



Turvaerotusohjeistus voimalaitokselle

Alpo Peltola

Opinnäytetyö, AMK

Joulukuu 2021

Tekniikan ala

Insinööri (AMK), Energia- ja ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma

Peltola Alpo

Turvaerotusohjeistus voimalaitokselle

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Joulukuu 2021, 37 sivua

Tekniikan ala. Energia- ja ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Verkkojulkaisulupa myönnetty: kyllä

Tiivistelmä

Metsä Groupilta saadun ohjeistuksen mukaan Metsä Wood:in Suolahden vaneritehtaille ja Kumpuniemen Voima Oy:n voimalaitokselle oli tehtävä kirjallinen turvaerotus-, ja lukitusohjeistus. Työssä tavoitteena oli laatia toimiva ja selkeä ohjeistus Kumpuniemen Voima Oy:lle. Ohjeistuksen tavoitteena oli yhdenmukaistaa kunnossapidon työtapoja, sekä tehostaa turvallista työskentelyä. Työ otsikoitiin turvaerotusohjeistus voimalaitokselle.

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää olemassa olevaa järjestelmää, joten tutkimusmenetelmäksi valikoitui kehittämistutkimus, ja tutkimusotteeksi kvalitatiivinen tutkimusote. Ohjeistusten laatimiseksi kartoitettiin toimintatapojen nykytilanne haastattelujen, sekä havainnoinnin avulla. Laitteistoihin ja prosesseihin tutustuminen suoritettiin havainnointia, sekä kirjallisia aineistoja hyödyntäen. Turvaerotusohjeistuksen perustana käytettiin kansainvälistä lockout/tagout standardia, eli LOTO standardia, sekä muita työturvallisuusstandardeja ja -lakeja.

Opinnäytetyössä kartoitettiin voimalaitoksen laitteisto ja vaikuttavat energialähteet, sekä laadittiin yksityiskohtainen ohjeistus laitteiden erottamiseksi energialähteistään. Ohjeistusten pohjana käytettiin Metsä Woodin Suolahden vaneritehtailla käytössä olevaa LOTO-ohjeistuksen pohjaa. Työn tuloksena saatiin valmiit ohjeistukset, joita voidaan käyttää hyväksi kunnossapitotyön lisäksi esimerkiksi perehdyttämisessä.

Valmiiden ohjeistusten myötä, turvaerottaminen saatiin nostettua uudelle tasolle. Ohjeistusten käyttöönoton jälkeen nähdään konkreettinen vaikutus ja saadaan palautetta ohjeistusten käytöstä. Ohjeistuksista tehtiin helposti muokattavia mahdollisia muutoksia ajatellen. Opinnäytetyössä tehtyjen ohjeistusten pohjalta on tulevaisuudessa helppo laatia ohjeistukset myös jäljelle jääneille laitteille ja prosesseille.

Avainsanat (asiasanat)

Lockout, tagout, turvalukitseminen, turvaerottaminen

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

Peltola Alpo

Instructions for safety isolation at the power plant

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, December 2021, 37 pages

Engineering and technology. Degree Programme in Energy and Environmental Technology. Bachelor's thesis.

Permission for web publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

According to Metsä Group's instructions, written safety isolation and interlocking instructions had to be made for Metsä Wood's Suolahti plywood mills and Kumpuniemen Voima Oy's power plant. The aim of the work was to prepare functional and clear instructions for the use of Kumpuniemen Voima Oy. The aim of the guidelines was to standardize maintenance work methods, and to increase the efficiency of safe work. The work was titled instructions for safety isolation at the power plant.

The aim of the thesis was to develop an already existing system, so development research was chosen as the research method, and the research approach is a qualitative research approach. The current situation was charting through interviews and observations. Information on equipment and processes was obtained through observation and written materials.

The international lockout / tagout, or LOTO standard, as well as other occupational safety standards and laws were used as the basis for the safety isolation guidelines.

The thesis covered the power plant equipment and the influential energy sources, and detailed guidelines were developed to isolate equipment from its energy sources. The guidelines were based on the LOTO guidelines used at Metsä Wood's Suolahti plywood mills. As a result of the work, ready-made instructions were created, which can be used in addition to maintenance work, for example in introduction.

With the ready-made instructions, safety isolation could be raised to a new level. After the introduction of the guidelines, a concrete impact is seen and feedback is received on the use of the guidelines. The guidelines were made easily editable for possible changes. Based on the instructions given in the dissertation, it is easy to draw up guidelines in the future, also for other equipment and processes.

Keywords/tags (subjects)

Lockout, Tagout, safety interlocking, safety isolation

Miscellaneous (Confidential information)

Sisältö

1	Johdanto	6
1.1	Työn tausta ja tavoitteet	6
1.2	Kehittämis- ja tutkimusmenetelmä.....	7
1.3	Toimeksiantaja	8
2	Höyrykattilalaitoksen toimintaperiaate.....	9
2.1	Höyrykattilan rakenne ja toimintaperiaate.....	9
2.2	Arinapoltto	10
2.3	Leijukerrosoltto	13
2.4	Öljy- ja kaasukattilat, sekä pölypoltto	14
3	Työturvallisuus	16
3.1	Työturvallisuuslaki.....	16
3.2	Riskinarvio	17
3.3	SFS-EN ISO 14118:2018. Koneturvallisuus. Odottamattoman käynnistymisen estäminen	20
4	Vaaralliset energialähteet ja niiden erottaminen.....	21
4.1	Sähköenergia	22
4.2	Hydraulinen potentiaalienergia	22
4.3	Pneumaattinen potentiaalienergia	23
4.4	Lämpöenergia.....	23
4.5	Mekaaninen energia	24
4.6	Muut energialähteet	24
5	Lockout/Tagout	25
5.1	Yleistä	25
5.2	Lukitusmenetelmät	26
6	Työn toteutus ja tulokset	29
6.1	Työn lähtötilanne	29
6.2	Työn toteutus	30
6.3	Työn tulokset ja yhteenveto.....	31
7	Turvaerotusohjeistus esimerkki	32
	Lähteet	35
	Liitteet	37
	Liite 1. Riskitaulukko.....	37

Kuviot

Kuvio 1 Luonnonkiertokattilan vesihöyrypiiri (Huhtinen ym. 2004, 113).....	10
Kuvio 2 Arinapolttotekniikka (Arinapoltto N.d.)	12
Kuvio 3 Leijukerroksen painehäviön ja leijumistavan riippuvuus leijutusnopeudesta (Huhtinen ym. 2000, 154).	14
Kuvio 4 Riskien arvioinnin ja hallinnan vaiheet.	19
Kuvio 5 Lukitushaka (Sareskoski N.d.).....	27
Kuvio 6 Käsiventtiin lukitseminen	28
Kuvio 7 Trap Key järjestelmä (Doug Nix. 2018.).....	29
Kuvio 8 Turvaerotusohjeistus kansilehti	33
Kuvio 9 Turvaerotusohjeistus esimerkki	34

1 Johdanto

1.1 Työn tausta ja tavoitteet

Työturvallisuuden kehittäminen on aina ajankohtainen ja tulevaisuuteen tähtäävä aihe teollisuudessa. Kunnossapitotyöhön liittyy paljon riskejä, ja nykyään työnkuvaan kuuluukin oleellisesti turvallisuuden panostaminen, ja esimerkiksi riskinarvion tekeminen. Opinnäytetyön aihe, turvaerotusohjeistus, tukee vahvasti työturvallisuuden kehittymistä, sekä nolla tapaturmaa tavoitteen toteutumista. Työturvallisuuteen liittyy olennaisesti tiettyjen toimintatapojen noudattaminen, ja työtapojen yhtenäisyys, jotka vaativat toimiakseen selkeät ja hyvät ohjeet. Opinnäytetyön tuloksena toteutetaan kirjallinen ohjeistus toimenpiteistä, laitteiden ja prosessin osien erottamiseksi energialähteistä.

Työn toimeksiantajana toimiva Kumpuniemen Voima Oy sijaitsee Suolahdessa Metsä Wood:in vaneritehtaiden vieressä. Vaneritehtaille oli tekeillä turvaerotus- ja lukitusohjeistus, jossa perustana käytettiin lockout/tagout standardia. Lockout/Tagout standardi on Yhdysvaltalainen turvalukitusstandardi, joka on maailmanlaajuisesti käytössä. Myös Euroopassa ja Suomessa on olemassa vastaavia direktiivejä ja säännöksiä. Kumpuniemen Voiman voimalaitoksella, ja Metsä Wood:in vaneritehtailla toimivat sama kunnossapitoyhtiö, sekä samat kunnossapidon työntekijät, joten Kumpuniemen Voima sai myös tehtäväkseen suorittaa turvaerotusohjeistuksen.

Turvaerottaminen tarkoittaa laitteen, tai prosessin osan irrottamista siihen liittyneistä energialähteistä, eli nollaenergiatilaa saavuttamista. Turvaerottamisen tarkoitus on katkaista laitteen tehonsyöttö, sekä estää prosessiin tai laitteeseen varastoituneen energian tahaton, ja hallitsematon purkautuminen. Energian odottamaton ja tahaton purkautuminen, tai koneen odottamaton käynnistyminen voi aiheuttaa vaaran tai riskin työntekijälle. Energia voi olla varastoitunutta esimerkiksi puristuneeseen jouseen, tai lämpöenergiana kappaleen pinnalla. Turvaerottamiseen oleellisesti liittyvät turvaerotuspisteet, joilla tarkoitetaan energian tulon katkaisukohtia, esimerkiksi turvakytkimiä tai venttiilejä. Turvaerotusohjeistus on kirjallinen dokumentti, joka käsittelee tiettyyn laitteeseen tai prosessin osaan varastoituneet energialähteet, sekä sisältää ohjeet näiden energialähteiden erottamiseksi. Ohjeistuksessa käydään läpi myös mahdolliset jäännösenergiat, ja -riskit, sekä toimintaohjeet niiden varalle.

Opinnäytetyön aihe rajattiin koskemaan Kumpuniemen Voiman kiinteän polttoaineen kattiloita eli, arinakattilaa, sekä Pyroflow kiertopetikattilaa. Molemmat kattilakokonaisuudet jaettiin työssä prosessin mukaisiksi osa-alueiksi, ja laitekokonaisuuksiksi, joihin ohjeistukset laadittiin. Työn lopullinen laajuus ja osa-alueiden määrä, määräytyi työn edetessä, kun osa-alueiden laajuus ja niiden vaatima työmäärä selkeytyivät.

1.2 Kehittämis- ja tutkimusmenetelmä

Opinnäytetyössä tehtävän ohjeistuksen on tarkoitus kehittää työskentelymenetelmiä, tehostaa työturvallisuutta, yhtenäistää toimintatapoja, sekä lisätä tietoisuutta kunnossapitotyöhön liittyvässä turvaerotuksessa. Työn toteuttamismenetelmäksi valittiin kehittämistutkimus, jolle on olennaista, jo olemassa olevan asian tai ilmiön kehittäminen alkutilaa paremmaksi.

Työn tutkimusote on kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimus. Laadullisen tutkimuksen tarkoituksena on prosessin, tai ilmiön syvälinen ymmärtäminen, kirjallisten dokumenttien, sekä kuvien ja kuvioiden avulla. Laadullisessa tutkimuksessa tutkija ja tutkittava asia ovat suorassa kontaktissa, ja tutkija menee niin sanotusti kentälle tekemään haastatteluja ja havainnointia tutkittavasta ilmiöstä ja prosessista. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa tiedonkeruumenetelmiä ovat:

- Havainnointi
- Haastattelut
- Kirjalliset materiaalit.

(Kananen 2008, 25, 69–81).

Opinnäytetyössä tiedonkeruu tapahtui kaikilla kolmella kvalitatiivisen tutkimusmenetelmän tiedonkeruumenetelmällä. Työn lähtökohtaa kartoitettiin havainnoimalla, sekä haastattelujen avulla. Käyttöhenkilökuntaa haastatteleamalla saatiin hyvä kuva käytössä olevista toimintatavoista liittyen turvaerottamiseen. Haastattelut tapahtuivat pääosin suullisesti, mutta myös Whatsapp-viestien välityksellä. Haastatteleamalla useita ihmisiä saatiin kattava kuva erilaisista toimintatavoista, sekä

esimerkiksi eri vuorojen välillä olevista eroista työskentelymenetelmissä. Voimalaitoksen prosessien kartoitus tapahtui pääosin havainnoin avulla, kentällä prosessia tutkimalla. Myös haastatteluja ja kirjallisia aineistoja käytettiin hyväksi prosesseihin tutustuttaessa. Kirjallisina aineistoina käytettiin pääasiassa voimalaitoksen PI-kaavioita.

1.3 Toimeksiantaja

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimiva Kumpuniemen Voima Oy on vuonna 1991 perustettu, Suolahdessa toimiva voimalaitos. Kumpuniemen Voima toimii Metsä Wood:in Suolahden vaneritehtaiden yhteydessä, ja tuottaa niiden käyttöön prosessihöyryä, sähköä sekä lämpöä. Sähköä voidaan tehtaan lisäksi siirtää myös valtakunnan sähköverkkoon, ja lämpöä hyödyntää lähialueilla kaukolämpönä.

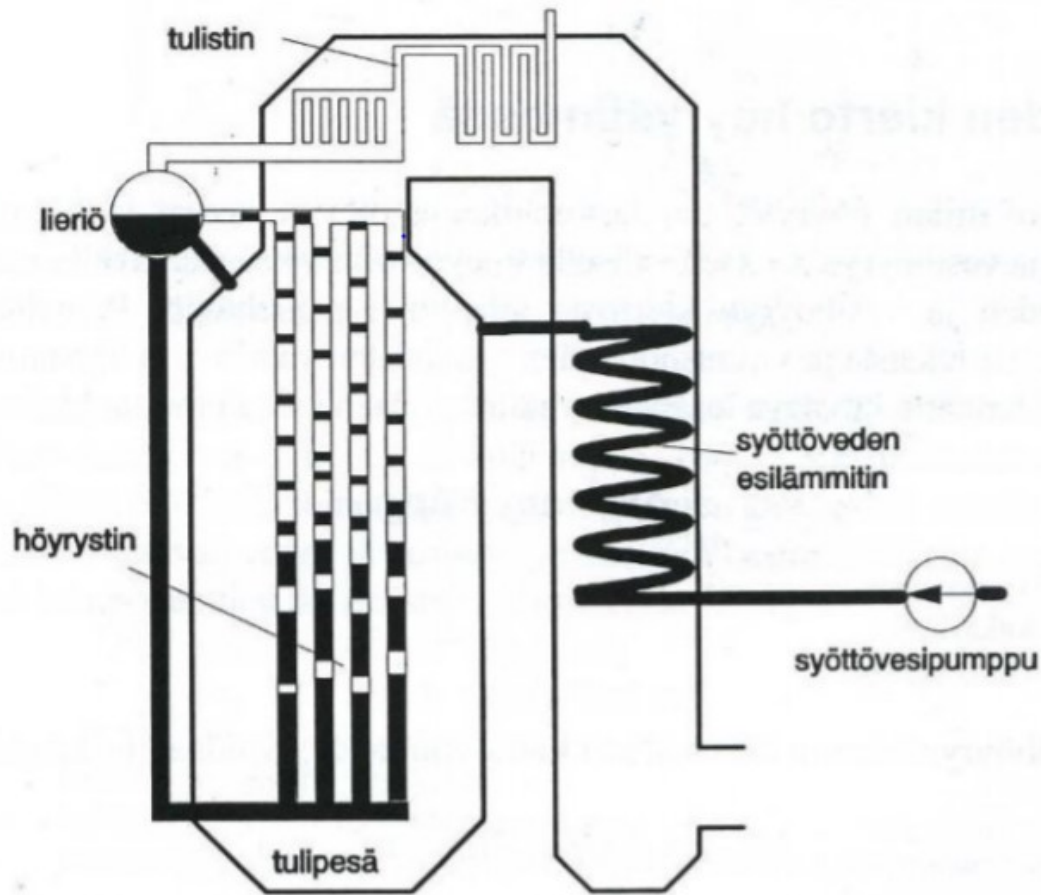
Kumpuniemen Voima Oy:n käytössä on yhteensä kolme höyrykattila, joista kaksi on luonnonkiertoperiaatteella toimivia, kiinteän polttoaineen kattiloita. Kattiloiden polttoaineista 99% saadaan vanerintuotannon puujätteestä. Käytössä oleva arinakattila on vuonna 1999 käyttöön otettu, Standard-Kesselin valmistama mekaaninen viistoarinakattila. Arinakattilan polttoaineena käytetään vaneritehtailta tulevaa havupuun kuorta, sekä haketettua puujätettä. Arinakattilassa poltetaan lisäksi myös sahanpurua, sekä hiontapölyä. Kattila on teholtaan 26 MW, ja sen tuottaman tuorehöyryn lämpötila on 480 °C ja paine on 42 baaria. Kattilan tuorehöyryn painetta voidaan tarvittaessa alentaa tehtaan vaatimaan 16 baariin reduktioventtiilin avulla. Arinakattilalla on lisäksi käytössä sähkösuodatin ja savukaasupesuri, sekä syöttöveden esilämmitin. Kumpuniemen Voiman kiertopetikattila on Ahlströmin valmistama, vuonna 1991 käyttöön otettu kattila. Kiertopetikattila on teholtaan 20 MW, ja sen tuottama tuorehöyry on samassa paineessa ja lämpötilassa kuin arinakattilalta tuleva höyry. Kiertopetikattilan polttoaineena käytetään koivupuun kuorta, sekä tehtaan puuhaketta. Kolmas kattila on Foster-Wheelerin, 22 MW tehoinen kevytpolttoöljykattila, jota käytetään vara- ja huipputehokattilana. Lisäksi Kumpuniemen Voimalla on käytössä höyryturbiini, ja kaukolämpövaihdin. Kumpuniemen Voimalla tehtävistä kunnossapitotöistä vastaa, vaneritehtaan tavoin, Quant Finland Oy kunnossapitoyhtiö.

2 Höyrykattilalaitoksen toimintaperiaate

2.1 Höyrykattilan rakenne ja toimintaperiaate

Höyrykattilalaitoksen tarkoitus on veden lämmittäminen höyryksi erilaisia polttoaineita polttamalla, ja tulistetun vesihöyryn avulla sähkön- ja kaukolämmöntuotanto. Kattilaan syötettävä syöttövesi lämmitetään kattilan painetta vastaavaan höyrystymislämpötilaan, ja myöhemmin höyrystetty vesi lämmitetään höyrystymislämpötilaa korkeampaan lämpötilaan, jolloin puhutaan tulistetusta vesihöyrystä. Energia veden höyrystämiseen ja vesihöyryn tulistamiseen saadaan polttamalla polttoainetta. Voimalaitoksilla käytettävä polttoaine voi olla kiinteää, nestemäistä tai kaasumaista. Kiinteitä polttoaineita ovat puu, turve sekä hiili, nestemäisiä polttoaineita ovat jäteliemet sekä öljy, ja kaasumaisia polttoaineita ovat maakaasu sekä nestekaasu. (Huhtinen ym. 2004, 27.)

Luonnonkiertokattilasta puhuttaessa tarkoitetaan höyrykattilaa, jossa veden ja vesihöyryn kierto kattilan höyrystimen ja lieriön välillä tapahtuu luonnollisesti, eli perustuu veden ja vesihöyryn väliseen tiheyseroon. Tulipesän seinämällä olevissa höyrystymisputkissa veden höyrystyessä, sen tiheys muuttuu pienemmäksi kuin veden tiheys, jolloin kevyempi höyry nousee takaisin lieriöön, ja laskuputkia pitkin tilalle virtaa uutta vettä. (Huhtinen ym. 2004, 113.) Lieriötä voidaan höyrykattilassa kuvata veden ja höyryn erotuspisteeksi. Lieriössä vesihöyry erottuu vedestä painovoimaisesti, niiden välisestä tiheyserosta johtuen. Vesihöyry lähtee lieriöstä tulistimelle ja höyrystymättä jäänyt vesi kiertää uudestaan kattilan höyrystymisputkistoihin. Lieriöön syötettävä syöttövesi lämmitetään syöttöveden esilämmittimessä, joissa lämpöenergiaa siirretään savukaasuista syöttöveeseen. Lieriöstä eteenpäin virtaavaa kylläistä vesihöyryä tulistetaan tulistimissa. Tulistimet on sijoitettu tulipesän yläosaan, jossa savukaasujen lämpötila on vielä tarpeeksi suuri höyryn tulistamiseen. Kuviossa 1 on kuvattu luonnonkiertokattilan vesihöyrypiiri, ja siinä on myös näkyvillä tulistimet, höyrystinputket, lieriö ja syöttöveden esilämmitin.



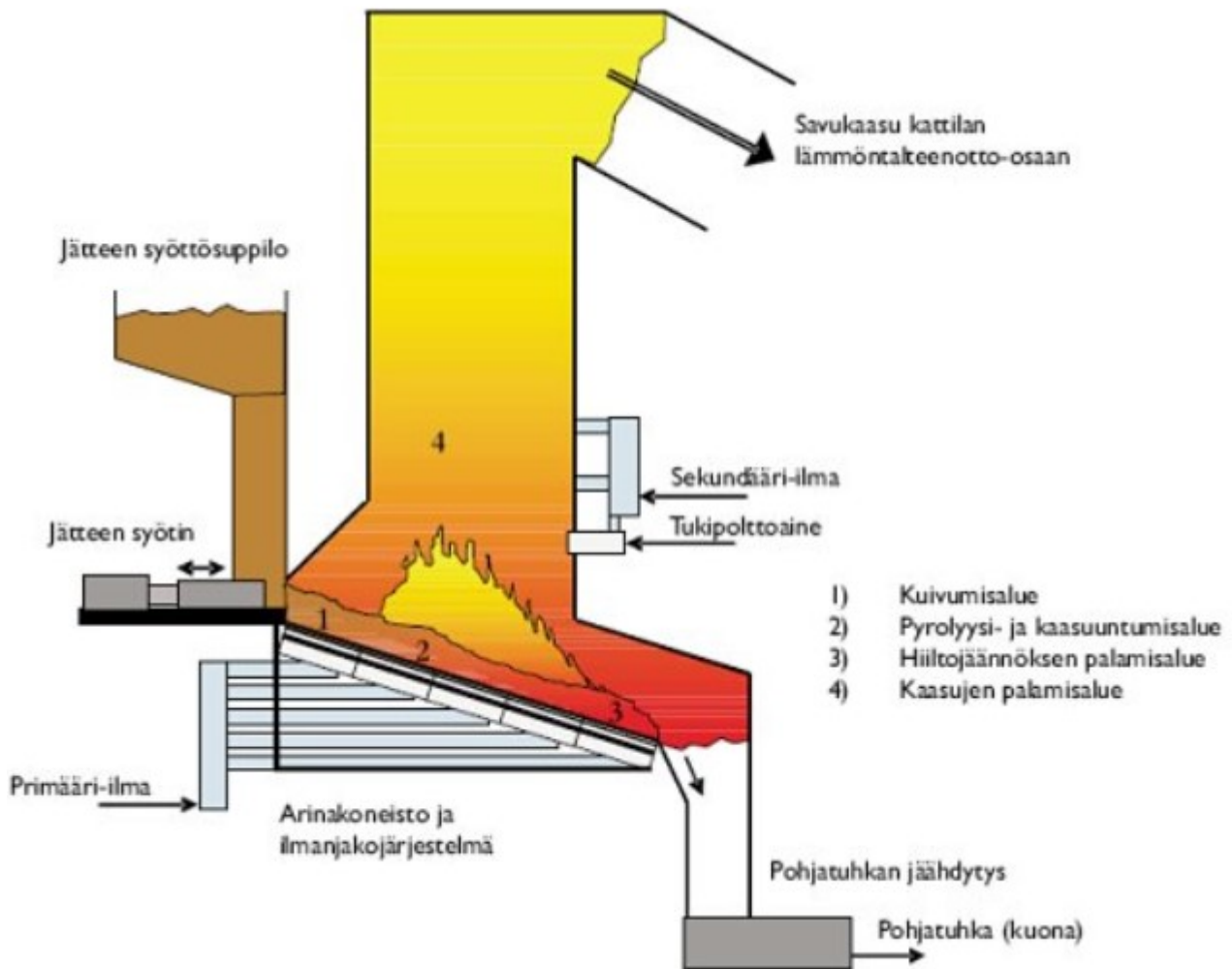
Kuvio 1 Luonnonkiertokattilan vesihöyrypiiri (Huhtinen ym. 2004, 113)

2.2 Arinapoltto

Arinapoltto on yksinkertainen, ja vanhin kiinteille polttoaineille suunnattu polttotapa. Arinapoltossa polttoaine palaa kattilan pohjalla olevan, joko kiinteän, tai mekaanisesti liikuteltavan arinan päällä. Parhaiten arinapoltto soveltuu kiinteille polttoaineille kuten puulle, puujätteelle sekä turpeelle. Jätelietteiden polttoon arinapolttotekniikka ei sovellu, sillä lietteiden suuri tuhkapitoisuus, sekä pehmeä tuhka tukkivat herkästi arinoiden ilma-aoit. 1980-luvulla leijukerrospolton yleistyttyä, uusien arinakattiloiden tehoalue on laskenut, jopa 100MW kattiloista, nykyisin rakennettaviin noin

10MW kattiloihin. (Huhtinen ym. 2004, 146–147). Arinarakenteet jaetaan pääosin kiinteisiin ja mekaanisiin, eli liikkuviin arinoihin. Kiinteitä arinoita käytetään pääosin pienemmissä kattiloissa, joissa esimerkiksi polttoaineen syöttö tapahtuu käsin. Mekaanisia arinoita käytetään tehokkaammissa höyrykattiloissa.

Mekaanisessa arinapoltossa polttoaine syötetään arinan päälle, jossa se palaessaan liikkuu eteenpäin, arinoiden liikkeen johdosta. Polttoaineen palaminen edistyy sen kulkiessa arinan päällä. Kuviossa 2 on esitetty arinapolttotekniikka, ja polttoaineen palamisen vaiheet. Ensiksi arinalle syötetty polttoaine kuivuu ja lämpenee, palavan polttoaineen säteilyenergian, sekä kuumen tulipesän johdosta. Kosteat polttoaineet vaativat energiaa huomattavasti enemmän polttoaineen lämmityksessä, sillä niissä oleva kosteus on ensin saatava haihtumaan. Kuivumista seuraa polttoaineen kaasuuntuminen. Yleisesti kotimaisessa polttoaineessa on noin 55-85 prosenttia kaasuuntuvia komponentteja, esimerkiksi hiilidioksidia, sekä hiilivetyjä. Kaasuuntuvat komponentit syttyvät palamaan ja sytyttävät samalla kaasuuntumattomat komponentit palamaan. Polttoaineen kaasuuntumista ja palamista tehostetaan primääri-ilmalla, jota syötetään arinarakenteiden alta. Kaasuuntuneiden komponenttien palamista tehostetaan syöttämällä sekundääri-ilmaa tulipesän seinämiltä palavan kaasun sekaan. Arinarakenteen loppuosassa tapahtuu hiiltojäännöksen ja tuhkan palaminen. Lopuksi arinan päästä pohjatuhka ja palamattomat komponentit putoavat tuhkakuljettimelle. (Huhtinen ym. 2004, 146–147).



Kuvio 2 Arinapolttotekniikka (Arinapoltto N.d.)

Kiinteällä arinarakenteella varustetussa höyrykattilassa polttoaine syötetään arinan päälle, jossa se palaa. Polttoaineesta jäljelle jäävä tuhka putoaa arinarakenteiden välistä tuhkatilaan. Arina voi olla viistossa, jolloin polttoaine valuu painovoimaisesti arinalla alaspäin. Kiinteän viistoarinan täytyy olla huomattavasti suuremmassa kulmassa, kuin mekaaninen viistoarina, sillä palava polttoaine siirtyy arinalla alaspäin ainoastaan painovoiman vaikutuksesta.

2.3 Leijukerros poltto

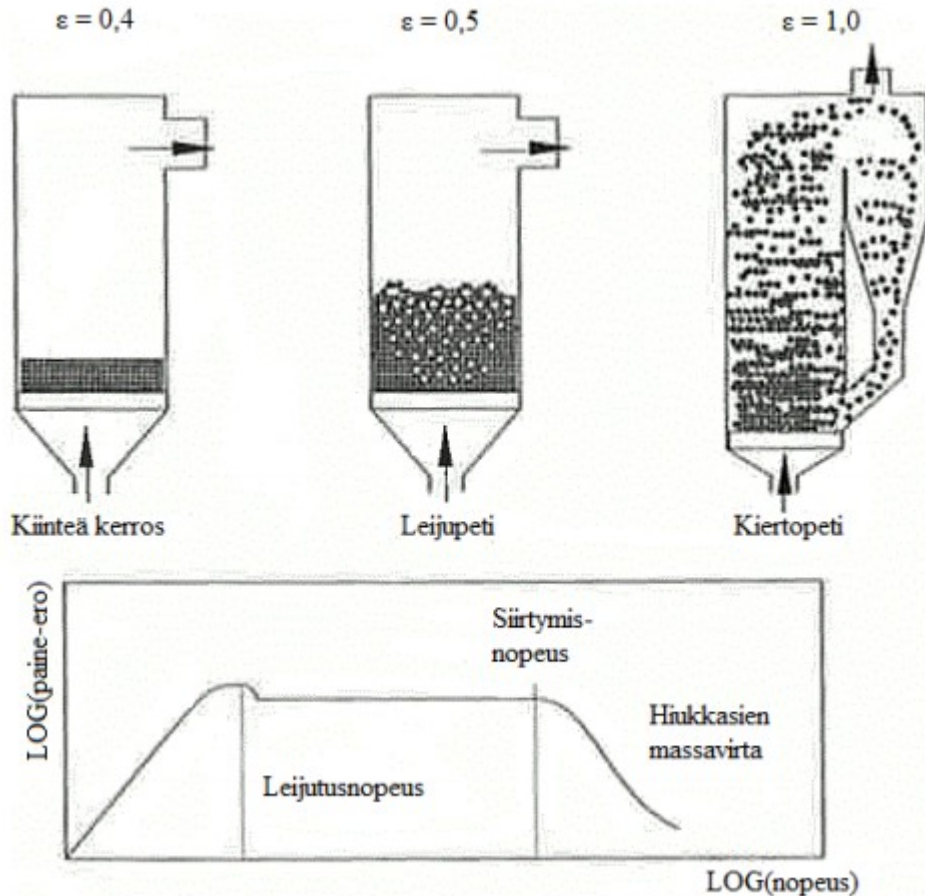
Leijukerros poltto on yleistynyt valtavasti 1970-luvulta lähtien. Leijukerros poltto mahdollistaa erilaatuisten polttoaineiden polttamisen samassa kattilassa hyvällä hyötysuhteella. Hyvänä esimerkkinä polttoaineen sekalaatuisuudesta ovat nykypäivän yhdyskuntajätettä polttavat leijukerroskattilat, joissa polttoaineen laatu ei ole tasaista. Leijukerroskattiloissa palamislämpötila on alhaisempi kuin arinapoltoissa, jolla saadaan alennettua savukaasujen typenoksidipäästöjä. (Huhtinen ym. 2004, 153.) Leijukerros poltto voidaan toteuttaa kahdella eri tavalla, joko kiertopeti-, tai leiju- eli kuplivapeti-menetelmällä. Kiertopetimenetelmällä toimivat kattilalaitokset ovat yleensä teholuokaltaan suurempia, verrattuna kuplivapeti-menetelmäisiin kattilalaitoksiin. (Palsanen 2009.)

Leijupetimenetelmä perustuu hiekan leijuttamiseen leijutusilmapuhaltimien avulla. Polttoaine syötetään kattilan pohjalla olevan petihiekan päälle. Kattilan pohjasta syötettävä leijutusilma leijuttaa petihiekkaa, joka leijuessaan nostaa myös polttoaineen ilmaan. Leijupetimenetelmässä petimateriaali muodostaa kattilaan petin, jonka päällä polttoaine palaa. Petimateriaalin suuri lämpökapasiteetti tasaa tehokkaasti polttoaineen kosteusvaihteluja, ja kuumen petin ansiosta kosteidenkin polttoaineiden poltto onnistuu, eikä erillistä kuivatusta tarvita. Leijukerros poltoissa petimateriaalin koko on noin 1-3mm ja leijutusnopeus on 0.7-2m/s. Leijupetipoltossa tulipesän muoto, leijutusnopeus, sekä petimateriaalin koko valitaan siten, että saavutetaan pieni savukaasun virtausnopeus, jotta petiainepartikkelit eivät lähde virtaamaan savukaasun mukana. (Leijupetipoltt. N.d.) Sekundääri-ilma syötetään kattilan seinämiltä leijuvaan petin päälle. Leijukerros poltoissa tulipesän lämpötilan tulee olla vähintään 700°C, ja alle 900°C. Yli 900°C lämpötilassa polttoaineen tuhka voi alkaa sulamaan, joka voi aiheuttaa petihiekan sintraantumista eli paakkuuntumista tulipesän seinämille ja pohjalle. (Huhtinen ym. 2004, 157–159.)

Kiertopeti menetelmässä polttoaine syötetään leijupetimenetelmän tavoin kuumen petihiekan päälle, jota leijutetaan. Erona on leijutushiekan kierto takaisin tulipesän alaosaan. Kiertopetikattilassa savukaasujen virtaus on huomattavasti suurempi, verrattuna leijupetikattilaan, jolloin petimateriaali virtaa savukaasujen mukana tulipesän yläosaan saakka. Kuviossa 3 esitetään petimateriaalin käyttäytymisen eron leijupetimenetelmän ja kiertopetimenetelmän välillä.

Kiertopetimenetelmässä tulipesän jälkeen petimateriaali erotellaan savukaasuista syklonissa, jossa

keskipakoisvoiman avulla savukaasussa olevat painavammat partikkelit saadaan eroteltua, ja kierätettyä takaisin tulipesän alaosaan. Kiertopetikattiloissa petimateriaalin koko on tyypillisesti 0.1-0.5mm ja leijutusnopeus on 3-10 m/s. (Huhtinen ym. 2004, 159–163.)



Kuvio 3 Leijukerroksen painehäviön ja leijumistavan riippuvuus leijutusnopeudesta (Huhtinen ym. 2000, 154).

2.4 Öljy- ja kaasukattilat, sekä pölypoltto

Öljyä ja kaasua poltettaessa polttoaine syötetään tulipesään polttimilla, jotka on sijoitettu kattilan seinämille, pohjaan tai kattoon. Polttimien eri sijoittelumenetelmillä saavutetaan erilaisia hyötyjä. Polttoöljyä poltettaessa, se hajotetaan polttimessa pieniksi pisaroiksi, jotta sen palamine olisi mah-

dollisimman täydellistä. Öljy voidaan hajottaa pisaroiksi joko ilman, tai höyryn avulla. Kaasupolttimessa tarkoituksena on sekoittaa polttoaine palamisilmaan. Ilma ja kaasu voidaan sekoittaa keskenään polttimen suuttimessa, jolloin kyseessä on suutinsekoituspolttin, tai ennen suutinta jolloin puhutaan esisekoituspolttimista. (Huhtinen ym. 2004, 128–129; 139). Polttoaineena käytettävällä polttoöljyllä ja kaasulla on paljon yhteisiä ominaisuuksia, joita ovat mm.

- Kummassakaan polttoaineessa ei ole käytännöllisesti katsoen lainkaan kosteutta, ja palaessaan ne muodostavat lähes saman määrän savukaasua.
- Molemmat polttoaineet palavat lähes täysin homogeenisellä liekillä ja niitä voidaan polttaa samantyyppisissä polttimissa.
- Molemmat polttoaineet palavat kaasumaisessa tilassa, joten täydellinen palaminen saadaan aikaan hyvin pienellä ilmaylimäärällä.
- Molempien polttoaineiden tulipesän tilavuusrasitus on samaa tasoa, eli noin 300 kW/m^3 , joten tietyssä kattilassa saadaan sama höyryteho kummallakin polttoaineella.
- Kummassakaan polttoaineessa ei ole paljon tuhkaa, joten tulipesän puhdistustarve on vähäinen. Tulipesä pohja voidaan tehdä lähes vaakasuoraksi.

Polttoaineet eroavat kuitenkin savukaasujen säteilyominaisuuksiltaan, joka hankaloittaa niiden polttamista samassa kattilassa. Kaasua poltettaessa savukaasut säteilevät huonommalla teholla kuin öljyä poltettaessa. Säteilyominaisuuden vaikuttavat tulipesän loppulämpötilaan ja lämmönsiirtotehoon. (Huhtinen ym. 2004, 127.)

Pölypoltto tarkoittaa jonkin kiinteän polttoaineen jauhamista hienoksi pölyksi polttoa varten. Suomessa pölypolttoaineina käytetään pääosin jyrshinturvetta ja kivihiiltä. Pölyn tehokkaan palamisen edellyttämiseksi polttoaine on kuivattava ennen kattilaan syöttämistä. Kuiva pöly palaa kattilassa todella nopeasti ja mahdollistaa suurten lämpötehojen tuomisen tulipesään. Polttoaine tuodaan polttimeen kantokaasun, eli tavallisimmin ilman mukana. Polttimessa kantokaasu-polttoaineseos, ja erikseen tuotava sekundääri-ilma sekoittuvat ennen tulipesään syöttämistä. Pölypolttimessa voi olla lisäksi tuki- ja käynnistyspolttin, joissa polttoaineen käytetään kaasua tai öljyä. Pölypoltossa on tärkeä saada aikaiseksi mahdollisimman tasainen kaasuvirtaus polttimessa, ja mahdollisimman täydellinen palaminen tulipesässä. (Huhtinen ym. 2004, 141.)

3 Työturvallisuus

3.1 Työturvallisuuslaki

Työturvallisuudella tarkoitetaan työhön liittyvien vaara- ja haittatekijöiden tunnistamista ja työtaturmien ennaltaehkäisyä, työolosuhteiden valvomista ja työntekijän terveydenhuollon takaamista. Työturvallisuutta ohjaa Suomessa useat lait, kuten työturvallisuuslaki, työterveyshuoltolaki ja työsuojelun valvontalaki. Näillä laeilla pyritään takaamaan työn tekeminen terveyden ja turvallisuuden kannalta mahdollisimman hyväksi. Laeissa veloitetaan työpaikoilla tehtävään työn riskinarvioon, työtehtäviin perehdyttämiseen, sekä työterveyshuollon tarjoamiseen työntekijöille. Juridisesti työturvallisuudesta on työpaikalla vastuussa työnantaja, tai työnantajan edustajina toimivat esimiehet. Mikäli työnantaja tahallaan, tai huolimattomuuttaan rikkoo työturvallisuuslaissa annettuja säädöksiä, voidaan hänelle antaa rangaistus. (Työturvallisuuslaki 738/2002, 1§, 63§.)

Työturvallisuuden tärkeänä lähtökohtana on työnantajan ja työntekijän välinen yhteistyö ja kommunikaatio. Työnantajan on huolehdittava työntekijöiden turvallisuudesta ja terveydestä, sekä tarkkailtava jatkuvasti työympäristöä, ja työtapojen turvallisuutta. Työnantajan on huolehdittava työntekijöiden perehdyttämisestä ja annettava työntekijöille tieto työpaikan vaara- ja haittatekijöistä. Työnantajan on myös mahdollisuuksien mukaan pyrittävä estämään vaaratilanteiden synty, sekä poistamaan vaara- ja haittatekijät. Työsuojelun toimintaohjelma on työnantajakohtainen selvitys työsuojelun järjestämisestä ja kehittämisestä työpaikalla. Toimintaohjelma sisältää tavoitteet ja kehitystarpeet työpaikan turvallisuuden ja terveellisyyden edistämiseksi, sekä työntekijöiden työkyvyn ylläpitämiseksi. Se voi olla yleinen tiedote työsuojelun toiminnasta, tai yksityiskohtaisempi suunnitelma työsuojelutoimien toteuttamiseksi. Työsuojelun toimintaohjelman laatiminen perustuu työturvallisuuslakiin. (Työturvallisuuslaki 738/2002, 8§–9§; Työterveyslaitos, N.d.)

Myös työntekijällä on vastuu työturvallisuuden ylläpitämisestä. Työntekijällä on velvollisuus noudattaa yleistä, sekä työtehtävien edellyttämää huolellisuutta ja varovaisuutta, sekä noudattaa työnantajalta saamia ohjeita. Työntekijän on myös tuotava havaitsemansa puutteet ja viat työnantajan tietoon. Työntekijän oikeus pidättäytyä työstä tarkoittaa tilannetta, jossa työn tekemisestä aiheutuu suurta vaaraa työntekijän hengelle, tai terveydelle. Työstä pidättäytymisen oikeus jatkuu kunnes työnantajan on poistanut vaaratekijän, eikä se ei saa rajoittaa työskentelyä enempää kuin turvallisuuden kannalta on välttämätöntä. (Työturvallisuuslaki 738/2002, 19§–23§.)

3.2 Riskinarvio

Riskinarvio on yksi työturvallisuuslaissa määrätyn vaarojen tunnistamisen ja vaaratilanteiden ennaltaehkäisyyn keino. Riskinarvio perustuu ennakoiwaan työsuojeluun, ja tarkoituksena on kartoittaa ja tunnistaa työhön liittyvät riskit, ennen työtapaturman sattumista.

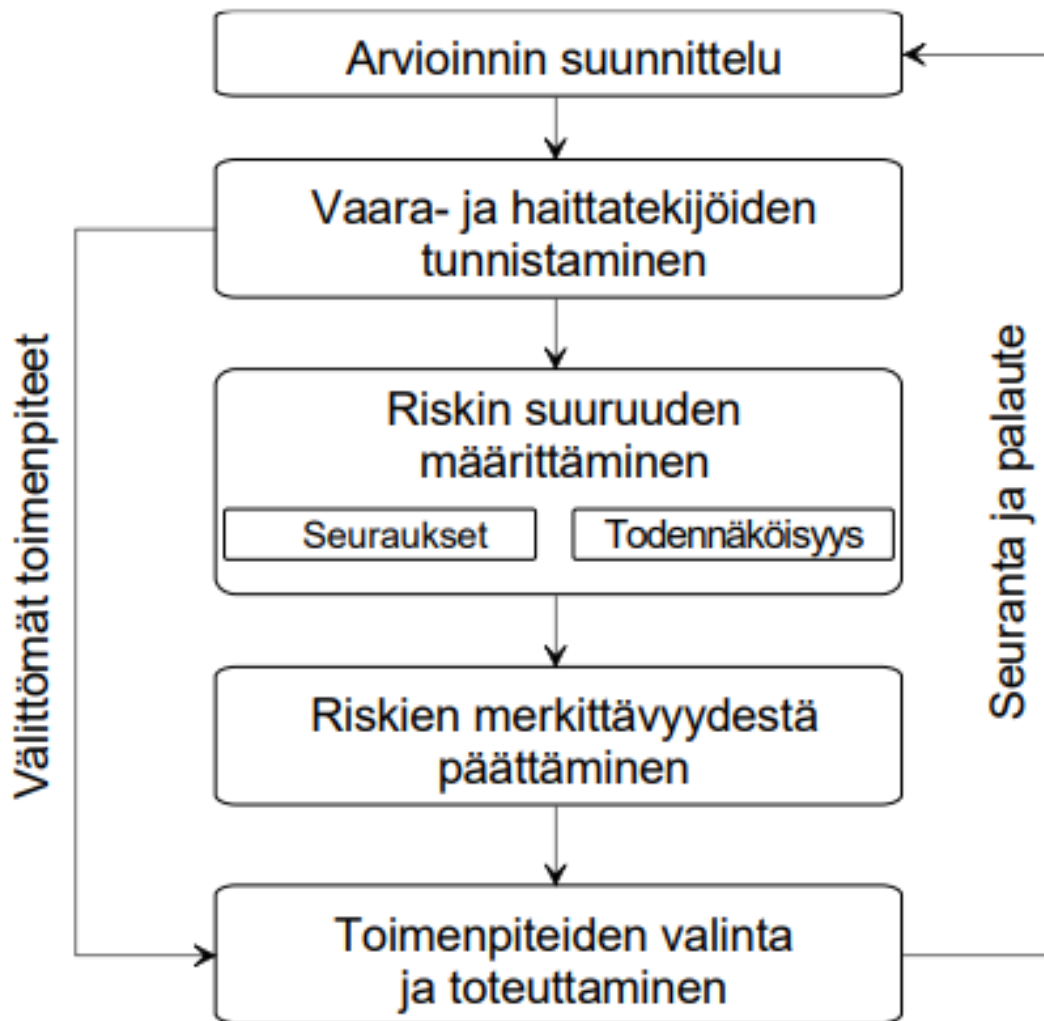
Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskuksen Työsuojeluosaston Turvallisuuskeskuksen laatimassa Riskin arviointi työpaikalla–työkirjassa riskinarvio käsitellään projektina, joka sisältää tietyt riskin arvioinnin vaiheet. Kuviossa 4 kuvataan nämä riskin arvioinnin ja hallinnan vaiheet. Riskinarvioinnin perustana on vaara- ja haittatekijöiden tunnistaminen, eli työtehtäviin liittyvien työturvallisuusriskien löytäminen. Huomioon otettava seikka on myös normaaleista työtehtävistä poikkeavat tilanteet, kuten työntekijän kiire, kokemattomuus tai väsymys. Poikkeavia tilanteita voivat olla myös vikatilanteet, sekä korjaus- tai siivoustyöt. Vaara- ja haittatekijöiden tunnistamisen lisäksi täytyy tunnistaa vaaralle alttiit henkilöt. Havaittujen vaara- ja haittatekijöiden riskien suuruus määritellään riskitaulukon avulla (Kts. liite 1). Riskitaulukossa riskin suuruus määritellään riskien seurauksia ja todennäköisyyksiä tarkastelemalla. Todennäköisyys tarkoittaa kuinka usein, kuinka kauan, ja kuinka hyvin ennakoitavissa haitallinen tapahtuma on. Seuraus tarkoittaa kuinka suuri vaikutus haitallisella tapahtumalla on, seurauksen, laajuuden, ja palautuvuuden perusteella. Riskin suuruuden määrittämisellä saadaan jokaiselle riskille sen vaarallisuutta kuvaava tunnusluku. Tunnuksien avulla riskitekijät voidaan laittaa järjestykseen, jolloin toimenpiteet voidaan kohdistaa vakavimpiin haittatekijöihin ja riskipaikkoihin. Riskin merkittävyydellä tarkoitetaan päätöstä siitä, onko riskitekijä niin huomattava, että sen poistamiseksi tai pienentämiseksi on ryhdyttävä toimenpiteisiin. (Riskin arviointi työpaikalla–työkirja 2015, 23–31.)

Toimenpiteiden avulla pyritään poistamaan vaara- tai haittatekijät kokonaan, tai rajaamaan niiden vaikutusta, tai todennäköisyyttä mahdollisimman pieneksi. Toimenpiteiden valinnalla pyritään löytämään parhaat mahdolliset keinot riskien pienentämiseksi. Toimenpiteiden ja vaikuttavuuden arviointiin esitellään Riskien arviointi työpaikalla–työkirjassa seuraavat kriteerit:

- Turvallisuustason kasvu: mitä tehokkaammin toimenpiteellä saada pienennettyä suurimpia riskejä, sitä parempi se on.

- Vaikutusten laajuus: mitä useampaan riskiin tai useamman henkilön turvallisuuteen toimenpide vaikuttaa, sitä parempi se on.
- Vaatimusten täyttyminen: mikäli toimenpiteen avulla voidaan korjata lainsäädännön, si-dosryhmien tai itse asetettujen tavoitteiden saavuttamisessa esiintyneet puutteet, se kannattaa toteuttaa.
- Toiminnan sujuvuuden lisääntyminen: mikäli toimenpiteen ansiosta työn sujuvuus lisääntyy, se kannattaa toteuttaa, vaikka vaikutus työn turvallisuuteen olisikin vähäinen.
- Kustannustehokkuus: parhaat toimenpiteet eivät välttämättä ole kalliita. Usein hyvinkin pienillä parannuksilla saadaan aikaan merkittäviä tuloksia, lähes ilmaiseksi.

(Riskin arviointi työpaikalla–työkirja 2015, 32–33.)



Kuvio 4 Riskien arvioinnin ja hallinnan vaiheet.

Riskin arviointi jatkuu työntekijöiden raportoinnilla esimiehille muutoksien vaikutuksista, sekä havaituista uusista vaara- ja haittatekijöistä. Riskinarvioprosessiin kuuluu jatkuva turvallisuushavainnointi ja vaaratilanneraportointi. Riskien arvioinnin avulla saatua tietoa käytetään hyväksi myös esimerkiksi perehdyttämisessä sekä työhajeistuksessa. (Riskin arviointi työpaikalla–työkirja 2015, 35–36).

3.3 SFS-EN ISO 14118:2018. Koneturvallisuus. Odottamattoman käynnistymisen estäminen

SFS-EN ISO 14118:2018 on standardi, joka käsittelee laitteen tai koneen odottamattoman käynnistymisen estämistä. Koneen tai laitteen tarkoitukseton ja odottamaton käynnistyminen, voi aiheuttaa vaaran koneella työskentelevälle työntekijälle. Koneen tai laitteen käynnistyminen tarkoittaa sen tilan muuttumista lepotilasta liikkeeksi, tai muuten sen kytkeytymistä päälle. Odottamaton käynnistyminen voi standardin mukaan johtua esimerkiksi seuraavista syistä:

- Ohjausjärjestelmään kohdistuvasta ulkoisesta vaikutuksesta tai ohjausjärjestelmän vikaantumisesta johtuva käynnistyskäsky.
- Käynnistyselimeen tai koneen muihin osiin (esim. anturiin tai tehonohjauselimeen) kohdistuneen tarkoitamattoman vaikuttamisen seurauksena syntyvä käynnistyskäsky.
- Tehonsyötön palaaminen keskeytyksen jälkeen. ’
- Koneen osiin kohdistuva ulkoinen tai sisäinen vaikutus (painovoima, tuuli, polttomoottorin itsesytytys).

(SFS-EN ISO 14118:2018, 8)

Odottamattoman käynnistymisen estämiseksi, koneelle tai laitteelle on tehtävä turvaerottaminen ja energian purku. Turvaerottaminen tapahtuu katkaisemalla kaikki koneeseen tai laitteeseen liittyvät energialähteet jollain erotuslaitteella. Esimerkkejä erotuslaitteista ovat turvakytkin ja käsi-venttiili. Energian erottamiseen käytettävän laitteen on kyettävä luotettavasti katkaisemaan energian tulo koneeseen, ja lisäksi siinä on oltava selkeästi merkitty erotuslaitteen asento. Mikäli koneessa on useita erotuslaitteita, on ne merkittävä siten, että on helposti tunnistettavissa minkä osan koneesta erotuslaite erottaa. Energiansyötön katkaisukohdat on mahdollisuuksien mukaan lukittava, tai muilla keinoin varmistettava niiden pysyminen lukitusasennossa. (SFS-EN ISO 14118:2018, 9–10.)

Laitteessa olevat jäännösenergiat on pyrittävä purkamaan, tai muutoin varmistettava että niistä ei voi aiheutua vaaraa henkilölle. Lisäksi laitteen tai koneen energiattomuus on pyrittävä varmistamaan ennen työn aloittamista. Varmistaminen voi tapahtua esimerkiksi mittauksilla, tai muilla turvallisilla menetelmillä. Koneelle tehtävän riskinarvion perusteella on se mahdollisesti varustettava

merkinannolla, ja viivästetyllä käynnistymisellä. Merkinannolla ja viivästetyllä käynnistymisellä varoitetaan vaara-alueella olevia henkilöitä ääni- tai valomerkillä, tulevasta koneen käynnistymisestä. Näitä menetelmiä on käytettävä mikäli koneen kaikkia vaara-alueita ei voida nähdä, tai henkilöiden oleskelusta vaara-alueella ei voida olla varmoja. (SFS-EN ISO 14118:2018, 9–12.)

Mikäli koneen tai laitteen energiansyötön katkaisu ei ole sopiva menetelmä, voidaan odottamaton käynnistyminen estää muilla keinolla. Näitä keinoja standardissa esitellään muun muassa:

- Käsikäyttöisen pysäytyslaitteen tai valintakytkimen lukitseminen OFF-asentoon.
- Käsikäyttöisen pysäytyslaitteen päälle asennettava lukittava kansi joka pakottaa pysäytyselimen OFF-asentoon.
- Antamalla koneella ohjaukselle pysyvä pysäytyskäsky.
- Mekaaninen irtikytkentä, joka tarkoittaa liikkuvien osien liikkeen estämistä, jollakin mekaanisella välineellä, esimerkiksi tapilla tai kiilalla. Mekaanisessa irtikytkennässä lukitusvälineen lujuus tulee olla tarpeeksi suuri, jotta se kestää koneen tai laitteen käynnistymisessä aiheutuvat voimat. (SFS-EN ISO 14118:2018, 11–14.)

4 Vaaralliset energialähteet ja niiden erottaminen

Vaarallisina energialähteinä voidaan pitää kaikkia energialähteitä, jotka voivat aiheuttaa ihmiselle vaaraa. Teollisuudessa yleisimpiä vaaraa aiheuttavia energialähteitä ovat sähköenergia, hydraulinen ja pneumaattinen potentiaalienergia, lämpöenergia sekä mekaaninen energia. Turvaerotuksessa laite, tai prosessin osa on saatettava sellaiseen tilaan, ettei edellä mainitut energialähteet aiheuta vaaraa työskentelylle. Osa energiamuodoista on melko selkeitä, kuten sähkölaitteen käyttämä sähköenergia, tai korkealta putoavat kappaleen potentiaalienergia. Jotkin energiamuodot voivat puolestaan olla piilossa, kuten esimerkiksi kaasuisissa tai kemiallisissa aineissa oleva energia. Vaaratilanteet syntyvät, kun energia pääsee vapautumaan yllättäen.

4.1 Sähköenergia

Sähköenergia on yksi yleisimmistä teollisuudessa vaaraa ja tapaturmia aiheuttavista energialähteistä. Sähköenergian vaarallisuus liittyy sen yleisyyteen, sekä näkymättömyyteen. Sähköenergia on jännitteellisissä syöttöverkoissa, sekä varastoituneena akkuihin ja kondensaattoreihin. Sähköenergia voi vahingoittaa ihmistä sähköiskulla tai valokaarella. Välillisiä sähköenergiaan liittyviä riskejä ovat esimerkiksi johdinten kuumeneminen, sähkövian aiheuttama tahaton mekaaninen liike, tai lievän sähköiskun aiheuttama kaatuminen, tai putoaminen esimerkiksi rakennustelineeltä. (Hazardous energy control programs 2018.)

Sähkötoimisten laitteiden yleisin turvaerotustapa on turvakytkin, joka estää laitteen tahattoman käynnistämisen. Turvakytkin asennetaan sähkölaitteen välittömään läheisyyteen ja kytketään laitteen päävirtapiiriin. Turvakytkimet voidaan lukita riippulukolla, työn ajaksi.

Sähkölaitteissa joissa ei ole turvakytkintä sähköenergian tulo täytyy katkaista muulla luotettavalla tavalla. Erottaminen voidaan tehdä esimerkiksi käyttämällä erotinta, jossa on selkeä ilmaväli, tai poistamalla laitteen sulake. Laitteen erotuspistettä määritettäessä tulee olla tarkka, sillä laitteella voi olla varasyöttöjärjestelmiä, ja erotuksen jälkeen on varmistuttava laitteen jännitteettömyydestä. (Metsä Group turvalukitusstandardi, 2020.)

4.2 Hydraulinen potentiaalienergia

Hydraulinen potentiaalienergia tarkoittaa nesteen paineistamisessa varastoitunutta energiaa. Paineen avulla nestettä voidaan käyttää raskaiden kappaleiden liikuttelemiseen ja nostamiseen. Hydrauliset nesteet voivat aiheuttaa vaaraa purkautuessaan hallitsemattomasti, jolloin kuuma hydrauliliikanneste voi aiheuttaa palovammoja, tai kaasuuntua ilmaan aiheuttaen myrkyllistä sumua. Paineella purkautuva neste pistesuihkuna voi tunkeutua ihoon ja vahingoittaa sitä. Purkautuneen nesteen myötä paine hydraulijärjestelmässä laskee, joka voi aiheuttaa jonkin laitteen tahatonta mekaanista liikettä, esimerkiksi nostimen laskeutumista ja puristumisvaaraa. (Hazardous energy control programs 2018.)

Hydraulinen potentiaalienergia erotetaan pysäyttämällä hydrauliiikkapumppu ja sulkemalla neste-linja pumpulta tai paineakulta. Tärkeää on huomioida hydraulisyliinterien asennot, sillä paineen laskiessa niiden asento voi muuttua. Esimerkiksi hydraulisissa nostimissa voi olla turvalukituksen lisäksi turvatappi, jolla saadaan nostimen tahaton laskeutuminen tai putoaminen estettyä. (Metsä Group turvalukitusstandardi, 2020.)

4.3 Pneumaattinen potentiaalienergia

Pneumaattinen potentiaalienergia tarkoittaa paineilmaan varastoitunutta energiaa. Paineilma itsessään aiheuttaa harvoin vaaraa, mutta ilman lennättämät kappaleet, sekä purkautuvan ilman aiheuttama ääni ovat vaarallisia. Kuten hydraulista myös pneumaattista energiaa käytetään eri laitteiden toiminnan ohjauksessa. Järjestelmän paineessa tapahtuva muutos voi aiheuttaa muutosta koneen osien asennossa, ja johtaa esimerkiksi puristumisvaaran. (Hazardous energy control programs 2018.)

Pneumaattisen potentiaalienergian erottaminen vastaa hydraulisen laitteen erottamista. Paineilmasyöttö tulee katkaista ja varmistaa linjan paineettomuus. On huomioitavaa että myös pneumaattisessa laitteessa paineen lasku voi aiheuttaa koneen osien liikkumista.

4.4 Lämpöenergia

Lämpöenergia eli termien energia on kappaleen sisään varastoitunutta energiaa, joka liittyy sen sisäisten hiukkasten liikkeeseen. Lämpöenergiaa syntyy yleisimmin kemiallisissa reaktioissa sekä mekaanisessa työssä. Kemiallisissa reaktioissa vapautuva lämpöenergia ilmenee palamisena tai räjähdysinä. Lämpöenergian aiheuttamia vammoja ovat palovammat sekä kuivuminen. (Hazardous energy control programs 2018.) Nesteeseen tai kappaleeseen varastoitunutta lämpöenergiaa voidaan erottaa kappaletta jäähdyttämällä, jolloin lämpöenergia siirtyy jäähdyttävään väliaineeseen, esimerkiksi veteen.

4.5 Mekaaninen energia

Mekaaninen energia on jonkin kappaleen liikkeeseen tai asentoon varautunutta energiaa. Kineettinen- eli liike-energia ilmenee laitteen liikkeenä. Varastoitunut potentiaalienergia johtuu kappaleen asennosta tai asemasta, ja ilmenee esimerkiksi painovoiman vaikutuksesta tai kappaleen jännityksestä. Korkealta putoava kappale tai jännittynyt jousi ovat esimerkkejä potentiaalienergiasta. Mekaaninen energia vapautuessaan voi olla hyvin vaarallista, ja se voi johtaa puristumisvaaraan tai aiheuttaa iskuja. (Hazardous energy control programs 2018.)

4.6 Muut energialähteet

Säteilyenergia on ionisoivaan tai sähkömagneettiseen säteilyyn liittyvää energiaa. Säteily voi aiheuttaa palovamvoja ihosta, muutoksia soluissa, sekä silmävaurioita. Säteilyenergiasta tekee vaarallisen myös sen vaikea havaitseminen ihmisaistein. (Metsä Group turvalukitusstandardi, 2020.)

Kemiallinen energia on sitoutunut aineen kemiallisiin sidoksiin. Kemiallinen energia voi vapautua jonkin kemiallisen reaktion seurauksena, jolloin yleensä syntyy lämpöä tai painetta. Kemiallisen reaktion seurauksena voi tapahtua tulipalo tai räjähdys. Kemiallisessa reaktiossa voi myös vapautua ilmaan ihmiselle vaarallista kaasua. Kemiallisen energian vapautuminen johtuu yleensä tiettyjen kemikaalien pääsy kosketuksiin keskenään. (Metsä Group turvalukitusstandardi, 2020.)

Painovoiman potentiaalienergia liittyy kappaleen massa ja etäisyyteen maasta tai jostain pinnasta. Painovoiman potentiaalienergia on sitä suurempi mitä suurempi on kappaleen massa ja mitä kauempana se on maasta. Kappaleen potentiaalienergia voi vapautua esimerkiksi menettämällä hydraulinen tai pneumaattinen energia, jolloin kappale tai koneen osa pääsee putoamaan. Painovoimaenergia voi aiheuttaa iskun sekä puristumisen koneen osien, tai jonkin kappaleen väliin tai alle. (Hazardous energy control programs 2018.)

5 Lockout/Tagout

5.1 Yleistä

Lockout/tagout on Yhdysvaltain työsuojelun hallintaviranomaisen, The Occupational Safety and Health Administrationin, eli OSHA:n laatima standardi, jolla pyritään parantamaan työturvallisuutta turvalukitusten ja -erotusten avulla. Lockout/tagout eli LOTO toimii kansainvälisenä turvallisuusstandardina työtapaturvamarkkien hallinnalle. Yhdysvalloissa laki, joka velvoittaa teollisuutta LOTO standardin käyttöön, on The Control of Hazardous Energy Source Standard (29 CFR 1910.147). Euroopassa on EU:n konedirektiivi 2006/42/EY, jossa määritellään koneiden valmistajien velvollisuudet, sekä turvallisuusvaatimukset liittyen koneen suunnitteluun ja rakentamiseen. Suomessa vastaava on Valtioneuvoston asetus 400/2008. Direktiivissä ja asetuksessa on määritetty muun muassa, että koneessa on oltava CE merkintä, ja koneen mukana tulee toimittaa käyttö- ja huolto-ohjeet, sekä EY-vaatimustenmukaisuusvakuutus. (Koneita koskevat vaatimukset. N.d.)

LOTO-standardin rakenne koostuu kahdesta osasta:

- Lockout, tarkoittaa laitteen energian syötöstä erottamista erilaisilla kiinteillä lukitsemistavoilla, tai lisälukitsemislaitteilla.
- Tagout, tarkoittaa henkilöiden henkilökohtaisia lukkovarmistuksia, merkintätunnuksia, sekä varoituksia. (Sareskoski, 2001.)

Turvalukituslaitteita jälleenmyyvän Sareskoski Oy:n sivuilla, on Sakari Sareskosken kirjoittamassa artikkelissa listattu työtehtävät ja tilanteet joissa LOTO-menetelmää tulee käyttää.

1. Työsuorittajan on poistettava tai ohitettava turvalaite tai muu varmistuslaite huolto- ja korjaustyön aikana.
2. Koneen tai laitteiston käyttö aiheuttaa vaaravyöhykkeen tai riskialueen.
3. Työsuorittajan on sijoitettava mikä tahansa ruumiinjäsen koneiston tai laitteiston sisään tai vaikutusalueelle, jossa työ tosiasiallisesti suoritetaan. (Sareskoski, 2001).

Menetelmää ei edellytetä muissa työtehtävissä, mikäli ne ovat rutiininomaisia koneeseen liittyviä töitä, tai mikäli työtehtävät suoritetaan menetelmillä, jotka takaavat suojan työntekijälle. (Sareskoski, 2001.)

Kirjallinen Lockout/Tagout-ohjelma on yrityksen kirjallinen suunnitelma, joka sisältää tarkat ohjeistukset koneen tai prosessin osan turvalliseen alasajoon, sekä menetelmät ja ratkaisut vaarallisten energialähteiden erottamiseen laitteesta. Kirjalliseen ohjelmaan kirjataan myös menettelytavat lukituslaitteiden asentamiseen, ja henkilökohtaisen lukituslaitteen tunnistamiseen. Kirjalliseen LOTO-ohjelmaan kuuluu myös työnsuorittajien koulutus. Koulutuksen tarkoituksena on saada työnsuorittaja ymmärtämään lockout/tagout menetelmän tarkoituksen, ja osata toimia LOTO-menetelmän vaatimalla tavalla. (Sareskoski, 2001).

5.2 Lukitusmenetelmät

Perinteisesti lukittavat turvakytkimet ja venttiilit lukitaan riippulukolla niiden avaamisen estämiseksi. Riippulukkoa käytettäessä lukossa on oltava jokin merkintä, josta käy ilmi lukitsijan nimi tai puhelinnumero. Riippulukkoja voidaan myös sarjoittaa jolloin esimerkiksi työnjohtajalla on ns. yleisavain, joka sopii kaikkiin työntekijöidensä lukkoihin. Lockout/tagout menetelmässä on käytössä monia muita lukitusmenetelmiä kohteisiin, joihin perinteinen lukko ei sovi.

Riippulukkoja käytettäessä ongelmana on se, että perinteiseen turvakytkimeen saa laitettua vain yhden lukon. Lockout menetelmässä tärkeää on, että jokainen työntekijä laittaa oman lukkonsa kohteeseen, jossa työskentelee, jotta laitetta ei vahingossa käynnistetä toisen työntekijän ollessa vielä vaara-alueella. Tilanteessa jossa on useampi työntekijä, on hyvää käyttää kuvion 5 mukaisia lukitushakkoja apuna. Lukitushakkaan on mahdollista laittaa useampia lukkoja, eikä hakaa voida poistaa ennen kuin kaikki lukot on otettu pois. Tällä menetelmällä turvataan jokaisen työntekijän turvallisuus.



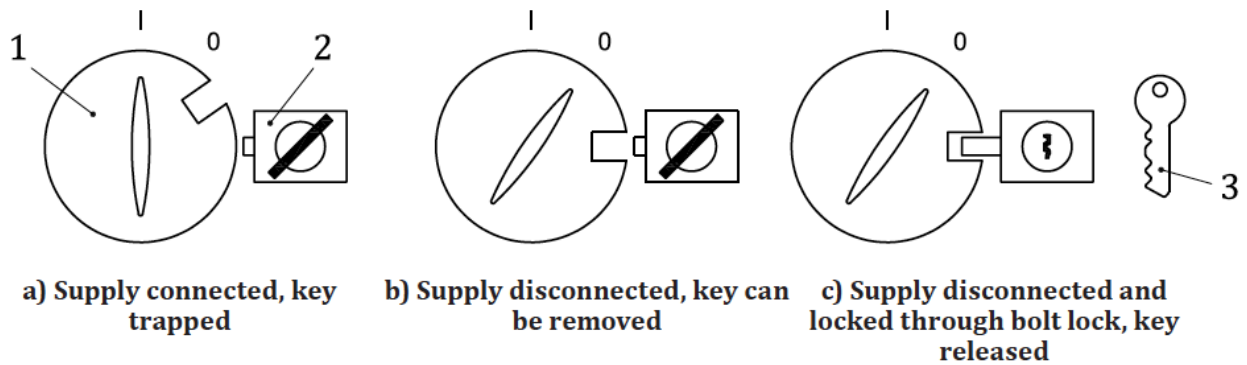
Kuvio 5 Lukitushaka (Saarekoski N.d.)

Lukituslaitteita on olemassa myös moniin kohteisiin joihin riippulukkoa ei saa kiinnitettyä. Erilaisilla lukituslaitteilla voidaan lukita esimerkiksi palloventtiileitä, pistokkeita, paineilmalinjoja, käsi- pyöräventtiileitä, vikavirtasuojakatkaisimia, sekä kaasupulloja. Lukitseminen tapahtuu yleensä lukittavan laitteen päälle asennettavalla muovisella tai metallisella kuorella, joka voidaan lukita kiinni. Kuori estää laitteen toiminnan palauttamista ennen sen poistamista. Kuviossa 6 on esimerkki käsiventtiilin päälle asetettavasta lukituslaitteesta. Ryhmälukitusmenetelmällä kaikkiin lukitustapoihin on mahdollista asentaa useampia lukkoja. (Saarekoski, lukituslaitteet.)



Kuvio 6 Käsiventtiilin lukitseminen

LOTO menetelmän edellyttämään lukitsemiseen on kehitetty myös Trap Key, eli siirtoavainavain järjestelmä. Trap Key järjestelmä on koneeseen kiinteästi asennettu laite, jolla voidaan lukita kyseinen laite tai prosessin osa. Järjestelmään kuuluu kaksi avainta, joista toisella turvaerotetaan laite, ja toinen otetaan mukaan, kun laitteelle mennään tekemään kunnossapitotyötä. Kun henkilöllä on toinen avain mukanaan, laite ei voi käynnistyä. Etuna tässä menetelmässä on se, että perinteisiä riippulukkoja ei tarvita, vaan laite on kokoajan paikoillaan. Laite on helppokäyttöinen, sillä mukaan otettava avain on kokoajan, joko kiinni laitteessa, tai mukana kunnossapitotyössä, joten sitä ei tarvitse lähteä hakemaan, tai etsimään mistään. Laite voidaan myös tehdä esimerkiksi siten, että työkohteeseen pääsee käsiksi vain mukaan otettavalla avaimella, jolloin turvalukitseminen tapahtuu väistämättä. Kuviossa 7 on esitetty Trap Key menetelmän periaate. Mukaan otettavaa avainta ei saa poistettua ennen kuin virtakytkin tai turvakytkin on asetettu 0-asentoon. (Nix, 2018.)



Key

- 1 switch
- 2 bolt lock
- 3 actuator (key)

Kuvio 7 Trap Key järjestelmä (Nix. 2018.)

6 Työn toteutus ja tulokset

6.1 Työn lähtötilanne

Opinnäytetyön lähtötilanteena oli toimeksiantajan saama ohjeistus turvaerotusohjeistusten laatimiseksi. Toimeksiantajayritys, Kumpuniemen Voima Oy, toimii Metsä Woodin vaneritehtaan yhteydessä, jossa turvaerotusohjeistusprojekti oli tekeillä. Toimeksiantajayrityksellä ei ollut käytössä mitään yhtenäistä kirjallista turvaerotusohjeistusta. Turvaerotus- ja lukitusohjeistus projektin tavoite on yhtenäistää toimintatapoja voimalaitoksen ja vaneritehtaan välillä, sekä myös eri tehdasyksiköiden välillä. Projektissa luodaan niin sanottu minimivaatimustaso, jota jokainen yksikkö voi omien tarpeiden mukaan tarkentaa. (MetsäGroup, 2020.) Metsä Group oli laatinut oman turvalukitusstandardin, jonka pohjalta koko turvalukitusprojektiä lähdettiin tekemään. Samaa standardia noudatettiin Kumpuniemen Voimalle tehtävässä turvalukitus ja -erotusohjeistus projektissa.

Voimalaitoksella oli käytössä tietyt yhtenäiset toimintatavat turvaerottamiseen liittyen, mutta niistä ei ollut käytössä mitään kirjallisia ohjeita. Toimintatapoja pääsääntöisesti noudatettiin,

mutta poikkeuksiakin oli. Työskentelymenetelmät olivat voimalaitoksella pääsääntöisesti turvallisia, mistä kertoo myös työtaturmien vähäisyys. Voimalaitoksella työntekijöiden vuosien kokemuksen myötä työturvallisuus ja laitteiden tuntemus on kehittynyt hyvin turvalliselle tasolle. Turvaerotusvälineinä voimalaitoksella oli käytössä numeroituja lukkoja turvakytinten lukitsemiseksi, sekä ketjuja ja lukkoja esimerkiksi venttiilien lukitsemiseksi. Tarve turvaerotusohjeistuksille on pääasiassa kunnossapitotyöntekijöiden ja ulkopuolisten työntekijöiden osalta. Myös työkohteiden osalta, joissa työskentely on harvinaisempaa, sekä uusien työntekijöiden perehdyttämisessä ohjeistuksesta on suurta hyötyä.

6.2 Työn toteutus

Lähdettäessä laatimaan lockout/tagout-ohjeistusta, päämääränä oli saavuttaa mahdollisimman helppolukuinen ja selkeä ohje. Ohjeistuksien tulee sopia myös ulkopuolisille henkilöille, joille voimalaitosympäristö, sekä kyseinen voimalaitos eivät ole tuttuja. Kirjallisten ohjeistuksien pohjana käytettiin Metsä Wood:in Suolahden vaneritehtailla käytössä olevia LOTO-ohjeistuksien pohjaa. Projektin alkuvaiheessa kävimme yhdessä vaneritehtaan LOTO-projektin vastaavan henkilön kanssa läpi ohjeistuksen tyylin ja rakenteen. Tärkeinä seikkoina ohjeistuksessa ovat valokuvat, joihin tehdään selkeät merkinnät, sekä lyhyet ja yksinkertaiset ohjeet tarvittavista työvaiheesta, energioiden erottamiseksi.

Työn alussa prosessi jaettiin sopiviin alueisiin, joihin ohjeistus tehtiin. Voimalaitoksen prosessien jako selkeisiin osa-alueisiin oli haastavaa, sillä suurin osa prosesseista liittyy toisiin prosesseihin, ja koko kattilan toimintaan ja toimintavarmuuteen. Turvaerotustoimenpiteiden tarkastelussa piti ottaa huomioon nämä vaikutukset. Useassa tilanteessa turvaerottaminen vaatii kattilalaitoksen alajoa, jota työnsuorittaja ei voi itse tehdä. Kunnossapitotyön sujuva toimiminen vaatii ohjeistusten lisäksi hyvää yhteistyötä ja tuotannon suunnittelua, sekä hyvää ennakkointia.

Työn toteutuksessa oli selkeästi kaksi vaihetta. Ensimmäinen vaihe oli voimalaitoksella prosessin tutkiminen, ja tarvittavien muistiinpanojen kirjoittaminen, sekä valokuvien ottaminen. Samalla kirjattiin ylös mahdolliset puutekohdat, joista tehtiin erilliset korjauspyynnöt. Ensimmäiseen vaiheeseen kuului oleellisesti myös voimalaitoksen henkilökunnan suullinen haastattelu. Haastatteluilla

kerättiin tietoa voimalaitoksen kenttätöissä vallitsevista käytänteistä ja työtavoista, sekä saatiin henkilökunnan ammattitaidon avulla prosessin jokainen asia otettua huomioon. Myös toimintatapojen turvallisuutta pohdittiin ja kirjattiin ylös mahdollisia muutostarpeita. Työn toinen vaihe sisälsi kirjallisen ohjeistuksen tekemisen, kentällä tehtyjen muistiinpanojen ja otettujen valokuvien avulla. Ohjeistuksen laatimisessa pyrittiin mahdollisimman yksinkertaisiin ohjeisiin, jotka kuitenkin sisältäisivät kaiken tärkeän tiedon. Valmiiden ohjeistusten tarkastaminen suoritettiin niin sanotusti koekäyttämällä ne. Koekäyttäminen tapahtui tekemällä turvaerottamiset ohjeistusten mukaan, ja tarkkailemalla mahdollisia jääneitä energialähteitä, työturvallisuusriskejä, ja puutoskohtia turvaerotuksessa. Turvalukitusohjeiden viimeisestä tarkastuksesta ja hyväksynnästä vastasivat voimalaitoksen käytönvalvoja, sekä tehdasalueen turvallisuuspäällikkö.

Projektissa haastavina puolina oli jo edellä mainittu kaiken vaikuttaminen kaikkeen. Voimalaitoksen prosessia ei voida jakaa itsenäisiin osa-alueisiin, vaan aina oli otettava huomioon kokonaiskuva. Haasteita oli myös laitteiston; putkien, venttiilien ja pumppujen merkintöjen osalta, jotka olivat useassa kohteessa puutteellisia. Esimerkiksi samalla laitteella saattoi olla eri tunnus kentällä, kuin ohjausjärjestelmässä. Voimalaitoksen käyttöhenkilökunnan haastattelujen avulla kaikki laitteet saatiin kuitenkin paikannettua.

6.3 Työn tulokset ja yhteenveto

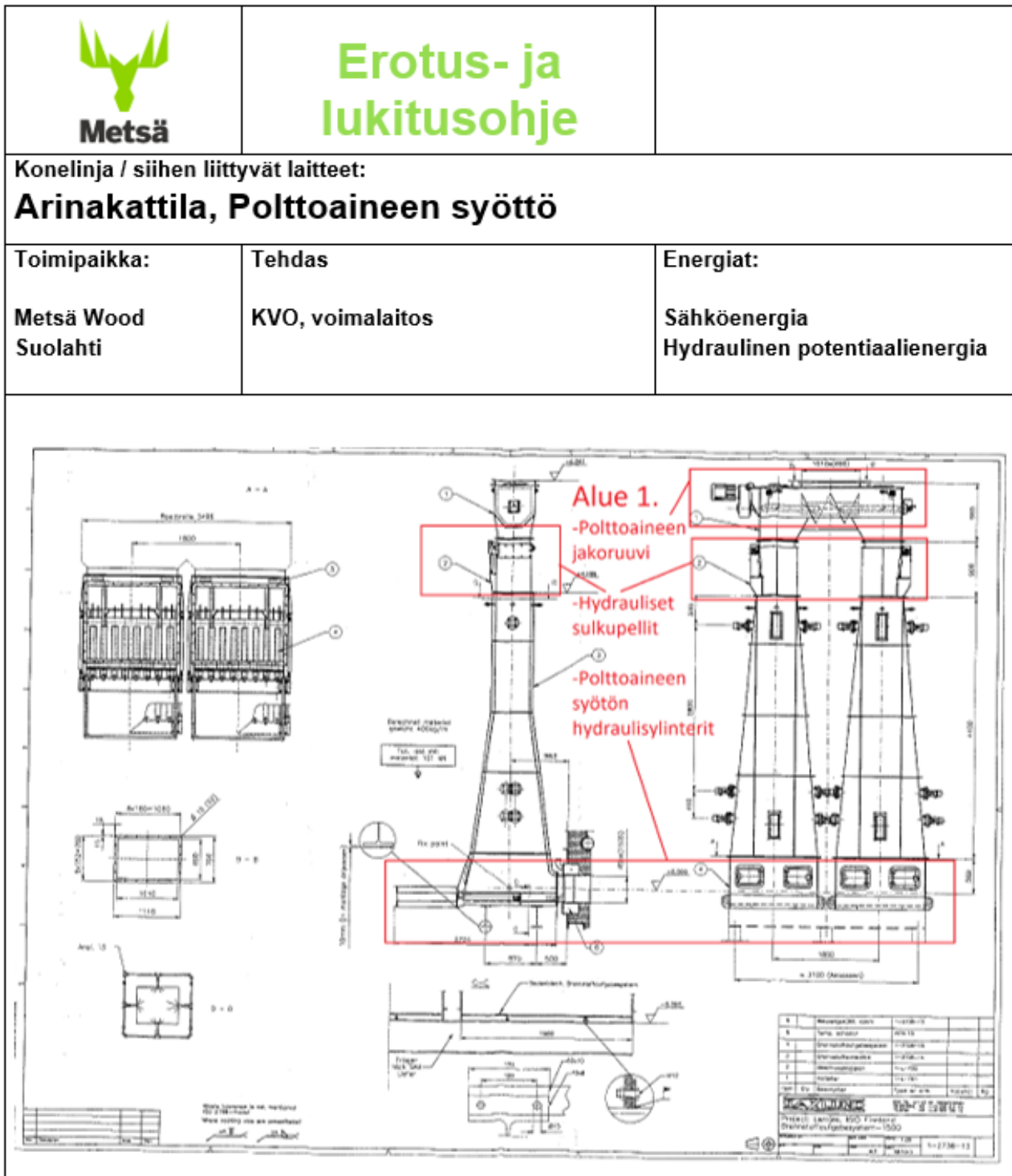
Opinnäytetyön tuloksena tehdyistä ohjeistuksista tuli halutunlaisia ja käyttötarkoitukseen sopivia. Ohjeistuksia ei olla otettu vielä käyttöön, sillä opinnäytetyö ei kattanut koko voimalaitosta. Tarkoituksena on saattaa LOTO projekti valmiiksi koko voimalaitoslaitteistolle vuoden 2021 loppuun mennessä, jonka jälkeen ohjeistukset voidaan ottaa käyttöön. Ohjeistuksia tehdessä löytyi muutamia puutekohtia voimalaitoksen turvalukituslaitteissa, jotka olivat pääasiassa puuttuvia turvakytkimiä, sekä vaaralliseen, tai vaikeaan paikkaan sijoitettuja turvakytkimiä. Puutoskohdat voivat aiheuttaa joissain kohteissa kokonaan turvaerottamisen poisjäännin, tai työturvallisuusriskin erotusta tehdessä. Korjauskohteista tehtiin kunnossapitoyhtiölle kunnossapitopyynnöt. LOTO projektin aikana voimalaitoksella otettiin lisäksi käyttöön menetelmä, jossa voimalaitoksen valvomoon tehtiin turvalukituslista johon merkittiin; lukitut kohteet, lukitsijan nimi, sekä käytetyn lukon

numero. Listan viereen koottiin avaimet, joilla lukitukset oli tehty. Menetelmä helpottaa pysymään kärryillä esimerkiksi vuosihuoltoseisakin aikana tehdyistä turvalukituksista.

Kokonaisuudessaan ohjeistukset tulevat lisäämään turvalukitsemiskäytäntöä sekä työtapojen yhtenäisyyttä. Ohjeistuksien selkeyden myötä niiden käyttöön ottaminen on helppoa, eikä aiheuta suurta työmäärä lisääntymistä. Ohjeistuksien pohjalta on tulevaisuudessa helppo tehdä myös uusia ohjeistuksia, laitteiston päivityksen myötä.

7 Turvaerotusohjeistus esimerkki

Työn tuloksena saadun turvaerotusohjeistuksen rakenne pyrittiin saamaan mahdollisimman yksinkertaiseksi. Ohjeistuksen kansilehdelle kirjattiin alueen tiedot, sekä mahdollisesti kuva, tai muu havainnollistava tieto käsiteltävän prosessin, ja laitteiston sijainnista. Kansilehdelle tuli myös luettelo vallitsevista energialähteistä. Kuviossa 8 on esitetty turvaerotusohjeistuksen kansilehti josta löytyvät edellä mainitut kohdat. Kansilehdestä seuraavalle sivulle, kirjattiin lyhyet infotekstit kyseisistä energialähteistä, ja niiden aiheuttamista vaaroista ja vammoista.



Kuvio 8 Turvaerotusohjeistus kansilehti

Ohjeistuksen rakenne koostuu ohjeista energialähteiden erottamiseksi. Ohjeistuksessa suuressa roolissa ovat valokuvat. Valokuviiin merkittiin tarvittavien kytkimien, sekä turvakytkimien sijainnit ja positiotunnukset, ohjeet laitteen pysäyttämiseksi ja lukitsemiseksi. Ohjeistuksessa tärkeänä kohtana on myös tieto kyseisen laitteen sijainnista, esimerkiksi kerrosnumero +14.94, josta kyseiset

kytkimet ja turvakytkimet löytyvät. Kohtia yhdessä ohjeistuksessa on monia ja niiden järjestys on pyritty luomaan loogiseksi, jolloin lukitus voidaan tehdä suoraan ohjeen mukaan. Ohjeistuksen loppuun kirjataan aina jäännösenergiat, eli energiat joita ei voida poistaa ja jotka täytyy ottaa huomioon, esimerkiksi nesteen lämpöenergia. Myös muut mahdolliset huomioitavat asiat kirjataan ohjeistuksen loppuun.



Alue 1. Polttoaineen syöttö
Polttoainekuljetin, polttoaineen jakoruuvi, heiluripellit, pukkarit.

1.1 Polttoainekuljetin, polttoainesuppilot

1. Käännä kolakuljettimen vieressä, +14.94 kerroksessa oleva, kuvan kytkin 0-asentoon.

2. Lukitse kuvan turvakytkin OFF-asentoon.

- Kolakuljetin turvakytkin C02.3.03.4

Kuvio 9 Turvaerotusohjeistus esimerkki

Lähteet

Doug Nix. 2018. Trapped key interlocking. Viitattu 11.3.2021 <https://machin-erysafety101.com/2018/07/03/trapped-key-interlocking/>

Eight steps for safer lockout/tagout programs. N.d. Artikkele Safety Management Group verkkosivuilla. Viitattu 18.8.2021 <https://safetymanagementgroup.com/eight-steps-for-safer-lockouttagout-programs/>

Hazardous energy control programs. 2018. CCOHS verkkosivut. Viitattu 11.3.2021. https://www.ccohs.ca/oshanswers/hsprograms/hazardous_energy.html

Huhtinen, M., Kettunen, A., Nurminen, P. & Pakkanen, H. 2000. Höyrykattilatekniikka. 5. Uusittu painos. Helsinki: Oy Edita Ab.

Jalovaara, J., Aho, J., Hietämäki, E. & Hyytiä, H. 2003. Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT) 5-50MW:n polttolaitoksissa Suomessa. Viitattu 26.5.2021. [https://www.motiva.fi/files/8707/Paras_kayttavissa_oleva_tekniikka_\(BAT\)_5-50_MWn_polttolaitoksissa_Suomessa.pdf](https://www.motiva.fi/files/8707/Paras_kayttavissa_oleva_tekniikka_(BAT)_5-50_MWn_polttolaitoksissa_Suomessa.pdf)

JLY- jätelaitosyhdistys ry. N.d. Leijupetipoltto. Viitattu 26.5.2021. <http://vanha.jly.fi/energia32.php?treeviewid=tree3&nodeid=32>

Käyttövoimasta erottaminen. N.d. Rudus. Viitattu 30.9.2021 <https://www.turvapuisto.fi/ras-tit/20304/kayttovoimasta-erottaminen>

Kananen, J. 2008. Kvali – Kvalitatiivisen tutkimuksen teoriat ja käytänteet. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Metsä Group: Turvalukitusstandardi. 2020. Koulutusmateriaali. Viitattu 20.3.2021

Palsanen, J. 2009. Leijukerrosolotto, pyroflow kiertopetikattila. Viitattu 26.5.2021. <https://www.puunjalostusinsinoorit.fi/en/bioforest-industry/innovaatiot/10-energia/10.2-leijukerrosolotto-pyroflow-kuorikattila/>

Palsanen, J. 2009. Leijukerrosoltto, pyroflow kiertopetikattila. Viitattu 26.5.2021.

<https://www.puunjalostusinsinoorit.fi/en/bioforest-industry/innovaatiot/10-energia/10.2-leijukerrosoltto-pyroflow-kuorikattila/>

PSK 6702. 2013. Teollisuushydraulijärjestelmän suunnittelu ja hankinta. Suunnittelun lähtökohdat. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry. Viitattu 9.3.2021. <https://janet.finna.fi>. PSK Standardit.

Tamminen, J. 2016. Työturvallisuusohje https://ttk.fi/files/4836/STO6_Voimalaitos20160413.pdf

Koneita koskevat vaatimukset. N.d. Tukes. Viitattu 10.11.2021 <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/koneet#6b86e973>

Työturvallisuuslaki. 2002. L 23.8.2002/738 muutoksineen <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2002/20020738#Lidp446899968>

SFS 14118:2018. Koneturvallisuus. Odottamattoman käynnistymisen estäminen. Suomen standardoimisliitto SFS. Vahvistettu 16.2.2018. Viitattu 10.11.2021. <https://janet.finna.fi>. SFS Online.

Sareskoski. n.d. Lukituslaitteet. Viitattu 11.3.2021 <https://www.sareskoski.com/turvalukitteet/C569/>

Sareskoski, S. 2001. Lockout/tagout riskialueiden suojalaitteet. Viitattu 11.3.2021 <https://www.sareskoski.com/lockout-tagout/IP10>

Sosiaali- ja terveysministeriö, Työsuojeluosasto, Työturvallisuuskeskus. 2015. Riskien arviointi työpaikalla –työkirja. Viitattu 19.8.2021. http://ttk.fi/files/2941/Riskien_arviointi_tyopaikalla_tyokirja_22052015_kerttuli.pdf

Liitteet

Liite 1. Riskitaulukko

Todennäköisyys	Seuraukset		
	Vähäiset	Haitalliset	Vakavat
Epätodennäköinen	1 Merkityksetön riski	2 Vähäinen riski	3 Kohtalainen riski
Mahdollinen	2 Vähäinen riski	3 Kohtalainen riski	4 Merkittävä riski
Todennäköinen	3 Kohtalainen riski	4 Merkittävä riski	5 Sietämätön riski