pyrkiä altistumisriskin vähentämiseen teknisin keinoin tai suojaimin. Parhailaan EU:n kemikaaliviraston riskin-arviointikomitea pohtii lyijyn biomonitoroinnin raja-arvoksi 0,7 mmol/l. (Työterveyslaitos n.d.b.). Työpaikan ilman lyijylle ja sen epäorgaanisille yhdisteille on määrätty sitovaksi 8 tunnin raja-arvoksi 0,1 mg/m³. Lyijyn kohdalla tulee muistaa, että lyijy ja melu yhdessä vaikuttavat lisääntyvästi meluvaurion riskiin. (HTP- arvot 2020 2020, 16, 58–61.)

5.6 Mangaani

Mangaani on siirtymämetalli, jolle työperäistä altistumista voi tapahtua metalli- ja konepajateollisuudessa hitsatessa ja polttoleikkauksessa. Mangaani aiheuttaa hermostovaikutuksia (taulukko 1, 28), jotka ovat nykyaltistuksissa lieviä ja todetaan lähinnä neuropsykologisissa testeissä. (Mangaani ja sen perustelumustio 2013, 4–6; Santonen 2019b, 144–146.)

Työntekijöiltä voidaan seurata veren mangaania, jonka altistumattomien viiteraja-arvo 295 nmol/l. Sille ei ole asetettu toimenpiderajaa. Veren mangaanitutkimusta ei voida käyttää työperäisen altistumisen mittaukseen vaan siihen käytetään virtsan mangaanin määritystä. Virtsan mangaani on tarkoitettu ryhmätason altistumisen selvityksin ei yksilöiden altistumisen selvittämiseksi. Virtsan mangaanin altistumattomien viiteraja-arvo on 10 nmol/l eikä sille ole asetettu toimenpiderajaa. (Biomonitorointi n.d.) Työpaikan ilman mangaanin kahdeksan tunnin raja-arvo on 0,02 mg/m³ (HTP-arvot 2020 2020, 42.)

5.7 Nikkeli

Nikkelille voi työperäisesti altistua ruostumattoman teräksen valmistuksessa sekä ruostumattomien, haponkestävien erikoisterästen hitsauksessa tai polttoleikkauksessa sekä metalliyhdisteiden valmistuksessa sekä nikkeliteollisuudessa.

Nikkeliyhdisteet aiheuttavat työperäistä allergista kosketushottumaa tai -allergiaa, mutta harvemmin työperäistä astmaa. (Santonen 2019b, 148–149.) Nikkelin liukoiset ja niukkaliukoiset yhdisteet on luokiteltu syöpävaarallisiksi, mutta tutkimusten mukaan on tunnistettu alveolijakeisen nikkelin kynnyсарvo, jonka alapuolella keuhkosityöpävaaraa ei enää olisi. Tämä raja-arvo on alveolijakeiselle partikkelille 0,005 mg/m³. Sama koskee nikkelin vaikutusta lisääntymisterveyteen. Korkeilla pitoisuuksilla nikkeli vaikuttaa lisääntymisterveyteen, mutta pienillä pitoisuuksilla riski on minimaalinen. Nikkelin on todettu vaikuttavan perimään (taulukko 1). Nikkelille ei tule altistua raskauden aikana. ((IARC 2012, 210; Biomonitorointi n.d.; Satonen 2019b, 148–149.)

Työntekijöiltä seurataan virtsan nikkelpitoisuutta. Altistumattomien viiteraja-arvo on 0,05 µmol/l, toimenpideraja-arvo on 0,20 µmol/l vesiliukoisille nikkeliyhdisteille (Biomonitorointi n.d.). Työpaikan ilman nikkelin kahdeksan tunnin raja-arvo on 0,05 mg/m³ hengittyvälle pölylle ja 0,01 mg/m³ alveolijakeiselle pölylle (HTP-arvot 2020 2020,45).

TAULUKKO 1. Raskasmetallien, mangaanin ja arseenin vaikutukset kohde-elimistössä.

Haitta-aine	Syöpävaarallinen	Muta-geeninen	Li-sääntymisterveysvaikutukset	Luustovai- kutukset	Munu- aisvai- kutukset	Her- mosto- vai- kutukset	Aivo- vai- ku- tuk- set
Arseeni, As	x	x	?				
Elohopea, Hg			x		x	x	x
Kadmium, Cd	x	x	x	x	x		
Kromi, Cr	x	x	x				
Lyijy, Pb	x	x	x	x	x	x	x
Mangaani, Mn						x	
Nikkeli, Ni	x	x	x				

Työperäisessä altistumisessa raja-arvoja asetetaan sekä EU-tasolla että kansallisella tasolla. Ne voivat olla sitovia tai ei-sitovia. (Biomonitorointi n.d.). Ne määritellään eri haitta-aineille erikseen.

TAULUKKO 2. Raskasmetallien ja arseenin biomonitorointien raja-arvot.

Haitta-aine	Altistumattomien viiteraja nmol/l	Toimenpideraja nmol/l	Muut raja-arvot nmol/l
	Ei tupakoi/ tupakoi		
Arseeni, virtsa	30	70	
Elohopea, veri	10	50	
Elohopea, virtsa	20	140	
Kadmium, veri	5 / 18	50	
Kadmium, virtsa	5 / 10		
Kromi, virtsa	0,01 µmol/l	0,20 µmol/l	
Lyijy, veri	0,09 µmol/l	1,4	1,9 ja 2,4
Mangaani, veri	295		
Mangaani, virtsa	10		
Nikkeli, virtsa	0,05 µmol/l	0,20 µmol/l	

Viiteraja-arvot ovat arvoja, joiden alle altistumattomien henkilöiden pitoisuudet jäävät. Toimenpideraja-arvon alle jäävillä biomonitoroinnin tuloksilla on arvioitu, että silloin työntekijälle ei aiheudu vakavia terveyshaittoja. Lyijyn muu raja-arvo 1,9 nmol/l tarkoittaa, että jo sillä arvolla pitää työnantajan ryhtyä toimenpiteisiin altistumisen vähentämiseksi ja arvolla 2,4 nmol/l työntekijä pitää poistaa lyijylle alistavasta työstä. (Työterveyslaitos n.d.b.)Tupakoinnilla on vaikutus joidenkin haitta-aineiden viitearvoihin kuten taulukossa 2. nähdään arseenin ja kadmiumin viitearvoissa.

6 TYÖN TARKOITUS, TUTKIMUSONGELMA JA TAVOITE

Työn tarkoitus on selvittää, mitä raskasmetalleja jätteenpolton tuhkat sisältävät niin paljon, että niillä on mahdollinen terveysvaikutus ja pitääkö puolimetalli arseenia biomonitoroida jatkossakin. Haitta-aineiden pitoisuudella on merkitystä sen terveysvaikutuksiin samoin altistumisreitillä sekä altistumisajalla.

Tutkimusongelma: Mitä raskasmetalleja tuhkat sisältävät terveyden kannalta merkittäviä määriä?

Tavoitteena on edistää työterveyshuollon TANO-toimintaa erityisen sairastumisen vaaraa aiheuttavan työn terveystarkastuksissa.

7 OPINNNÄYTETYÖN TOTEUTTAMINEN

Työterveyslaitokselta on tilattu vuosien aikana erilaisia työhygieenisiä selvityksiä laitoksella. Vuosilta 2008–2011 on Työterveyslaitoksen raportti, missä on selvitetty työhygieenisten mittausten sekä altistumismittausten tulosten perusteella biomonitorointien tarve. Tämän jälkeen laajempaa yhteenvetoa ei ole tehty ja laitoksella toiminta ja toimintakulttuuri ovat sen jälkeen muuttuneet.

7.1 Tuhka-analyysit ja biomonitorointi

Tuhkien koostumusta analysoidaan laboratoriotutkimuksin säännöllisesti. Niiden perusteella tutkimusinsinöörit tekevät kirjalliset tuhka-analyysit, joiden perusteella tuhkan loppusijoituspaikka tai hyötykäyttömahdollisuus määritetään. Tämä tehdään, koska erilaiset tuhkajakeet poikkeavat toisistaan. Syntyvien kuonien ja tuhkien määrään ja laatuun vaikuttavat poltettavan jätteen koostumus, polttokattilan toimintaperiaate sekä savukaasujen käsittely. (Kaartinen, Laine-Ylijoki & Wahlström 2007,3.) Tämän vuoksi tuhkia pitää analysoida säännöllisesti. Analyyseissä ei oteta kantaa terveysvaikutuksiin vaan ne tehdään tuhkien jatkokäsittelymahdollisuuksien selvittämiseksi.

Opinnäytetyössä käytetään eri tuhkajakeiden laboratorioanalyysituloksia, jotka on tallennettu yrityksen omaan InnoLims-järjestelmään. Tuhkista ja kuonista tehdään kokooma-analyysit viikoittain, kuukausittain ja vuosittain. Tässä työssä keskitytään vuosikokoomien raskasmetallipitoisuuksien laboratorioanalyysien tuloksiin, koska tämänhetkisen käsityksen mukaan niistä saadaan tarvittavat tiedot tutkimusongelman ratkaisemiseksi. Vuosikokoomat ovat näytteitä, joissa on yhdistetty vuoden aikana otetuista kuukausikokoomista tuhkanäytteet analyysiä varten. Kuukausikokoomat on kerätty viikoittain otetuista tuhkanäytteistä. InnoLims-järjestelmään pääsevät vain nimetyt henkilöt, joten analyysitulosten saamiseksi piti olla yhteydessä jätteenpolttolaitoksen kemian laboratorioon sekä niitä analysoivan yksikön asiantuntijaan.

Tuhkien vuosikokoomat on analysoitu XRF-tekniikalla eli röntgenfluoresenssitekniikalla. Se on analyttinen tekniikka, jota käytetään materiaalin kemiallisen koostumuksen määrittämiseen. Menetelmällä saadaan selville se, mitä ainetta materiaali sisältää ja kuinka paljon sitä on, eikä se tuhoa tutkittavaa materiaalia. (Siuvatti 2017.) Omassa kemianlaboratoriossa tuhkia analysoidaan pienemmässä mittakaavassa tarpeiden mukaan, mutta vain vuosikokoomista tehdään XRF-analyysi.

Aiemmin tehdyt työhygieeniset mittaukset löytyvät yrityksen Canea-raportointijärjestelmästä. Työhygieenisiä mittauksia ovat vuosien aikana tehneet sekä Työterveyslaitos että Ramboll Oy. Tässä työssä on käsitelty vuodesta 2010 vuoteen 2020 tehtyjä työhygieenisiä mittauksia. Seuranta-aikana raskasmetalleihin liittyviä työhygieenisiä mittauksia ei ole paljon.

Työntekijöiden biomonitorointitiedot on kerätty sähköisesti vuodesta 2013 lähtien voimalaitoksen omassa, integroidussa työterveyshuollossa. Ne on tallennettu työterveyshuollossa erikseen omaksi tiedostoksi, mistä ne saadaan ilman henkilötietoja. Ne ovat myös työntekijöiden sairauskertomuksissa erikseen tallennettuina. Biomonitoroinneista tehdään vuosittain yhteenveto yrityksen johdolle.

7.2 Aineiston kuvaus

Voimalaitoksilla ja polttolaitoksella syntyvä tuhka saattaa levitä tilaan, missä työntekijät työskentelevät. Tuhkalle altistuvista työntekijöistä on tutkittu eli biomonitoitu virtsan arseeni, veren kadmium ja seerumin PCB säännöllisesti vuosien ajan. Aiemmin biomonitoroinnit otettiin vuosittain ja myöhemmin 1–3 vuoden välein. Virtsan kromi ja nikkeli on tutkittu vuosittain kunnossapidon työntekijöiltä, jotka tekevät hitsaus- tai polttoleikkaustyötä. Satunnaisesti on tutkittu virtsan kupari, veren orgaaninen ja epäorgaaninen elohopea. Vuodesta 2016 alkaen alettiin uudestaan seurata veren lyijypitoisuutta. Tämä tehtiin Työterveyslaitoksen ohjeiden mukaan, koska muualla voimalaitoksissa tehdyissä tutkimuksissa oli todettu, että voimalaitosten tuhkat sisältävät merkittävän määrän lyijyä (Jumpponen ym. 2011.)

Työhygieenisistä mittauksia on tehty toiminnan alusta lähtien. Työterveyslaitoksen tiedostoista niitä on saatu vuodesta 1985 alkaen. Aiemmin tehdyistä työhygieenisistä mittauksista on tehty kokoomaraportti vuonna 2010. Niistä suurimmassa osassa on tutkittu PCB-pitoisuuksia pintapyyhintänäytteistä. Pölypitoisuuksista ei ole tutkittu yksittäisten metallien pitoisuuksia vaan epäorgaanisen pölyn kokonaispitoisuutta, jota on verrattu epäorgaanisen pölyn HTP-arvoon, joka on 10 mg/m^3 . Tässä työssä voidaan hyödyntää Työterveyslaitoksen tekemää kokoomaraporttia vuodelta 2010 sekä Työterveyslaitokselta pyydettyä suositusta biologisista altistemittauksista vuodelta 2015. Kokoomaraportissa on Työterveyslaitoksen tiedot työhygieenisistä mittauksista sekä biomonitoroinneista ja johtopäätökset niistä.

Tuhkien haitta-ainepitoisuudet saadaan tuhkien XRF-analyyseistä. Niissä raskasmetallit esiintyvät joko alkuaineina tai seoksina. Jotta saadaan selville haitta-aineen arvioitu pitoisuus ilmassa, verrataan haitta-aineen pitoisuutta tilanteeseen, jossa ilmassa olisi pölyä 10 mg/m^3 tai 2 mg/m^3 . Tämä täytyy tehdä erikseen jokaiselle haitta-aineelle. Näiden tulosten perusteella tehdään terveydellisen riskin arviointia, arvioidaan suojautumisen tarvetta ja suojainten riittävyttä sekä biomonitorointitarpeita. Työterveyslaitos (2016) on ehdottanut ohjearvon ja tavoitetason hengitettävälle yleiselle pölylle 2 mg/m^3 . Tuhkan haitta-aineiden arvioitua prosenttiosuutta tuhkapölyssä verrataan myös tähän ehdotettuun raja-arvoon, koska 10 mg/m^3 epäorgaanista pölyä on suhteellisen iso pitoisuus.

8 TULOKSET

8.1 Tuhka-analyysit

Kullakin haitta-aineella on sille asetettu HTP-arvo, jotka poikkeavat aineen haitallisuudesta riippuen. Työilman haitallisuutta arvioitaessa on arvioitava, ylittääkö jonkin tuhkan aineosan pitoisuus sille annetun HTP-arvon. Kukin tuhkan haitta-aine on arvioitu tätä olettamusta käyttäen ja verrattu sille asetettuun HTP-arvoon. Aina ei voida arvioida työhygieenisin mittauksin tuhkan pölypitoisuutta työilmassa. Tämän vuoksi työssä on esitetty kaksi olettamusta, kun prosessitiloissa on paljon tuhkaa eli 10 mg/m^3 ja kohtalaisesti tuhkaa eli 2 mg/m^3 . Prosessitilojen pölypitoisuuksia ei ole mitattu.

Voimalaitos 1 lento- ja kattilatuhka

Voimalaitos 1 lentotuhkassa on vuodesta 2014 vuoteen 2019 ollut runsaasti arseenia. Jos ilmassa olisi pölyä 2 mg/m^3 , arseenin arvioitu pitoisuus ilmassa olisi vuosina 2018 ja 2019 noin 40 % ja vuonna 2020 9 %. Arseenin pitoisuus on laskenut lentotuhkassa huomattavasti ja oli vuonna 2020 alle 50 %, jos ilmassa olisi pölyä 10 mg/m^3 (liite 1).

Tuhka-analyyseissä kromipitoisuus lentotuhkassa on kokonaiskromipitoisuutena eikä siinä huomioida erikseen kuudenarvoista kromia, joka on syöpäsairauden vaaraa aiheuttava kromin muoto. Voimalaitos 1 kokonaiskromipitoisuus on lisääntynyt lentotuhkassa vuosina 2017–2019. Oletettu ilman kokonaiskromipitoisuus on ollut tuolloin 130–150 %. Vuonna 2020 kokonaiskromipitoisuus oli puolittunut edelliseen vuoteen verrattuna, jos ilmassa olisi pölyä 10 mg/m^3 ja noin 30 %, jos ilmassa olisi pölyä 2 mg/m^3 . Lyijyn arvioitu pitoisuus työilmassa olisi vuosina 2014–2019 30–50 %, jos ilmassa olisi pölyä 10 mg/m^3 . Jos ilmassa olisi pölyä 2 mg/m^3 , arvioitu lyijypitoisuus pölyssä olisi 5–10 % välillä. Vuonna 2020 lyijypitoisuus tuhkassa noin kolminkertaistui edellisiin vuosiin verrattuna. Koska lyijy on syöpäsairauden vaaraa aiheuttava haitta-aine, sen pienikin pitoisuus on tärkeä huomioida riskinarvioinnissa. Nikkelin pitoisuus on pysynyt maltillisena

vuosien 2014–2020 aikana ollen 7–16 % ja mangaanin pitoisuus on pysynyt viimeisen neljän vuoden aikana 22–28 %, jos ilmassa olisi pölyä 10 mg/m³ (liite 1). Voimalaitos 1 kattilatuhkassa on arseenia lentotuhkaa vähemmän, mutta sitä on ollut vuosina 2014–2019 33–91 %. Vuonna 2020 arseenipitoisuus on melkein kolmanneksen pienempi edelliseen vuoteen verrattuna. Lyijypitoisuus on ollut vuosina 2014–2020 35–65 %. Nikkelipitoisuus on ollut vuosien 2014–2020 aikana 10–24 % ja mangaanipitoisuus on samana aikana pysynyt 56–70 %:n välillä. Kaikki edellä olevat tulokset ovat arvioita, jos ilmassa olisi pölyä 10 mg/m³. Kokonaiskromipitoisuus on ollut 112–210 % vuosina 2014–2020, jos pölyä olisi 10 mg/m³ ja 26–38 %, jos ilmassa olisi pölyä 2 mg/m³. Tulokset ovat laskennallisia arvioita haitta-aineen pitoisuudesta verrattuna sallittuun pitoisuuteen (liite 1).

Voimalaitos 2 kalkki- ja kattilatuhka

Voimalaitos 2 kalkkituhkassa laskennallinen arvio ilman arseenipitoisuudesta verrattuna sallittuun on vaihdellut 19–67 %:n välillä vuosina 2014–2020. Se on laskenut ollen alhaisimmillaan vuonna 2019, mutta siitä se on noussut hiukan vuoteen 2020. Lyijypitoisuus on vaihdellut vuosina 2014–2020 28–49 %:n välillä, mutta viimeisinä vuosina se on ollut 30 %:n tienoilla. Kokonaiskromipitoisuus on pysynyt noin 20 %:n tienoilla vuosien 2014–2020 aikana. Mangaanin sekä nikkelin pitoisuudet ovat olleet maltillisia vuosien 2014–2020 aikana. Nikkelin pitoisuus on ollut 2–4 %:n välillä ja mangaanin pitoisuus on ollut 7–10 %:n välillä. Kaikki edellä olevat on laskettu oletuksella, että ilman pölypitoisuus olisi 10 mg/m³ ja tulokset ovat laskennallisia arvioita haitta-aineen pitoisuudesta verrattuna sallittuun pitoisuuteen (liite 1).

Voimalaitos 2 kattilatuhkassa ei ole ollut arseenia kuin vuonna 2015, jolloin sitä oli 9 %. Laskennallinen arvio ilman lyijypitoisuudesta verrattuna sallittuun on vuosien 2014–2020 aikana vaihdellut 68–91 % välillä. Lyijypitoisuus on pysynyt samansuuruisena viimeisten vuosien aikana. Kokonaiskromipitoisuus on vaihdellut 93–122 %:n välillä olleen vuonna 2020 alhaisimmillaan. Mangaanipitoisuus on vaihdellut 50–75 %:n välillä vuosina 2014–2019, mutta vuonna 2020 se oli 10 %. Nikkelipitoisuus on vaihdellut 9–13 %:n välillä ollen alhaisimmillaan vuonna 2020. Kaikki arviot on laskettu oletuksella, että ilmassa olisi pölyä 10 mg/m³ ja tulokset

ovat laskennallisia arvioita haitta-aineen pitoisuudesta verrattuna sallittuun pitoisuuteen (liite 1).

Polttolaitoksen suotopuristinsakka ja lentotuhka

Polttolaitoksen suotopuristinsakkaa on tutkittu vuodesta 2018 alkaen. Se on polttolaitoksen savukaasuista savukaasupesureiden jälkeen suotopuristimesta tuleva sakka, jossa on savukaasujen epäpuhtaudet (Hakonen 2022). Siinä ei ole todettu lainkaan lyijyä ja vain pieniä pitoisuuksia arseenia, kromia tai nikkeliä. Vuonna 2020 arseenia oli 5 %, kokonaiskromipitoisuus oli 3 %, nikkeliä oli 1 % ja mangaanipitoisuus on vaihdellut vuosina 2018–2020 13–17 %:n välillä. Kaikki pitoisuudet ovat laskettu, jos ilman pölyn pitoisuus olisi 10 mg/m³ ja tulokset ovat laskennallisia arvioita haitta-aineen pitoisuudesta verrattuna sallittuun pitoisuuteen (liite1).

Polttolaitoksen lentotuhka sisältää arseenia, jonka pitoisuus on vaihdellut vuosien aikana 44–230 %. Tosin vuosina 2019 ja 2020 arseenipitoisuus on ollut 45 %:n tienoilla. Lyijyä polttolaitoksen tuhka on sisältänyt vasta vuodesta 2018 lähtien vaihdellen 17–33 %:n välillä. Alhaisimmillaan se oli vuonna 2020. Kokonaiskromipitoisuus on vaihdellut 109–500 %:n välillä eli sitä on runsaasti koko ajan polttolaitoksen lentotuhkassa. Nikkelipitoisuus on laskenut vuosien ajan ollen vuonna 2020 13 %. Mangaanipitoisuus on vaihdellut 10–33 %:n välillä ollen vuonna 2020 13 %. Kaikki arviot on laskettu oletuksella, että ilmassa olisi pölyä 10 mg/m³ ja tulokset ovat laskennallisia arvioita haitta-aineen pitoisuudesta verrattuna sallittuun pitoisuuteen (liite 1).

8.2 Biomonitorointien analyysit

Taulukossa 3 sivulla 40 näkee, kuinka paljon eri vuosina on tehty biomonitorointeja. Oli luonnollista, että toiminnan alkaessa vuonna 1984 otettiin näytteitä paljon ja usein, koska ei ollut tietoa mahdollisista altistumisista. Aluksi näytteitä otettiin sekä laitoksella että toimistossa työskenteleviltä työntekijöiltä. Toimiston henkilökunta työskenteli lähellä tuotantolaitosta ja he toimivat tuotannon henkilökunnalle

vertailukohteina. Vuoden 2017 alussa biomonitoroinnit lopetettiin toimistohenkilökunnalta ja sitä ennen niitä oli jo parin vuoden ajan otettu vain satunnaisilta toimistossa työskenteleviltä työntekijöiltä. Tämä selittää tutkimusten vähentymisen vuodesta 2014 vuoteen 2021 (taulukko 3, 40).

Tämä tutkimus kohdistuu kahden voimalaitoksen ja polttolaitoksen tuhkiin, joten myös biomonitoroinneista on otettu mukaan vain niiden henkilöiden biomonitoroinnit, jotka työskentelivät joko Riihimäen laitoksen tuotannossa, kunnossapidossa, toimistolla sekä kemian- ja maalaboratoriossa. Omissa laboratorioissa analysoidaan tuhkanäytteitä.

Virtsan arseeni

Arseeninäytteitä on otettu vuonna 2013 68 henkilöltä ja vuonna 2021 20 henkilöltä (taulukko 3, 40). Virtsan arseeninäyte pitää ohjeiden mukaan ottaa työpäivän tai työrupeaman päätyttyä, koska se kuvaa lähinnä saman päivän aikana tapahtunutta altistumista. Virtsan arseenin viiteraja-arvo on 30 $\mu\text{mol/l}$ ja toimenpideraja-arvo on 50 $\mu\text{mol/l}$ (taulukko 2, 29). (Biomonitorointi n.d.) Näytteenottoajankohdasta johtuen näytettä ei voi ottaa terveystarkastuksen yhteydessä. Tutkimusten vähentymiseen voi vaikuttaa osaltaan se, että työntekijät unohtavat ottaa virtsakokeen myöhemmin työrupeaman päättyessä.

Vuoden 2013 virtsan arseenin viiterajan ylityksistä toinen oli tupakoitsija toinen ei tupakoinut. Tupakoitsijan kontrollinäyte oli normaali. Vuonna 2014 yksi hiukan viiteraja-arvon ylittävä tulos oli tupakoivalla työntekijällä. Vuonna 2015 virtsan arseenipitoisuuden viiteraja-arvon ylitystä oli neljä kolmella eri henkilöllä, joista kaksi oli tupakoivaa työntekijää. Kahdella oli juuri viiterajan ylittävä tulos, mutta kolmannella oli selkeä ylitys, vaan ei toimenpiderajan ylitystä. Vuonna 2016 arseenin viiteraja-arvon ylitys oli toimistolla työskentelevällä tupakoivalla työntekijällä, jonka altistuminen oli mahdollisesti tapahtunut siviilielämässä. Vuosina 2017–2021 ei ole ollut yhtään arseenin viiteraja-arvon ylitystä (taulukko 3, 40).

Veren kadmium

Kadmiumin viiterajan ylityksiä on ollut tupakoivilla ja tupakoimattomilla. Tupakoivien veren kadmiumpitoisuuden viiteraja-arvo on 5 µmol/l tai alle ja tupakoiville se on 18 µmol/l tai alle (taulukko 2, 29). Vuoden 2013 kymmenestä viiteraja-arvon ylityksestä yksi henkilö kävi Työterveyslaitoksen ohjeiden mukaan puolen vuoden kuluttua kontrolliverikokeessa, mikä oli edelleen yli viiterajan. Hänellä oli samana vuonna kaksi viiteraja-arvon ylitystä, joten viiteraja-arvon ylityksiä oli yhdeksällä eri henkilöllä. Heistä kuusi ilmoitti tupakoivansa. Virtsan kadmium on mitattu työntekijältä, jonka veren kadmium arvo oli ylittänyt arvon 30 µmol/l. Samalla tupakoivalla henkilöllä oli sekä veren kadmium että virtsan arseeni yli viiteraja-arvon. Vuonna 2014 veren kadmiumin viiteraja-arvon ylityksiä oli yhteensä yhdeksän seitsemällä eri henkilöllä. Kaikki työntekijät tupakoivat. Vuonna 2015 ei ollut yhtään viiteraja-arvon ylitystä. Vuonna 2016 ylityksiä oli kolmella tuotannon työntekijällä, jotka kaikki olivat tupakoitsijoita. Vuonna 2017 kaksi viiteraja-arvon ylitystä on tupakoitsijalla. Vuonna 2018 kuudesta viiteraja-arvon ylittäneestä neljä oli tupakoivia, yksi tupakoimatan ja yksi vastikään tupakoinnin lopettanut henkilö. Vuonna 2019 oli yksi viiteraja-arvon ylitys tupakoivalla työntekijällä. Vuonna 2020 ei ollut yhtään kadmiumin viiteraja-arvon ylitystä, mutta vuonna 2021 niitä oli yksi ja se oli tupakoitsijalla (taulukko 3, 40).

Veren lyijy

Veren lyijypitoisuutta on mitattu säännöllisesti vuodesta 2016 Työterveyslaitoksen ohjeen mukaisesti. Vuonna 2016 näytteitä otettiin Riihimäen laitoksella työskennelleistä 55 työntekijältä. Kahdella eri henkilöllä oli kohonnut lyijypitoisuus veressä. Molemmilla lyijypitoisuus veressä oli hiukan yli viiteraja-arvon. Toiselta niitä mitattiin useita kertoja saman vuoden aikana ja hiukan yli viiteraja-arvon ylityksiä tuli toistuvasti. Vuonna 2017 otettiin 25 näytettä, joista yksi oli hiukan yli viiteraja-arvon. Vuonna 2018 otetuista näytteistä veren lyijypitoisuuden viiteraja-arvon ylitti hiukan kolmen eri henkilön analyysivastaukset. Vuonna 2019 analyysivastauksista yksi oli yli viiteraja-arvon ja sekin ylitti viiteraja-arvon vain hiukan. Vuonna 2020 otetuista näytteistä veren lyijyn viiteraja-arvon ylitys oli kahdella työntekijällä. Näistä toisen analyysivastaus kontrolloitiin, jolloin analyysivastaus oli alle viiteraja-arvon. Tämä selittyneen näytteen ottamisen kontaminaatioherk-

kyydellä. Vuonna 2021 oli kolme viiterajan ylitystä. Heistä kahdelta otettiin kontrollinäytteet Työterveyslaitoksen ohjeen mukaisesti, mutta ne olivat edelleen hiukan yli viiterajan. Hygieniaohteet on kerrattu työntekijöiden kanssa ja kontrollinäytteet otetaan Työterveyslaitoksen ohjeen mukaan (taulukko 3, 40).

Virtsan kromi ja nikkeli

Vuonna 2013 virtsan kromi ja nikkeli näytteet on otettu kahdelta eri henkilöltä, eikä niissä ole ollut viiteraja-arvon ylityksiä. Vuonna 2014 on otettu virtsan kromi kahdelta eri henkilöltä, eikä niissä ole viiteraja-arvon ylityksiä. Vuonna 2015 on otettu näytteet kahdelta eri henkilöltä. Toiselta työntekijältä otettiin virtsan kromi ja nikkeli näytteet kolmasti ja niistä viimeiset olivat alle viiteraja-arvojen. Vuonna 2016 kolmelta eri henkilöltä otetut näytteet olivat alle viiteraja-arvon (taulukko 3, 40). Tämän jälkeen työn luonne on muuttunut niin, että keneltäkään ei ole enää otettu virtsan nikkeli tai virtsan kromi näytteitä säännöllisesti.

Veren elohopea

Vuodesta 2014 lähtien veren elohopeanäytteitä on otettu epäiltäessä mahdollista altistumista elohopealle työtehtävissä. Epäorgaanisen ja orgaanisen elohopean analyysiä ei ole työterveyshuollon toimintasuunnitelmassa määritetty biomonitoitavaksi säännöllisesti tuotannossa työskenteleviltä työntekijöiltä, vaan niitä on analysoitu satunnaisesti muutama vuosittain ja vuonna 2015 kymmenen epäiltäessä mahdollista altistumista elohopeaa sisältävälle vedelle. Vuonna 2021 tapahtui kunnossapitotoimissa yllättävä tilanne, missä työn teon jälkeen alettiin miettiä mahdollista elohopealle alistumista. Työympäristössä oli paljon tuhkaa ja työntekijöillä oli hengityksensuojaimet käytössä, mutta niiden suojauksen riittävyttä selvitettiin ottamalla kaikilta työhön osallistuneilta veren epäorgaaninen ja orgaaninen elohopea. Tämän vuoksi näytteitä otettiin poikkeuksellisen paljon eli kaksikymmentä vuonna 2021 (taulukko 3, 40).

TAULUKKO 3. Biomonitorointien lukumäärät vuosilta 2013–2021

Suluissa olevat arvot tarkoittavat viiteraja-arvojen ylityksiä. Toimenpiderajoja ei ole ylitetty.

Näyte	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
U-As	68 (2)	52 (1)	42 (4)	39 (1)	20 (0)	30 (0)	21 (0)	14 (0)	20 (0)
B-Cd	64 (10)	92 (9)	65 (0)	58 (3)	30 (3)	42 (6)	39 (1)	32 (0)	23 (1)
B-Pb				55 (2)	25 (1)	42 (3)	36 (2)	25 (2)	24 (3)
U-Cr	2 (0)	3 (0)	4 (2)	3 (0)					
U-Ni	2 (0)		4 (2)	3 (0)					
U-Cd	1 (0)	1 (0)	1 (0)		1 (0)				
B-Hg-i		2 (0)	2 (0)	1 (0)	10 (0)	1 (0)	1 (0)	1 (0)	20 (0)
B-Hg-o									

8.3 Yhteenveto tuhka-analyyseistä ja biomonitoroinneista

Voimalaitos 1:llä on sekä lento- että kattilatuhkassa arseenia. Viimeisissä mittauksissa vuonna 2020 arseenipitoisuus on pienentynyt, mutta syöpävaarallisuutensa vuoksi arseeni tulee huomioida biomonitoroinneissa henkilöillä, jotka työskentelevät voimalaitos 1:llä. Lyijyä esiintyy molemmissa tuhkissa ja sen pitoisuus on lisääntynyt viimeisissä mittauksissa vuonna 2020. Kokonaiskromipitoisuus on hiukan pienentynyt lentotuhkassa mutta kattilatuhkassa pysynyt lähes ennallaan. Mangaania on kattilatuhkassa enemmän kuin lentotuhkassa. Nikkelipitoisuus on lentotuhkassa noin 10 % ja kattilatuhkassa noin 20 %. Haitta-ainepitoisuudet on laskettu oletuksella, että ilmassa on pölyä 10 mg/m³ ja tulokset ovat laskennallisia arvioita haitta-aineen pitoisuudesta verrattuna sallittuun pitoisuuteen. Voimalaitos 1:llä työskentelevillä on huomioitava syöpäsairaudenvaaraa aiheuttaville aineille altistuminen eli altistuminen arseenille, lyijylle, kromille ja vähäisessä määrin nikkelille ja hermostovaikuttiselle mangaanille.

Voimalaitos 2:lla kattilatuhkassa ei ole arseenia ja kalkkituhkassa sitä on pieni pitoisuus, samoin nikkeliä on vähän molemmissa tuhkissa. Lyijyä on sekä kattila- että kalkkituhkassa mutta enemmän kattilatuhkassa samoin kromia on kattilatuhkassa enemmän kuin kalkkituhkassa. Mangaania on pieni pitoisuus molemmissa

tuhkissa. Haitta-ainepitoisuudet on laskettu oletuksella, että ilmassa on pölyä 10 mg/m³. Voimalaitos 2:lla työskentelevillä on huomioitava syöpäsairaudenvaaraa aiheuttaville aineille altistuminen eli altistuminen arseenille, lyijylle ja kromille. Vaikka kattilatuhkassa ei ole arseenia, se pitää huomioida, koska sama työntekijä altistuu molemmille tuhille.

Polttolaitos 1:llä lentotuhkan arseenipitoisuus on pysynyt samansuuruisena viimeiset vuodet ja suotopuristinsakassa sitä on muutama prosentti. Lyijypitoisuus on pienentynyt lentotuhkassa olleen vuonna 2020 17 %:n luokkaa ja suotopuristinsakassa sitä ei ole lainkaan. Lentotuhka sisältää kromia, jota ei ole juurikaan suotopuristinsakassa. Kokonaiskromipitoisuus on pienentynyt vuodesta 2019 vuoteen 2020. Mangaanipitoisuus on 10 % luokkaa vuonna 2020 molemmissa tuhissa. Haitta-ainepitoisuudet on laskettu oletuksella, että ilmassa on pölyä 10 mg/m³ ja tulokset ovat laskennallisia arvioita haitta-aineen pitoisuudesta verrattuna sallittuun pitoisuuteen. Polttolaitos1:llä työskentelevien biomonitoroinneissa on huomioitava syöpäsairauden vaaraa aiheuttavat haitta-aineet kuten arseeni, kromi ja lyijy. Vaikka suotopuristinsakka ei juurikaan sisällä arseenia ja lyijyä ei lainkaan, tulee ne huomioida biomonitoroineissa, koska samat henkilöt käsittelevät sekä lentotuhkaa että suotopuristinsakkaa.

Biomonitoroinneissa tulee ottaa huomioon mahdollinen altistuminen raskasmetalleille sekä arseenille. Terveysvaikutusten vuoksi tulisi molemmilla voimalaitoksilla sekä polttolaitoksella työskenteleviltä biomonitoroida arseeni, lyijy, kromi sekä kadmium, jota nykysinikin biomonitoroidaan. Jumpposen ym. (2011, 98) tutkimuksissa löydettiin kierrätyspolttoainetta polttavien laitosten työntekijöiden käsistä arseenia, kadmiumia ja lyijyä käsien pesun jälkeenkin. Tämä puoltaa myös suositusta arseenin, lyijyn ja kadmiumin biomonitoroinneiksi. Kromipitoisuus on ilmoitettu XRF-analyysissä kokonaiskromipitoisuutena, mutta kuudenarvoisen kromin terveysvaikutusten vuoksi tulisi pohtia kromin biomonitorointia ainakin kerran kaikilta voimaloilla ja polttolaitoksella työskenteleviltä. Laitoksella on tavoitteena, että kaikki voimaloiden ja polttolaitoksen työntekijät hallitsevat toistensa työt, joten ei ole aina selvää millä laitoksella työntekijät ovat työssä. Tämän

vuoksi biomonitoroinnit tulee olla samat kaikilla työntekijöillä voimaloilla ja polttolaitoksella. Biomonitoroinnit koskevat myös laitosten kunnossapito – ja huolto-työntekijöitä sekä tuhkia analysoivia henkilöitä.

Nykyisiin biomonitorointeihin kuuluu veren kadmiumpitoisuuden analysointi. Kadmiumia ei ole määritetty XRF-analyysissä samoin ei ole määritetty tuhkien elohopeapitoisuutta. Jatkossa elohopean ja kadmiumin analysointia tuhkista olisi suositeltavaa. XRF-analyysissä tutkittava tuhkanäyte on kerätty monesta yksittäisestä tuhkanäytteestä, jotka on otettu viikkonäytteistä ja kuukausinäytteistä. Vaikka jätteen laatu vaihtelee paljon, monen näytteen yhdistäminen lisää tutkimuksen luotettavuutta.

Biomonitoroinnilla voidaan selvittää ovatko työmenetelmät sellaisia, ettei terveyshaittaa aiheudu työntekijöille sekä suojautumisen riittävyyttä. TANO-toiminnassa tulee korostaa oikeanlaisten suojainten käyttöä ja käsihygienian merkitystä. Työturvallisuuteen on vuosien aikana lisääntyvästi kiinnitetty huomiota. Työssä käytetään erilaisia työhanskoja, suojalaseja, kuulonsuojausta sekä standardin mukaista suojavaatetusta, jotka ovat laitoksella pakollisia. Työssä, missä pölyä voi mennä iholle kaulalta tai ranteista käytetään hupullista kertakäyttövaatetta ja pitkiä työhanskoja. Tuhkan käsittelyssä tärkeää on hengityksen suojaaminen sekä oikeat työvaatteet sekä työhön tarkoitettut työhanskat.

9 POHDINTA

9.1 Opinnäytetyön eettisyys ja luotettavuus

Opinnäytetyön tekemisessä on toimittu rehellisesti, aineistoa on käsitelty huolellisesti ja tarkasti. Tulokset ilmoitetaan rehellisesti ja noudatetaan hyvää tieteellistä käytäntöä tutkimuksen eri vaiheissa. (TENK 2012.)

Tutkimuksessa on käytetty yrityksen omista järjestelmistä saatavia tietoja, joihin työntekijä pääsee ilman erillistä lupaa. Osaan järjestelmistä pääsee vain tietyt työntekijät, mutta aineistoa saa käyttää yrityksen oma henkilökunta ilman erillistä kirjallista suostumusta. Tietoja saa käsitellä, mutta niitä ei saa antaa ulkopuolisille alkuperäisessä muodossa. Opinnäytetyön tekemisen ajan tuhka-analyysien tiedot ovat olleet tietokoneella tallennettuna kahden salasanan takana. Ne hävitetään työn valmistuttua, koska ne löytyvät alkuperäisinä yrityksen järjestelmistä. Kaikki yrityksessä tehdyt biomonitoroinnit löytyvät yrityksen integroidun työterveyshuollon järjestelmästä. Biomonitorointitulokset ovat terveystietoja, joita käytetään tässä työssä ilman henkilötietoja vain lukumäärinä.

Opinnäytetyön lukee ennen julkaisua liiketoiminnan ja teknologian kehityspäällikkö, jotta yrityksen kannalta salassa pidettäviä tietoja ei tule julkisuuteen. Yrityksessä työtä ovat ohjanneet johtava työterveyslääkäri ja työhygieenikko. Opinnäytetyön aihe on tullut yrityksen tarpeista ja opinnäytetyön tekemisestä on tehty kirjallinen sopimus yrityksen edustajan kanssa oppilaitoksen ohjeiden mukaisesti.

Koska opinnäytetyön aiheesta on vähän kansainvälisiä tutkimuksia, on työssä jouduttu käyttämään pääasiassa suomalaisten tunnettujen laitosten tekemiä tutkimuksia tai julkaisuja. Tuhka-analyysit on tehnyt tunnettu akkreditoitu Eurofins Labtium Oy laboratorio aiemmin nimellä Labtium. Tutkimustulosten analyysien tekemisessä on hyödynnetty yhteistyöyrityksen omia kemian laboratorion ja työhygienian asiantuntijoita. Biomonitoroinnit on tehnyt Työterveyslaitoksen laboratorio, joka täyttää akkreditointivaatimuksen SFS-EN ISO/IEC 17025:2017 (Biomonitorointi n.d.).

Tässä tutkimuksessa kromipitoisuuden arvioimisessa epätarkkuutta aiheuttaa se, että analyysitulokset ovat kokonaiskromipitoisuutena eikä siitä ole erotettu syöpäsairauden vaaraa aiheuttavaa kuudenarvoista kromia erikseen. Elohopeaa ei ole analysoitu XRF-menetelmällä säännöllisesti tuhista, vaikka sitä satunnaisissa tutkimuksissa on löytynyt. Työhygieenisia mittauksia laitoksella ei ole tehty epäorgaanisen pölypitoisuuden selvittämiseksi tuhkien käsittelykohteissa. Niiden tekeminen lisäisi työntekijöiden altistumisen arvioinnin luotettavuutta.

Työterveysshuollossa työskentely on moniammatillista yhteistyötä, joka on tullut esille opinnäytetyötä tehdessä. Työhygieenikon asiantuntemus kemikaalialtistuksia selvitettäessä on ollut erityisen tärkeä niin analyysien tulkitsemisessä kuin koko työhygieenikon toimenkuvan ymmärtämisessä. Eri erityisasiantuntijat omassa talossa ovat tulleet tutuiksi, kun on tarvittu opastusta siinä, minkälaisista tutkimustuloksista saadaan tiedot tuhkien haitta-aineista niin, että tietoa voidaan hyödyntää altistumista arvioitaessa. Oman kemian laboratorion esimiehet ovat auttaneet omalta osaltaan ymmärtämään laboratorion merkityksen voimalaitosten tuhkien koostumusten selvittelyssä. Työterveyslääkäri tuo lääketieteen ja erityisesti työlääkätieteen näkökulman altisteisiin ja niiden terveysvaikutuksiin.

9.2 Tulosten arviointi ja jatkokäyttömahdollisuus

Työn tarkoituksena oli selvittää, mitä raskasmetalleja jätteen polton tuhkat sisältävät niin paljon, että niillä on mahdollinen terveysvaikutus. Raskasmetallien ja arseenin pitoisuudet eri tuhissa tiedetään XRF-analyysien perusteella. Työn edetessä tuli esille, että raskasmetallien lisäksi puolimetalli mangaania on jätteenpolton tuhissa. Työntekijä voi työssään altistua työilmassa olevalle tuhkalta. Tässä työssä on käytetty olettamusta, että työilmassa olisi pölyä 2 mg/m^3 ja 10 mg/m^3 . Tuhkan koostumustietojen perustella on laskettu, kuinka monta prosenttia kunkin haitta-aineen pitoisuus olisi kyseisen haitta-aineen HTP-arvosta kyseisissä tilanteissa. Tällä arviolaskennalla löydettiin haitta-aineet, joiden pitoisuudella on merkitystä terveydelle. Tämä oli työn tarkoitus. Työssä ei otettu kantaa

haitta-aineiden yhteisvaikutuksiin. TANO-toiminnassa tulee kuitenkin muistaa erilaisten altisteiden yhteisvaikutus terveyteen. Meluisissa olosuhteissa elohopea ja lyijy lisäävät mahdollista meluvaurion riskiä (HTP-arvot 2020 2020, 16).

ETENE (n.d.) suosittelee terveydenhuoltoalalle vastuullisia päätöksiä ja sitä tukevaa toimintakulttuuria. Tähän liittyen turhia biomonitorointeja tulee välttää, mutta tutkittuun tietoon perustuvia biomonitorointeja tulee tehdä ja ne tulee perustella työntekijöille. Tämän työn tuloksia voidaan hyödyntää työterveyshuollon biomonitorointien suunnittelussa ja päivittää tiedot työterveyshuollon toimintasuunnitelmaan. Tieto tuhkien raskasmetalleista ja niiden terveysvaikutuksista lisääntyi ja saatua tietoa voidaan hyödyntää työterveyshuollon TANO-toiminnassa sekä työpaikkaselvitysten riskinarvioinneissa yrityksen eri tuhkan käsittelylaitoksilla Suomessa. Koska kysymyksessä on integroitu työterveyshuolto, joka koordinoi tuhkan käsittelylaitosten ostopalveluna toimivia työterveyshuoltoja, työn tuloksia voidaan jakaa näille työterveyshuolloille, jotka omassa TANO-toiminnassaan voivat käyttää tämän työn tuloksia. Yhteistyöyrityksellä on Ruotsissa ja Tanskassa voimalaitoksia, joissa vaarallisen jätteen polton seurauksena muodostuu vastaavanlaista tuhkaa kuin Suomessa. Näiden laitosten työterveyshuolloissa tässä työssä saatuja tuloksia voidaan hyödyntää. Tietoja voivat hyödyntää tuhkaa kuljettavat urakoitsijat terveysriskiarvioinneissaan sekä heidän työterveyshuollot TANO-toiminnassaan.

Koska tuhkista on tutkittu elohopeaa satunnaisesti ja kadmiumia ei ole tutkittu lainkaan, suositellaan niiden tutkimista jatkossa niiden terveysvaikutusten vuoksi. Tutkimuksessa tuli esille, että puolimetalli mangaania voi olla tuhkissa haitallisia pitoisuuksia. Mangaania ei yksilötasolla tutkita, mutta virtsan mangaani voidaan tutkia, mikäli on mahdollista, että altistumista mangaanille on tapahtunut. Alumiini ei ole raskasmetalli, joten se ei kuulunut tämän työn tutkimuksen kohteeksi, mutta sen tutkiminen tuhkasta olisi tärkeää sen terveysvaikutusten vuoksi. Työhygienisiä mittauksia laitoksella ei ole tehty epäorgaanisen pölypitoisuuden selvittämiseksi tuhkien käsittelykohteissa. Niiden tekemistä suositellaan todellisen pölypitoisuuden selvittämiseksi.

Jätteen polton tuhkat sisältävät suuren määrän erilaisia haitta-aineita, jotka ovat terveydelle vaarallisia tai haitallisia. Biomonitoroinneissa on ollut harvoin viiterajan ylityksiä ja nekin hyvin marginaalisia. Tämä osoittaa sen, että työtä tehdään huolellisesti ja huolehditaan hygieniasta ja käytetään ohjeiden mukaisesti työkohtaisia henkilönsuojaimia. TANO-toiminnassa ei voi liikaa muistuttaa huolellisesta käsihygieniasta sekä suojainten käytön tarpeellisuudesta ja välttämättömyydestä. Tupakointi nousi esiin biomonitorointien viiterajojen ylityksissä, koska lähes kaikki ylitykset tapahtuvat tupakoitsijoilla. Tämän vuoksi työterveyshuolto teki aloitteen Savuton työpaikka -hankkeesta. Tupakoinnin kieltäminen työaikana työpaikalla on perusteltua sen vuoksi, että tupakointi lisää riskiä altistumisesta haitta-aineille käsien välityksellä. Sen lisäksi tupakka ja tuhka sisältävät samoja haitta-aineita. Nuuskan käytössä on sama riski mutta sen käytön kieltämisen valvonta on vaikeaa, joten sen lopettamista tullaan suosittelemaan, mutta hankkeessa on mukana vain tupakka ja sähkötupakka, koska niiden käyttöä voidaan valvoa.

Jätteen polton tuhkan koostumus vaihtelee riippuen poltettavasta jakeesta, eikä tuhkillä ole käyttöturvallisuustiedotteita kuten normaalisti kemikaaleilla tulee olla. Työnantajan vastuulla on koko tuhkan toimitusketju syntypaikalta loppukäsittelyyn. Kaikkien tuhkaa käsittelevien tulee olla tietoisia tuhkan haitta-aineista ja niiden vaikutuksista sekä niiltä suojautumisesta. Työn tuloksia hyväksi käyttäen, voidaan tehdä ohje tuhkia käsitteleville Riihimäen laitoksen työntekijöille, tuhkaa kuljettavien aliurakoitsijoiden työntekijöille sekä tuhkia käsittelevien käsittelykeskusten työntekijöille.

Työterveyshuollossa tehdään moniammatillista yhteistyötä. Erityisesti erityisen sairastumisen vaaraa aiheuttavan työpaikan työterveyshuollossa eri asiantuntijoiden yhteistyön tärkeys korostuu.

LÄHTEET

Biomonitorointi. n.d. Työterveyslaitos. Viitattu 31.10.2021. <https://www.ttl.fi/palvelu/biomonitorointi/>

Calogero, A.E., Fiore, M., bGiacone, F., Altomare, M., Asero, P., Ledda, C., Romeo, G., Mongioi, L.M., Copat, C., Giuffrida, M., Vicari, E., Salvatore Sciacan, S. & Ferrante, M. 2021. Exposure to several metals / metalloids and human semen quality: Cross-sectional study. *Ecotoxicology and Environmental safety* 215, 112175. Viitattu 4.9.2021. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112165>

Chabchoub, I., Anouar Nouioui, M., Araoud, M., Mabrouk, M., Amira, D., Habib Ben Aribia, M., Mahmoud, K., Zhioua, F., Merdassi, G. & Hedhili, A. 2021. Effects of lead, cadmium, copper, and zinc on male reproductive function. *Andrologia* 9 (53), e14181. Viitattu 4.9.2021. <https://doi-org.libproxy.tuni.fi/10.1111/and.14181>

ECHA (European Chemicals Agency) n.d. Legislation. Occupational exposure limits. Viitattu 5.3.2021. <https://echa.europa.eu/oel>

ECHA 2020. Committee for risk assessment RAC opinion on scientific evaluation of occupational exposure limits for lead and its compounds. ECHA/RAC/A77-O-0000006827-62-01/F. Viitattu 13.3.2022. https://echa.europa.eu/documents/10162/30184854/oel_lead_final_opinion_en.pdf/1853edfa-da47-c110-106e-2a70c30cef93

Elohopea ja sen epäorgaaniset yhdisteet. n.d. Perustelumuiatio elohopean biologisten altistumisindikaattorien toimenpideraja-arvoille. Viitattu 30.1.2021. <https://docplayer.fi/3715874-Elohopea-ja-sen-epaorganiset-yhdisteet.html>

ETENE, Valtakunnallinen sosiaali- ja terveysalan eettinen neuvottelukunta. n.d. Eettiset suositukset sosiaali- ja terveysalalle. Viitattu 7.3.2021. <https://etene.fi/documents/1429646/1555962/ETENE+esite+fin.pdf/365d8223-108f-4181-9d75-a9cf2973e5e2/ETENE+esite+fin.pdf>

Etiikan tila sosiaali- ja terveysalalla. 2012. Helsinki: Valtakunnallinen sosiaali- ja terveysalan eettinen neuvottelukunta ETENE, Sosiaali- ja terveysministeriö. Viitattu 8.8.2021. <https://etene.fi/documents/1429646/1559054/ETENE-julkaisu+35+Etiikan+tila+sosiaali-+ja+terveysalalla.pdf/b02f3efc-c92b-456f-a97a-2a524ef3b2f9/ETENE-julkaisu+35+Etiikan+tila+sosiaali-+ja+terveysalalla.pdf>

Fortum. 2022. Riihimäen laitosalue. Viitattu 13.2.2022. <https://www.fortum.fi/yrityksille-ja-yhteisolle/kierratys-ja-jatepalvelut/recycling-waste-yhteystiedot-ja-toimipaikat/riihimaen-laitosalue?vtab=accordion-item-39591>

Frilander H., Aitto-oja L., Huuskonen P. & Santonen T. 2022. Raskaus ja työn altisteet. Työterveyslaitos. <https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/144002/TTL-978-952-261-949-5.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hakonen, M. päivämestari. 2022. Suotopuristin sakasta. Sähköpostiviesti. Luettu 30.3.2022.

HTP-arvot 2020. 2020. Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet. Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskuksen julkaisuja 2020:24. Helsinki; Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskus. Viitattu 4.9.2021.

<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-00-5658-2>

IARC 2012. Arsenic, metals, fibres, and dusts. Volume 100 C. A review of human carcinogens. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. WHO. Viitattu 13.3.2022. <https://monographs.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/06/mono100C.pdf>

Jumpponen M., Rönkkömäki H., Tuomi T., Santonen T. & Laitinen J. 2011. Tuhkan sisältämät haitalliset kemialliset aineet ja mineraalit -Altistuminen ja torjunta. Loppuraportti työsuojelurahastolle. Työterveyslaitos Kuopio/Oulu/Helsinki. Viitattu 10.3.2021. <https://docplayer.fi/18691638-Tuhkan-sisaltamat-haitalliset-kemialliset-aineet-ja-mineraalit-altistuminen-ja-torjunta-loppuraportti-tyosuojelurahastolle.html>

Kaartinen, T. Laine-Ylijoki, J. & Wahlström, M. 2007. Jätteen termisen käsittelyn tuhkien ja kuonien käsittely- ja sijoitusmahdollisuudet. Helsinki; VTT. Viitattu 14.3.2021. <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2007/T2411.pdf>

Kadmium ja sen yhdisteet. 2014. HTP-arvon perustelumuuisto. Työturvallisuuskeskuksen sääntöjä valmisteleva neuvottelukunta. Kemian työsuojeluneuvottelukunta. <https://www.tyosuojelu.fi/documents/14660/6121627/Kadmium2014.pdf/323ec3a9-27e5-d029-b594-63ddd5b6a5e3>

Kiziler, A.R., Aydemir, B., Onara, I., Alici, B., Ozkara, H., Gulyasar, T. & Can Akyolcu M. 2007. High levels of cadmium and lead in the semen and blood of smoking men require high levels of oxidative stress and damage in infertile individuals. *Biological Trace Element Research* 120, 82–91. <https://doi-org.libproxy.tuni.fi/10.1007/s12011-007-8020-8>

Koivukoski, E. 1992. Ongelmajätehuoltoa 10 vuotta. Suomen ongelmajäte Oy-Finlands problemavfall Ab/Ekokem Oy Ab:n toiminnasta vuosina 1979–1989. Riihimäki: Mainos Wallin Ky.

Laitinen, S., Rissanen, R. & Santonen, T. 2017. Kiertotalouden työperäiset altistumisriskit. Helsinki: Työterveyslaitos. Viitattu 24.10.2021. <https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/135312/Kiertotalouden-ty%C3%B6per%C3%A4iset-altistumisriskit.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Leino, T., Sauni, R., Uitti, J., Latvala, J. & Karvala K. 2019. Terveystieteen seurannan perusteet ja tavoitteet. Teoksessa Karvala, K., Leino, T., Oksa, P., Santonen, T., Sainio, M., Latvala, J. & Uitti, J. (toim.). 2019. Altistelähtöinen työterveysseuranta. 1.–2. painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim 20, 14–18.

Loppuraportti työsuojelurahastolle. Työterveyslaitos Kuopio/Oulu/Helsinki. Viitattu 10.3.2021. <https://docplayer.fi/18691638-Tuhkan-sisaltamat-haitalliset-kemialliset-aineet-ja-mineraalit-altistuminen-ja-torjunta-loppuraportti-tyosuojelurahastolle.html>

Lyijy. n.d. Perustelumuistio epäorgaanisen lyijyn biologisen altistumisindikaattorin raja-arvon uusimiseksi. Työterveyslaitos. Viitattu 5.9.2021 [file:///C:/Users/P%C3%A4ivi%20Oja/Downloads/perusmuistio-epaorganisen-lyijyn-toimenpiderajoiksi%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/P%C3%A4ivi%20Oja/Downloads/perusmuistio-epaorganisen-lyijyn-toimenpiderajoiksi%20(1).pdf)

Mangaani ja sen epäorgaaniset yhdisteet. HTP- arvon perustelumuistio. 2013. Viitattu 31.10.2021. <https://www.tyosuojelu.fi/documents/14660/6121633/Mangaani2013.pdf/bf390be8-eb06-58ce-a39b-372172ccf1aa>

Marzec-Wróblewska, U., Kamiński, P., Łakota, P., Szymański, M., Wasilow, K., Ludwikowski, G., Jerzak, L., Stuczyński, T., Woźniak, A. & Buciński, A. 2018. Properties of human sperm for cobalt, chromium and lead in semen and catalase activity in semen plasma. *Biological Trace Element Research* 188 (2), 251–260. Viitattu 4.9.2021. <https://doi-org.libproxy.tuni.fi/10.1007/s12011-018-1416-9>

Palmgren, H. 2012. Vaikuttavan työterveyskasvatuksen ja viestinnän tanotoimintamalli. 59. Työterveyspäivät 2012. Viitattu 8.8.2021. <https://www.sli-deshare.net/tyoterveyslaitos/palmgren-vaikuttavan-tyterveyskasvatuksen-ja-viestinn-tano-toimintamalli>

Palmgren, H., Ahola, M., Kauppinen, U., Kauhanen, T., Koroma, J. & Ylä-Outinen, A. 2014a. Tietojen antaminen, neuvonta ja ohjaus työterveyshuollossa. Teoksessa Uitti, J. (toim.) Hyvä työterveyshuoltokäytäntö. 3.–5. painos. Helsinki: Sosiaali- ja terveysministeriö, Työterveyslaitos, 237–250.

Palmgren, H., Laine, A. & Koskela, L. 2014b. Pienten yritysten työterveyshuollon toimintamalli. Teoksessa Uitti, J. (toim.) Hyvä työterveyshuoltokäytäntö. 3.–5. painos. Helsinki: Sosiaali- ja terveysministeriö, Työterveyslaitos, 274–282.

Perko, S & Perko, T. 2004. Mustasta valkoiseksi. Ekokem, ongelmajätteet ja yhteiskunta 1979–2004. Ekokem 2004.

Porras S., Hyytinen, E-R., Koponen, M., Heinälä, M. & T Santonen T. 2015. Hormonitoimintaa häiritseville kemikaaleille altistuminen työpaikoilla. Esiselvitysprojekti. Viitattu 3.9.2021. Helsinki: Työterveyslaitos. <http://urn.fi/URN:978-952-261-522-0>

RAC. 2017. Committee for risk assessment RAC. Opinion on arsenic acid and its inorganic salts. ECHA/RAC/A77-O-0000001412–86–148/F. Helsinki: European chemicals agency. Viitattu 4.9.2021. https://echa.europa.eu/documents/10162/13641/opinion_arsenic_en.pdf/dd3eb795-108e-5d3a-6847-dddccc021a9dc

Rautio, M. 2014. Eettinen toiminta työterveyshuollossa Teoksessa Uitti, J. (toim.) Hyvä työterveyshuoltokäytäntö. 3.–5. painos. Helsinki: Sosiaali- ja terveysministeriö, Työterveyslaitos, 81–89.

Santonen, T. 2019a. Epämetallit. Teoksessa_Karvala, K., Leino, T., Oksa, P., Santonen, T., Sainio, M., Latvala, J. & Uitti, J. (toim.). Altistelähtöinen työterveysseuranta. 1.–2. painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 156–157.

Santonen, T. 2019b. Metallit. Teoksessa_Karvala, K., Leino, T., Oksa, P., Santonen, T., Sainio, M., Latvala, J. & Uitti, J. (toim.). Altistelähtöinen työterveysseuranta. 1.–2. painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 144–146.

Siuvatti, T. 2017. Kuinka XRF-analysaattori toimii? Holger Hartmann Oy. Viitattu 22.10.2021. <https://www.holgerhartmann.fi/blogi/kuinka-xrf-analysaattori-toimii>

Smith A.H., Marshall G., Roh T., Ferreccio C., Liaw J., & Steimaus C. 2018. Lung, Bladder, and Kidney Cancer Mortality 40 Years After Arsenic Exposure Reduction. *Journal of the National Cancer Institute* 110 (3), 241–249. Viitattu 3.9.2021. <https://doi.org/10.1093/jnci/djx201>

Sosiaali- ja terveysministeriö, STMa. Työfysioterapeutit määritellään jatkossa työterveyshuollon ammattihenkilöiksi. 2021. Viitattu 8.1.2022. <https://stm.fi/-/tyofysioterapeutit-maaritellaan-jatkossa-tyoterveyshuollon-ammattihenkiloiksi>

Sosiaali- ja terveysministeriö, STMb. Työterveyshuolto. N.d. Viitattu 7.8.2021. https://stm.fi/tyoterveyshuolto?p_p_id=56_INSTANCE_7SjjYVdYeJHp&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=3&_56_INSTANCE_7SjjYVdYeJHp_languageId=sv_SE

Sosiaali- ja terveysministeriö, STMc. 2017. Työterveyshuollon ammattihenkilöiden ja asiantuntijoiden pätevyys ja sosiaali- ja terveysministeriön ohjeet työterveyshuollon täydennyskoulutuksesta. Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuja 2016:10. Helsinki: Sosiaali- ja terveysministeriö. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79456/STM_10_2016_TTHn_ammattihenkiloiden_ja_suomi_A4.pdf

Takala, E-P., Leino, T., Harjunpää, K., Hirvonen, M., Kauranen, T., Liljeström, K., Syyrimaa, S. & Österbacka, O. 2019. Työterveyshuollon toiminta ja laatu Suomessa 2018. Helsinki: Työterveyslaitos. Viitattu 24.7.2021. <https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/138566/TTL-978-952-261-891-7.pdf?sequence=6&isAllowed=y>

Tilastokeskus. 2021. Yhdyskuntajätteen määrä jatkoi kasvuaan vuonna 2020 – suurin osa jätteistä hyödynnettiin edelleen energiana. Viitattu 6.2.2022. https://tilastokeskus.fi/til/jate/2020/13/jate_2020_13_2021-12-09_tie_001_fi.html

Työsuojelu.fi. 2020. Työsuojeluhallinnon verkkopalvelu. Sivu päivitetty 13.11.2020. Viitattu 9.1.2022. <https://www.tyosuojelu.fi/tyoolot/ke-mialliset-tekijat/raja-arvot>

Työterveyslaitos 2016. Hengittävän ja alveolijakeisen pölyn tavoitetasoperustelumuistio. Tavoitetaso TU-01-2016. Helsinki: Työterveyslaitos. Viitattu 26.9.2021. <https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/12/hengittyva-ja-alveolijakeinen-poly-tavoitetaso.pdf>

Työterveyslaitos n.d.a. Kiertotalouden altisteet. Tuhkat ja kuonat. Viitattu 16.2.2021. <https://www.ttl.fi/kiertotalous/kiertotalouden-altisteet/>

Työterveyslaitos n.d.b. Lyijymyrkytys. Viitattu 5.9.2021. <https://www.ttl.fi/tyontekija/ammattitaudit/lyijymyrkytys/>

Työterveyslaitos n.d.c. Työterveyshenkilöstö. Viitattu 16.2.2021. <http://www.ttl.fi/tyontekija/tyoterveyshuolto/tyoterveyshenkilosto/>
Työterveyslaitos. n.d.d. Työterveyshuolto. Viitattu 2.7.2021. <https://www.ttl.fi/tyontekija/tyoterveyshuolto/>

Työturvallisuuskeskus. 2015. Työhygieniä. Kemialliset, biologiset ja fysikaaliset haittatekijät. Työturvallisuuskeskus TTK, metallialan työalatoimikunta. Viitattu 16.2.2021. https://ttk.fi/files/4661/Tyohygienia._Kemialliset_biologiset_ja_fysikaaliset_haittatekijat.pdf

Zubair, M., Ahmad, M. & Qureshi, ZI. 2017. A review of arsenic toxicity in the male reproductive system and its improvement. *Anrologya* 49 (9), e12791. Viitattu 4.9.2021. <https://doi-org.libproxy.tuni.fi/10.1111/and.12791>

Wijesekara, G., Fernando, DMS., Wijerathna & Bandara, N. 2015. Environmental and occupational exposures as a cause of male infertility. *Ceylon Medical Journal* 60 (2), 52–56. Viitattu 4.9.2021. <https://doi.org/10.4038/cmj.v60i2.7090>

Lait ja asetukset

Jätelaki 646/2011. Viitattu 29.4.2022. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110646#L1P5>

Laki syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille ja menetelmille ammatissaan Altistuvien luettelosta ja rekisteristä 452/2020. Viitattu 7.3.2021. <https://www.finlex.fi/fi/laki/smur/2020/20200452>

Työterveyshuoltolaki 1383/2001. Viitattu 4.10.2021. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20011383>

Valtioneuvoston asetus henkilönsuojainten valinnasta ja käytöstä työssä 427/2021. Viitattu 13.2.2022. <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2021/20210427>

Valtioneuvoston asetus sairausvakuutuslain täytäntöönpanosta 1335/2004. Viitattu 5.9.2021. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2004/20041335>

Valtioneuvoston asetus terveystarkastuksista erityistä sairastumisen vaaraa aiheuttavissa töissä 1485/2001. Viitattu 7.3.2021. <http://finlex.fi/fi/laki/alkup/2001/20011485>

Valtioneuvoston asetus hyvän työterveyshuoltokäytännön periaatteista, työterveyshuollon sisällöstä sekä ammattihenkilöiden ja asiantuntijoiden koulutuksesta 708/2013. Viitattu 4.10.2021. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130708>

Valtioneuvoston asetus sairausvakuutuslain täytäntöönpanosta 1335/2004. Viitattu 31.10.2021. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2004/20041335>

Valtioneuvoston asetus ympäristönsuojelusta 4.9.2014/713. Viitattu 7.3.2021. <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140713?search>

Ympäristönsuojelulaki 27.6.2014/527. Viitattu 7.3.2021. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527>

LIITTEET

Liite 1. Haitta-aineiden arvioidut pitoisuudet.

	2020		2019		2018		2017		2016		2015		2014		
	10mg/m ³	2mg/m ³	10mg/m ³	2mg/m ³	10mg/m ³	2mg/m ³	10mg/m ³	2mg/m ³	10mg/m ³	2mg/m ³	10mg/m ³	2mg/m ³	10mg/m ³	2mg/m ³	
V1 lentotuhka As	46	9	210	42	220	44	140	28	160	32	158	32	94	19	%
V1 lentotuhka Pb	112	24	35	7	30	6	36	7	50	10	37	7	37	7	%
V1 lentotuhka Mn	23	5	28	6	22	4	26	5	16	3	19	4	15	3	%
V1 lentotuhka Cr	85	17	150	30	130	26	150	30	65	13	94	19	62	12	%
V1 lentotuhka Ni	10	2	16	3	10	2	16	3	7	1	10	2	10	2	%
V1 kattilatuhka As	18	4	48	10	76	15	91	18	42	8	58	12	33	7	%
V1 kattilatuhka Pb	65	13	40	8	65	13	47	9	46	9	35	7	49	10	%
V1 kattilatuhka Mn	70	14	60	12	65	13	70	14	60	12	61	12	56	11	%
V1 kattilatuhka Cr	200	40	190	38	210	42	180	36	150	30	129	26	112	22	%
V1 kattilatuhka Ni	22	4	24	5	18	4	14	3	14	3	11	2	10	2	%
V2 kalkkituhka As	27	5	19	4	38	8	52	10	42	8	67	13	57	11	%
V2 kalkkituhka Pb	35	7	31	6	28	6	40	8	37	7	34	7	49	10	%
V2 kalkkituhka Mn	7	1	9	2	8	2	8	2	8	2	10	2	10	2	%
V2 kalkkituhka Cr	20	4	22	4	17	3	22	4	17	3	21	4	25	5	%
V2 kalkkituhka Ni	3	1	3	1	2	0	4	1	3	1	3	1	3	1	%
V2 kattilatuhka As	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	2	0	0	%
V2 kattilatuhka Pb	72	14	68	14	79	16	81	16	91	18	73	5	78	16	%
V2 kattilatuhka Mn	10	2	55	11	75	15	55	11	50	10	54	11	56	11	%
V2 kattilatuhka Cr	93	9	94	19	110	22	100	20	110	22	112	22	122	24	%
V2 kattilatuhka Ni	9	2	13	3	13	3	10	2	10	2	11	2	10	2	%
PL1 suotopuristinsakka As	5	1	3	1	10	2									
PL1 suotopuristinsakka Pb	0	0	0	0	0	0									
PL1 suotopuristinsakka Mn	13	3	13	3	17	3									
PL1 suotopuristinsakka Cr	3	1	5	1	15	3									
PL1 suotopuristinsakka Ni	1	0	1	0	0	0									
PL1 lentotuhka As	48	10	44	9	60	12	170	34	230	46	165	33	117	23	%
PL1 lentotuhka Pb	17	3	33	7	18	4	0	0	12	2	0	0	0	0	%
PL1 lentotuhka Mn	12	2	23	5	14	3	33	7	12	2	26	5	10	2	%
PL1 lentotuhka Cr	120	24	260	52	110	22	500	100	67	13	122	24	109	22	%
PL1 lentotuhka Ni	13	3	30	6	17	3	50	10	14	3	20	4	22	4	%

