



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# ENERGIANERISTYSSUUNNITELMIEN KEHITYSTYÖ JA KÄYTTÖÖNOTTO

TEKIJÄ: Janne Ulvinen

Työstä on poistettu osia salauksen vuoksi.

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Tutkinto-ohjelma Konetekniikan tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä Janne Ulvinen			
Työn nimi Energianeristys suunnitelmien kehitystyö ja käyttöönotto			
Päiväys	24.1.2021	Sivumäärä/Liitteet	68
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Sibelco Nordic Oy Ab Nilsiäns Kvartsi			
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli esitellä vaarallisen energian erottamisen historiaa ja nykytilaa Suomessa ja eräissä teollistuneissa maissa sekä osoittaa yhtymäkohdat toimeksiantajan energianeristyskampanjan sekä vallitsevan lainsäädännön ja standardien välillä. Lisäksi tavoitteena oli suorittaa toimeksiantajan tuotantolaitoksen prosessilaitteiden kartoitus energiansyötön erottamisen näkökulmasta, tunnistaa prosessissa esiintyvät vaarallisen energian muodot sekä määrittää sopivat menetelmät energiansyötön erottamiseen ja varastoituneen vaarallisen energian vapauttamiseen laitepaikkakohtaisesti. Nämä tiedot dokumentoitiin vakio- muotoisiksi energianeristys suunnitelmiksi.</p> <p>Historian, lainsäädännön ja standardien muodostaman viitekehyksen hahmottelu tehtiin hyödyntämällä niin kotimaista kuin kansainvälistä tutkimus- ja ammattikirjallisuutta. Työn käytännön osuus oli toimeksiantajan tuotantolaitoksen vaarallisen energian muotojen kartoitus ja energianeristys suunnitelmien sisällön laadinta. Tässä viitemateriaaleina olivat toimeksiantajan globaalin energianeristyskampanjan ohjeistus, tuotantolaitoksen prosessikaaviot ja -näytöt, toiminnanohjausjärjestelmä sekä muut lähdeaineistot. Lisäksi käytössä oli paikallisen henkilöstön tuki.</p> <p>Tuotoksina laadittiin ja asetettiin esille laitepaikkakohtaiset energianeristys suunnitelmat sekä hankittiin ja asennettiin tarkoituksenmukaiset välineet vaarallisen energian hallitsemiseen tarvittavien energianerotuspisteiden lukitsemiseksi. Kenttätyön aikana havaitut puutteet raportoitiin toimeksiantajalle.</p>			
Avainsanat työturvallisuus, vahinkokäynnistys, energiasta erottaminen, LOTOTO			

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering	
Author Janne Ulvinen	
Title of Thesis Development and Implementation of Energy Isolation Plans	
Date 24 January 2021	Pages/Appendices 68
Client Organisation / Partner Sibelco Nordic Oy Ab Nilsian Kvartsi	
<p><b>Abstract</b></p> <p>The aim of this thesis was to summarise the history and present state of hazardous energy isolation both in Finland and certain developed countries, and to illustrate the correspondence between the client organisation's energy isolation campaign and prevailing legislation and standards. Moreover, the aim was to survey the client organisation's process equipment from the viewpoint of energy isolation, to identify the forms of hazardous energy present in the process, and to define suitable methods of energy isolation and releasing stored energy for each individual process instrument. This information was documented as energy isolation plans which were prepared according to a standard format.</p> <p>The historical context and the framework of legislation and standardisation were outlined by utilizing both domestic and international academic and professional literature. The practical part of this thesis consisted of surveying the forms of hazardous energy present in the client organisation's plant and creating the content of the energy isolation plans. The energy isolation campaign documentation, process diagrams, process control unit displays, ERP system, as well as other documentation provided by the client organisation were used as reference material. Additional support was provided by the local staff.</p> <p>The end products of this thesis were the energy isolation plans which were created and set out individually for each process instrument. Furthermore, suitable equipment for locking each energy isolation point required for controlling hazardous energy was acquired and installed. All nonconformities observed during field work were reported to the client organisation.</p>	
<p><b>Keywords</b> occupational safety, unexpected energization, energy isolation, LOTOTO</p>	

## SISÄLTÖ

TERMIT JA KÄSITTEET.....	6
LYHENTEET .....	8
1 JOHDANTO .....	10
1.1 Tausta ja tarkoitus .....	10
1.2 Tavoitteet.....	10
1.3 Menetelmä ja tausta-aineisto .....	11
1.4 Toimeksiantaja .....	11
2 LAINSÄÄDÄNTÖ JA STANDARDIT .....	13
2.1 Lainsäädännön historiaa .....	13
2.2 Standardoinnin historiaa.....	14
2.3 Yhdysvaltain lainsäädäntö ja standardit .....	15
2.4 Ison-Britannian lainsäädäntö ja standardit .....	18
2.5 Kanadan lainsäädäntö ja standardit.....	19
2.6 Australian ja Uuden-Seelannin standardit .....	20
2.7 Suomen lainsäädäntö .....	20
2.8 Eurooppalaiset standardit .....	22
2.8.1 Riskien arviointia koskeva standardi .....	23
2.8.2 Odottamatonta käynnistystä koskeva standardi.....	23
3 TOIMEKSIANTAJAN OHJEISTUS.....	26
3.1 Toimeksiantajan sisäinen standardi ja kampanjamateriaali .....	26
3.1.1 Toimeksiantajan sisäisen standardin vaatimukset .....	26
3.1.2 Toimeksiantajan kampanjamateriaalin vaatimukset .....	28
3.2 Toimeksiantajan vaatimukset dokumentoinnista.....	28
3.3 Toimeksiantajan riskinarviointikäytännöt .....	30
4 TOTEUTUS.....	31
4.1 Prosessin ryhmittely .....	31
4.2 Energiamuotojen esiintyminen prosessilaitteissa .....	32
4.3 Kartoittaminen.....	35
4.3.1 Energiamuotojen esiintyminen raaka-aineen syötössä .....	36
4.3.2 Energiamuotojen esiintyminen märkärkastuksessa.....	37

4.3.3	Energiamuotojen esiintyminen kuivauksessa .....	39
4.3.4	Energiamuotojen esiintyminen hienojauhauksessa .....	40
4.3.5	Energiamuotojen esiintyminen erikoisseulonnassa .....	41
4.3.6	Energiamuotojen esiintyminen kuivatuotteiden jatkojalostuksessa .....	43
4.4	Lukituslaitteet .....	44
4.5	Yhteenveto energiamuodoista, erotusmenetelmistä ja lukituslaitteista .....	46
4.5.1	Erikoistapauksia .....	48
4.6	Tuotokset .....	49
4.7	Havaittuja puutteita .....	49
5	YHTEENVETO .....	51
5.1	Johtopäätökset .....	51
5.2	Pohdinta .....	52
5.3	Toimenpide-ehdotukset ja jatkotutkimus .....	53
	LÄHTEET .....	55
	LIITE 1 .....	58
	LIITE 2 .....	59
	LIITE 3 .....	60
	LIITE 4 .....	61
	LIITE 5 .....	62
	LIITE 6 .....	63
	LIITE 7 .....	64
	LIITE 8 .....	65
	LIITE 9 .....	66

## TERMIT JA KÄSITTEET

Energianeristys	Myös energianlähteen erottaminen, energiasta erottaminen, energiansyötöstä erottaminen. Koneen tai sen osan erottaminen, irrottaminen tai eristäminen kaikista energianlähteistä. Laajemmin käsittää myös erotuslaitteiden lukitsemisen, varastoituneen energian purkamisen tai pidättämisen sekä edellä mainittujen toimenpiteiden onnistumisen varmentamisen.
Hätäpysäytys	Toiminto, jolla torjutaan tai pienennetään henkilöön kohdistuvaa vaaraa tai estetään koneeseen tai prosessiin kohdistuva vahinko. On oltava käynnistettävissä yhdellä ihmisen suorittamalla toimenpiteellä.
Hätätilanne	Vaaratilanne, joka on kiireisesti pysäytettävä tai estettävä.
Jäännösriski	Riski suojaustoimenpiteiden jälkeen.
Kone	Toisiinsa liitettyjen osien tai komponenttien yhdistelmä, jossa on tai joka on tarkoitettu varustettavaksi voimansiirtojärjestelmällä ja jossa ainakin yksi osa tai komponentti on liikkuva ja joka on kokoonpantu erityistä toimintoa varten. Termillä "kone" tarkoitetaan myös koneyhdistelmiä, jotka on järjestetty ja ohjattu toimimaan yhtenä kokonaisuutena tietyn päämäärän saavuttamiseksi.
LOTOTO	Lyhenne englanninkielisistä termeistä Lock Out, Tag Out, Try Out. Viittaa energianlähteen lukitsemiseen, lukituksen merkitsemiseen sekä energiansyötön erottamisen onnistumisen toteamiseen koekäynnistyksellä.
Odottamaton käynnistyminen	Myös vahinkokäynnistys, tarkoittamaton käynnistyminen. Mikä tahansa koneen käynnistyminen, joka ennakoimattoman luonteensa vuoksi aiheuttaa vaaran käyttäjälle.
Mekaaninen este	Laite, jolla mekanismin vaaralliset liikkeet estetään mekaanisesti. Esimerkiksi kiila, lukitustappi, tukipalkki tai vaste.
Riski	Vaaran esiintymistodennäköisyyden ja aiheutuvan vahingon vakavuuden yhdistelmä.
Riskinarviointi	Vaarojen tunnistamisen, vahingon vakavuuden ja esiintymistodennäköisyyden arvioinnin, riskin suuruuden arvioinnin sekä koneen raja-arvojen määrittämisen kokonaisprosessi.
Suojaustoimenpide	Toimenpide riskin pienentämiseksi.
Suojus	Koneen osaksi suunniteltu, käyttäjän suojauksesta huolehtiva fyysinen este.

Vaara	Mahdollinen vahingon aiheuttaja.
Vaarallinen tapahtuma	Tapahtuma, joka voi aiheuttaa vahingon.
Vaaratilanne	Olosuhde, jossa henkilö altistuu vähintään yhdelle vaaralle.
Vahinko	Fyysinen vamma tai terveyshaitta.
Vaihtoehtoiset menetelmät	Kirjalliseen riskinarviointiin perustuvat vaarallisen energian hallintakeinot, joissa ei käytetä henkilökohtaista lukkoa.

## LYHENTEET

J	Jauhimo
K	Kuivaamo
P	Pakkaus
R	Rikastamo
S	Seulomo
AP	Alipainepumppu
EL	Elevaattori
HA	Harja
HÖ	Höyrystin
JL	Jakolaite
KE	Kenno
KO	Kompressori
KU	Kuljetin
KV	Kuivausrumpu
LA	Lavaaja
LU	Luokitin
ME	Magneettierotin
MY	Mylly
PE	Pelti
PF	Puhallin
PK	Pakkauskone
PO	Poltin
PU	Pumppu
PV	Purkuvaunu
SE	Seula
SI	Siilo
SK	Sekoitin



SU	Suodin
SY	Syötin
TU	Tuuletin
TÄ	Tärytin
VA	Valmennin

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tausta ja tarkoitus

Tässä opinnäytetyössä käsitellään vaarallisten energiamuotojen hallintaa ja erottamista yleisesti sekä eri energiamuotojen erotuksen prosessilaittekohtaista toteutusta kvartsin rikastus- ja jatkojalostusprosessissa. Työn aihe kytkeytyy laajemmin vahinkokäynnistyksen estoon niin sanotun LOTOTO-periaatteen mukaisesti.

Opinnäytetyön erityispiirre on tarkasteltavana olevan prosessin laajuus ja monimuotoisuus. Yksittäisien prosessilaitteiden määrä on huomattava ja niissä esiintyy useita vaarallisia energiamuotoja. Toimeksiantajan tuotantoprosessi muodostaa kahden tehdasrakennuksen sekä niiden yhteydessä olevien varastojen ja kuljettimien kokonaisuuden. Työssäni pyrin jäsentämään tätä kokonaisuutta muun muassa prosessikaavioiden ja taulukoiden avulla. Kenttätyöosuus suoritettiin vuoden 2019 ensimmäisellä vuosipuoliskolla.

Vahinkokäynnistyksen esto on yksi toimeksiantajan niin sanotuista turvallisuuden pelisäännöistä, jotka koskevat kaikkea toimintaa kaikilla tuotantolaitoksilla, ja joiden noudattamatta jättäminen kirjataan ja tutkitaan joka kerta. Tämän vuoksi energianeristysuunnitelmien laatimisella oli toteuttamisajankohtana erittäin korkea prioriteetti yrityksessä.

Työturvallisuuteen on panostettu viimeistään viimeksi kuluneen vuosikymmenen aikana näkyvästi kaikilla Suomen teollisuuden toimialoilla. Konealan korkeakoulututkintoihin sisältyy kuitenkin vain vähän työturvallisuuden lainsäädäntöä, turvallisuusominaisuuksien suunnittelua tai työturvallisuusalan parhaita käytäntöjä käsitteleviä opintoja, vaikka työsuojeluun liittyvien vaatimuksien tunteminen ja vaikutuksiltaan riittävän tehokas jalkauttaminen käytännössä koskeekin työelämässä myös koneinsinöörejä, olipa rooli työnantajan edustaja, työnjohtaja, koneensuunnittelija, projekti-insinööri, asiantuntija tai virkamies. Suomessa on myös varsin heikko tilanne elinkeinoelämän parissa työskentelevien työsuojelualan ammattilaisien kouluttamiseen tähtäävien, maksuttomien korkeakoulutaisien opinto-ohjelmien tarjonnassa useisiin muihin maihin verrattuna. Sen vuoksi koen opinnäytetyöni aiheen olevan yleishyödyllinen ja toivon sen palvelevan useiden eri teollisuudenalojen edustajia.

## 1.2 Tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on esitellä energianlähteistä erottamisen periaatteen historiallinen tausta ja nykytila sekä kytkeä toimeksiantajan ohjeistus kansainväliseen ja kansalliseen lainsäädäntöön ja standardien viitekehykseen.

Nilsin tuotantolaitoksen prosessilaitteet kartoitetaan energiansyötön erottamisen näkökulmasta. Vaaralliset energiamuodot tunnistetaan sekä niille soveltuvat menetelmät energiansyötön erottamiseksi ja varastoituneen vaarallisen energian vapauttamiseksi määritetään. Tuotoksina laaditaan prosessilaittekohtaiset energianeristysuunnitelmat toimeksiantajan tuotantolaitokseen sekä ohjeistetaan niiden esillepano ja käyttö. Prosessilaittekohtaisissa energianeristysuunnitelmissa kuvataan täs-

mällisesti, miten kyseisessä prosessilaitteessa tai prosessin vaiheessa esiintyvät vaaralliset energia- muodot hallitaan ja millaisia lukitusvälineitä tulee käyttää, jotta työskentely kosketuksessa laitteeseen on turvallista.

Lisäksi tässä opinnäytetyössä kuvataan energianeristys suunnitelmien laatimisprosessi sekä raportoidaan toimeksiantajalle työn suorittamisen aikana havaitut puutteet.

Tekijälleen tämän opinnäytetyön tavoitteena on ammatillinen kasvu työturvallisuussuunnittelun ja riskinarvioinnin osa-alueilla. Lisäksi tavoitteena on kaivosteollisuuden prosessilaitteiden toimintaperiaatteiden ymmärryksen syventäminen.

### 1.3 Menetelmä ja tausta-aineisto

Tämän tutkimuslähtöisen opinnäytetyön tietoperusta muodostetaan perehtymällä vaarallisen energian hallintaa koskevaan lainsäädäntöön ja standardeihin. Tarkoituksena on selvittää, mistä energianlähteiden erottamisen periaate on omaksuttu Suomen teollisuuteen, missä määrin energianlähteiden erottamista säädellään laissa, standardeissa tai suosituksissa eri puolilla maailmaa ja minkälainen velvoittava lainsäädäntö koskee työnantajaa Suomessa. Tausta-aineistona käytetään niin itse laki- ja standarditekstejä kuin niiden välisiä kytkentöjä ja merkitystä avaavaa lähdekirjallisuutta. Lisäksi käytössä on muun muassa toimialajärjestöjen aineistoja.

Opinnäytetyön käytännön osuus on energianeristys suunnitelmien laatiminen toimeksiantajan antaman ohjeistuksen mukaisesti. Tässä käytetään tausta-aineistona toimeksiantajan energianeristyskampanjaan liittyvää kirjallista ja suullista ohjeistusta, prosessi- ja instrumentointikaavioita (jäljempänä PI-kaavio), toiminnanohjausjärjestelmää sekä laitekohtaisia piirustuksia ja dokumentaatiota. Kenttätyövaiheessa toimitaan tiiviissä yhteistyössä Nilsin tuotantolaitoksen tuotannon ja kunnossapidon työnjohdon ja muun henkilöstön kanssa. Lisäksi on mahdollista konsultoida toimeksiantajan globaalin työsuojeluorganisaation edustajia.

### 1.4 Toimeksiantaja

Sibelco on vuonna 1872 perustettu belgialainen perheomisteinen kaivosyhtiö, jonka päätuote on kvartsihiekkä ja sen jatkojalosteet eri muodoissaan. Lisäksi yhtiö käyttää raaka-aineinaan muun muassa kierrätysmateriaaleja sekä muita mineraaleja, kuten maasälpää, savea ja kierrätyslasia. Yhtiöllä on yli 8 500 työntekijää 174 toimipaikassa yli 30 maassa ympäri maailman. Lisäksi yhtiöllä on 19 teknistä tutkimus- ja kehitysokeskusta. (Sibelco Nordic Oy Ab Nilsin Kvartsi 2020.)

Nilsin Kinahmin kaivos on toiminut nykyisellä paikallaan 70-luvun puolivälistä saakka muutaman eri omistajan lipun alla. Jo sitä aiemmin Kinahmin toisella puolella Hiekkamäessä toiminut kaivos tunnettiin nimellä Nilsin Kvartsi. Kaivos hyödyntää Kinahmin kallioharjanteen kvartsiittiesiintymää ja valmistaa erilaisia kvartsihiekkatuotteita, joita myös lisäaineistetaan loppuasiakkaan vaatimuksien mukaisesti. Lisäksi raaka-ainetta laivataan Nilsinään jatkojalostettavaksi muilta Sibelcon tuotantolaitoksilta eri maista. Tuotteita myydään maakosteana ja kuivattuna irtotavarana sekä suur- ja pien-säkkeihin pakattuna. (Sibelco Nordic Oy Ab Nilsin Kvartsi 2015.)

Nilsinissä valmistettuja tuotteita käytetään muun muassa induktiouunien vuorausmassoihin, tulenkestävään laastiin, vesilasin valmistukseen, suodatin- ja puhallushiekkana sekä niin sanottuina vapaa-

ajan hiekkoina esimerkiksi maneeseissa ja golfkentillä. Nilsin tuotantolaitoksessa valmistettu lasihiekka on ollut vielä pitkälle 2000-luvulle saakka Suomessa toimineiden lasitehtaiden pääraaka-aine. (Sibelco Nordic Oy Ab Nilsin Kvartsi 2015.)

Nilsin tuotantolaitos käsittää pääpiirteissään päälouhoksen, pienemmän satelliittilouhoksen sekä erillisellä tehdasalueella rikastamon, jauhimon, kuivaamon, kuivatutetehtaan, erikoishiekkaseulomon, korjaamon, konttorirakennuksen, silloja, pumppaamoja, varastoja, syöte- ja tuotevarastokentät sekä rikastushiekka-altaat. Lisäksi tuotantolaitoksella on oma pistoraide Joensuun–Siilinjärven junaradalle ja satama Siilinjärven Kuuslahdessa. (Sibelco Nordic Oy Ab Nilsin Kvartsi 2020.)

## 2 LAINSÄÄDÄNTÖ JA STANDARDIT

### 2.1 Lainsäädännön historiaa

Teollistuneissa maissa työvoiman työkykyisenä säilymisestä on pyritty huolehtimaan lainsäädännön, työn tekemistä koskevien määräysten tai yhdenmukaisuutta edistävien standardien muodossa jo hyvän matkaa toistasataa vuotta. Teollistumisen alkuaikoina ei velvoittavaa lainsäädäntöä eikä liioin viranomaisvalvontaa ollut, mutta sairauksien leviäminen tehdasyhteisöissä ja ennenaikaiset työperäiset kuolemat ohjasivat viimein valtiot säätämään lakeja ja valvomaan niiden noudattamista. (Siirilä & Tytykoski 2016, 25.)

Suomessa työturvallisuuslainsäädännön historia alkaa vuodesta 1889, jolloin säädettiin asetus teollisuusammattissa olevain työntekijäin suojelemisesta. Soveltamisalaltaan laajempi ja koneiden turvallisuuttakin koskevia vaatimuksia sisältänyt armollinen asetus ammatinvaaralta suojelemiseksi annettiin 4. päivänä huhtikuuta 1914. Ensimmäinen varsinainen työturvallisuuslaki säädettiin vuonna 1930 ja laki työsuojelun valvonnasta vuonna 1974. Työsuojelua ja koneiden turvallisuutta koskevien säädösten kannalta olennainen rajapyykki on vuosi 1995, jolloin Suomi liittyi Euroopan Unioniin. Sen myötä Euroopan talousyhteisö ETY:n direktiivit tuotiin osaksi kansallista lainsäädäntöä. Nykyinen työturvallisuuslaki on säädetty vuonna 2002. (Siirilä & Tytykoski 2016, 25–30.)

Iso-Britannia oli teollisen vallankumouksen keihäänkärki 1700-luvun jälkimmäisellä puoliskolla, ja siellä myös työsuojelulakien historia ulottuu yli 200 vuoden taakse. Ensimmäinen Factory Act säädettiin vuonna 1802, ja se pyrki parantamaan erityisesti lapsityövoiman työoloja puuvillatehtaissa. Vuonna 1833 alkoi tekstiiliteollisuuden toimivaltaisien tarkastajien toiminta, ja vuoden 1844 Factories Actissa asetettiin edellytyksiä konesuojaukselle sekä kiellettiin käynnissä olevien koneiden puhdistus. Vuonna 1878 teollisuuden työoloja koskeva lainsäädäntö ulotettiin koskemaan kaikkia toimialoja. Nykymuotoinen Ison-Britannian työsuojelulaki säädettiin 1974, ja valvonnasta vastaava viranomaistaho Health and Safety Executive (jäljempänä HSE) perustettiin seuraavana vuonna. (RoSPA National Occupational Safety and Health Committee 2020.)

Yhdysvaltojen työsuojelusäädösten alullepanijana olivat 1900-luvun taitteen tehtaiden voimakoneet, jotka aiheuttivat liikaa tapaturmia ja kuolemantapauksia pakottaen työnantajat vahingonkorvauksien pelossa tekemään yhteistyötä onnettomuuksien ehkäisemiseksi (McManus 2013, 451). Massachusetts säätö osavaltioista ensimmäisenä konesuojaukselta koskevan lain vuonna 1877 ja valvonta oli järjestetty yhdeksässä osavaltiossa vuoteen 1890 mennessä (Occupational Safety and Health Administration 2009, 1). Työolosuhteiden turvallisuuden kehittyessä myös tapaturmien määrä Yhdysvalloissa laski 1960-luvulle saakka, kunnes vuosikymmenen lopussa määrät lähtivät jälleen nousuun (Purpura 2008, 333.) Liittovaltion työsuojelulaki säädettiin ja Yhdysvaltain työministeriön alainen työsuojeluhallinto Occupational Safety and Health Administration (jäljempänä myös OSHA) perustettiin vuonna 1971 (Occupational Safety and Health Administration 2009, 4). Purpura (2008, 333) mukaan Mason (1976, 21) toteaa, että tarve liittovaltion tason laille oli todellinen, sillä vuosina 1969–1973 Yhdysvalloissa kuoli enemmän ihmisiä työpaikoilla kuin Vietnamin sodassa.

YK:n alainen kansainvälinen työjärjestö ILO julkaisi vuonna 1954 kansallisten lakien ja asetusten valmistelutyön sekä toimialakohtaisien ohjeiden ja määräyksien laatimisen tueksi tarkoitetun malliohjesäännön teollisuuden turvallisuusmääräyksistä. Pekurin (2020) mukaan kyse on puhtaasti ohjeistuksesta eikä velvoittavista säännöistä, ja tätä ohjeistusta ILO:n jäsenvaltiot tai teollisuuden toimijat voivat halutessaan käyttää. Asiakirja on hyvin yksityiskohtainen ja se sisältää nykyaikaisia standardeja muistuttavia muotoiluja turvaetäisyyksineen muun muassa konesuojauksesta (International Labour Organization 1954, 38–47). Kiinnostavaa on, että malliohjesäännöstä löytyy jo maininnat koneiden vaara-alueille menemisestä ja odottamattoman käynnistymisen ehkäisemisestä (International Labour Organization 1954, 47–48) sekä syötönerotuskytkimistä ja niiden lukitsemisesta kyseiseen virtapiiriin kytkettyjen koneiden korjaus- ja muiden töiden ajaksi (International Labour Organization 1954, 155–161). McManuksen (2013, 451) mukaan tässä malliohjesäännössä esitettyjä konsepteja on sittemmin sekä omaksuttu sellaisenaan että kehitetty edelleen.

## 2.2 Standardoinnin historiaa

Maailman vanhin kansallinen standardointitaho on British Standards Institution (jäljempänä BSI), jonka edeltäjä Engineering Standards Committee perustettiin vuonna 1901 ratkomaan raideliikenteen yhteensopivuusongelmia. Jo toinen julkaistu standardi onnistuikin vähentämään Britanniassa käytössä olleiden raitiovaunujen kiskokokovaihtoehtojen määrän 75:stä viiteen. Aikakaudelle kuvaavaa on, että brittiläinen standardi numero 5 määrittä Intian rautateiden höyryveturityypit. 1920-luvulle tultaessa standardointityö laajentui kattamaan myös muut brittiläisen imperiumin maat, kuten Kanadan, Australian ja Etelä-Afrikan. (British Standards Institution 2020.)

Yhdysvalloissa standardointityö alkoi palokuntien yhteensopimattomista letkuliitännöistä vuonna 1905 Baltimoren tuhoisan tulipalon jälkeen (Siirilä & Tytykoski 2016, 86). Standardointijärjestö American National Standards Instituten (jäljempänä myös ANSI) edeltäjä perustettiin vuonna 1918. ANSI ja muiden toimialajärjestöjen ohella muun muassa valmistavaa teollisuutta edustava The Association for Manufacturing Technology (AMT) ovat laatineet yleisiä ja yksityiskohtaisia ohjeistuksia myös koneturvallisuudesta 1900-luvun alusta saakka (McManus 2013, 454).

OSHA on määritellyt konesuojausstandardeja jo 1940-luvulla (McManus 2013, 454), ja OSHA:n standardit sisältyvät liittovaltion Code of Federal Regulations (jäljempänä CFR) -säädöskokoelmaan. Koska OSHA on Yhdysvaltain työministeriön alainen, valvontaa suorittava viranomaistaho, sen standardeilla on koko liittovaltiossa lakeihin rinnastettava painoarvo. Osoituksena tästä OSHA:n velvoittaviin standardeihin viitataan isolla alkukirjaimella ("Standard") ja standardointijärjestöjen yhteistoiminnassa eri sidosryhmien kanssa laadittuihin, konsensukseen perustuviin ja vapaaehtoisesti noudatettaviin standardeihin ("consensus standard") pienellä (McManus 2013, 452–477). Nykyään OSHA:n standardeja on tuhansia, joista osa on yleistasoisia ja toiset toimiala- ja työtehtäväkohtaisia (Purpura 2008, 334).

Huomionarvoista on, että Yhdysvalloissa toimii vuonna 1911 perustettu, maailman vanhin ja suurin työturvallisuusalan ammattilaisten järjestö American Society of Safety Professionals (jäljempänä myös ASSP, vuoteen 2018 saakka American Society of Safety Engineers eli ASSE), joka tekee läheistä yhteistyötä ANSI:n kanssa standardien laatimisessa. Sen vuoksi näiden tahojen laatimilla yhteisstandar-

deilla on suuri painoarvo Yhdysvaltain teollisuudessa, vaikka noudattaminen onkin vapaaehtoista. Kuten edellä todettiin, OSHA:n standardit ovat määrääviä konsensukseen perustuviin standardeihin nähden.

Kansainvälisillä yhteisstandardeilla pyrittiin alun alkaen ratkaisemaan sähkön käytöstä aiheutuneita turvallisuusongelmia. Tätä tarkoitusta varten perustettiin kansainvälinen standardoimisjärjestö International Electrotechnical Commission (IEC) vuonna 1906. Muita kuin sähköön liittyviä standardeja laatimaan perustettiin vuonna 1926 International Federation of the National Standardizing Associations, jonka toiminta päättyi toisen maailmansodan aikana. Toiminta alkoi uudelleen vuonna 1946 nykyisellä nimellä International Standardization Organization (jäljempänä ISO). (Siirilä & Tytykoski 2016, 86.)

Yhteiseurooppalainen standardointitoiminta on järjestynyt myöhemmin kuin Yhdysvalloissa. Nykyään 34 Euroopan maan muodostama kansallisten standardointitahojen yhteisorganisaatio Comité Européen de Normalisation (jäljempänä CEN) perustettiin vuonna 1961, sähköalan standardeja laativa Comité Européen de Normalisation Électrotechnique (CENELEC) vuonna 1975, ja televiestintäalan European Telecommunications Standards Institute (ETSI) vuonna 1988. EU- ja EFTA-maiden lisäksi näissä järjestöissä on jäsenenä myös muita Euroopan maita, kuten Turkki ja Makedonia. (Siirilä & Tytykoski 2016, 86.)

Suomen kansallinen standardointitaho, Suomen Standardisoimisliitto SFS ry on perustettu jo vuonna 1926. Sen alkuperäinen tehtävä oli sähköalan kansallisten standardien laatiminen. SFS edustaa eurooppalaisessa ja kansainvälisessä standardointityössä Suomea sekä CEN:n että ISO:n jäsenenä. (Siirilä & Tytykoski 2016, 86.)

### 2.3 Yhdysvaltain lainsäädäntö ja standardit

Yhdysvalloissa liittovaltiotason työsuojelulaki on nimeltään Occupational Safety and Health Act, ja sen noudattamista valvoo työsuojeluhallinto OSHA. Työsuojeluhallinto julkaisee myös omia velvoittavia standardejaan. Langetettavat rangaistukset rikkomuksista ovat tuntuvia: Purpura (2008, 336) mainitsee esimerkkinä ovitehtaan, jossa useampien sormen amputointiin johtaneiden tapaturmien tutkimuksessa havaituista 37:stä sädösrikkomuksesta OSHA:n esittämä rangaistusvaatimus oli 1,1 miljoonaa Yhdysvaltain dollaria. OSHA:n valvonnassa vuonna 2019 havaituissa rikkomuksissa LOTO oli viidennellä sijalla sekä vakavien että tahallisten rikkomuksien tilastossa (Druley 2019).

Standardointijärjestö ANSI julkaisee Yhdysvalloissa American National Standard -standardisarjaa. McManuksen (2013, 455) mukaan ANSI on Pohjois-Amerikan, ja mahdollisesti maailman, ensimmäinen taho, joka on laatinut vaarallisen energian hallintaa koskevan konsensukseen perustuvan standardin. Sen tausta oli vuonna 1975 valimoteollisuuden käyttöön laaditussa konsensusstandardissa, jossa määriteltiin muun muassa potentiaalienergian vaikutuksien minimointiin viittaava käsite "Zero Mechanical State" (ZMS). Tästä johdettu käsite Zero Energy State viittaa kaikkien energiamuotojen vaikutuksen eristämiseen, jolloin saavutetaan niin sanottu nollaenergiatila. (McManus 2013, 345.)

Alkuperäinen LOTOTO-periaatteen kuvaava standardi on 1982 julkaistu yhdysvaltalainen konsensusstandardi ANSI Z244.1 - American National Standard for Personnel Protection – Lockout/Tagout of

Energy Sources – Minimum Safety Requirements. Siihen pohjautuu myös samalta aikakaudelta peräisin oleva velvoittava standardi OSHA 29 CFR 1910.147. The Control of Hazardous Energy (Lockout/Tagout), jonka nykyisin voimassa oleva versio on vuodelta 2011. Näistä viimeksi mainitun velvoittavan standardin voidaan kuitenkin sanoa sisällöltään kehittyneen edellä mainittua ANSI/ASSP:n standardia vähemmän vuosikymmenien aikana.

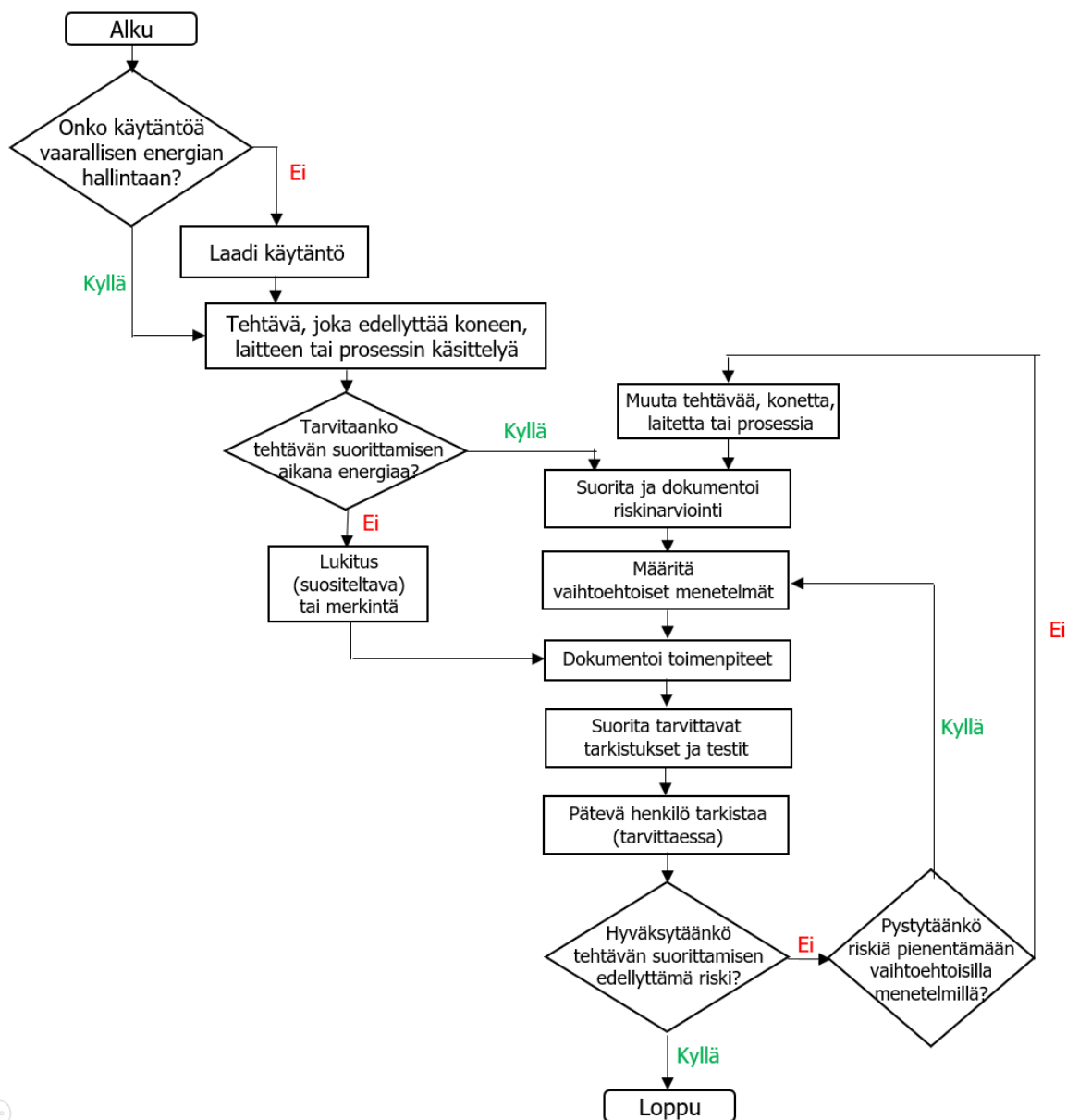
OSHA julkaisee myös erillisinä oppaina velvoittavien standardiensa sovellusohjeita. OSHA 29 CFR 1910.147 -standardia koskeva opas OSHA 3120 on yhdysvaltalaiseen tyyliin ryhmitelty kysymyksiksi, jotka kertovat, miten velvoittavaa standardia kyseisessä tapauksessa tulkitaan. Esimerkki tällaisesta kysymyksestä: "Miten toimitaan, jos työvuoro vaihtuu koneen huollon ollessa käynnissä?" (Occupational Safety and Health Administration 2002.)

McManuksen (2013, 477) mukaan Yhdysvaltain työsuojelukentällä ovat aiheuttaneet keskustelua tehtäväkohtaiseen riskinarviointiin pohjautuvat, niin sanotusti vaihtoehtoiset vaarallisen energian hallintamenetelmät (alternative methods), jotka ovat 2000-luvulla näkyneet myös ANSI/ASSP:n standardin nimessä. Tätä riskinarviointiin pohjautuvaa protokollaa voidaankin pitää nykyaikaisena suuntauksena vaarallisen energian hallinnassa.

Standardin Z244.1 uusimmassa, vuonna 2016 julkaistussa versiossa muun muassa sallitaan tiettyjen olosuhteiden vallitessa pelkkä energianlähteen merkitseminen (Tag Out) lukitsemisen (Lock Out) sijaan tai muu vaihtoehtoinen menetelmä, mikäli näin voidaan saavuttaa vaikutuksiltaan riittävä turvallisuustaso. OSHA:n velvoittavassa standardissa ainoa vaihtoehtoisen menetelmän salliva poikkeustilanne on normaalin tuotantokäytön aikana tehtävä pieni huoltotoimenpide, kuten työkalunvaihto tai säätö (OSHA 29 CFR 1910.147. The Control of Hazardous Energy (Lockout/Tagout) (a)(2)(ii)(B)). On kuitenkin huomioitava, että lukitus voi olla mahdotonta esimerkiksi, kun vaarallisen energian muoto on säteily tai lämpö. Edelleen lukitus on myös ANSI:n standardin mukaan pakollinen toimintatapa, mikäli dokumentoitu riskinarviointi puuttuu tai vaaroja ei tiedetä. Mikäli vaihtoehtoisilakaan toimintatavoilla ei riskiä saada hallittua hyväksyttävälle tasolle, on tehtävä tarvittavat muutokset koneeseen, prosessiin tai toimintatapaan. (ANSI/ASSP Z244.1-2016. American National Standard. The Control of Hazardous Energy. Lockout, Tagout and Alternative Methods 2016, 19–38.)

Edellä kuvattu periaate on kuvattu standardin ANSI/ASSP Z244.1-2016 vaarallisen energian hallinnan päätöksentekokaaviossa. Se on esitetty kuvassa 1.





KUVA 1. Vaarallisen energian hallinnan päätöksentekokaavio (ANSI/ASSP Z244.1-2016. American National Standard. The Control of Hazardous Energy. Lockout, Tagout and Alternative Methods 2016, 25; suomennokset kirjoittajan)

Vaihtoehtoisien menetelmien lisäksi huomattava ero standardien OSHA 29 CFR 1910.147 ja ANSI/ASSP Z244.1-2016 välillä on siinä, ketä standardin katsotaan koskevan. OSHA:n standarditekstissä sekä sen soveltamisohjeessa (OSHA 29 CFR 1910.147. The Control of Hazardous Energy (Lockout/Tagout) (a)(1)(i); Occupational Safety and Health Administration 2002, 3) todetaan standardin koskevan nimenomaisesti koneen tai laitteiston huoltoa ja kunnossapitoa, kun taas ANSI/ASSP:n standardin esipuheessa (ANSI/ASSP Z244.1-2016. American National Standard. The Control of Hazardous Energy. Lockout, Tagout and Alternative Methods 2016, 5) on kokonainen luku omistettu sille, kuinka erottelu normaalien tuotantotehtävien ja kunnossapidon välillä on keinotekoinen, ja vaarallisen energian hallintaa onkin tarkasteltava tehtäväkohtaisesti.

OSHA:n sivuilla on edelleen julkisesti nähtävänä näiden kahden standardointitahon välistä kirjeenvaihtoa lähes kahden vuosikymmenen takaa siitä, tulisiko ANSI/ASSP:n konsensukseen perustuvan stan-

dardin uudistukset huomioida myös valvojan viranomaisen lainsäädännöllisesti velvoittavassa standardissa (Occupational Safety and Health Administration 2004). Onpa aiheesta sittemmin kirjoitettu 320-sivuinen kirjakin, *The Battle for the Control of Hazardous Energy - The Tortuous Conflicts and Impacts of ANSI Z244.1 and OSHA's 29 CFR 1910.147* (Main 2016).

Mitä ilmeisimmin näillä ponnisteluilla on ollut vaikutusta, sillä toukokuussa 2019 OSHA julkaisi Yhdysvaltain valtionhallinnon virallisessa verkkolehdessä (Federal Register 2019) avoimen pyynnön lausuntojen jättämiseksi kahdesta asiasta, tavoitteenaan standardin 29 CFR 1910.147 uudistaminen:

- ohjauspiirityyppisten laitteiden käyttäminen vaarallisen energian hallintaan (perinteisen mekaanisen lukituksen asemesta)
- robottijärjestelmien vaarat ja mahdolliset turvallisuusjärjestelyt.

## 2.4 Ison-Britannian lainsäädäntö ja standardit

Euroopan Unionin jäsenmaana Isoa-Britanniaa koskivat EU-direktiivit ja niiden perusteella annetut kansalliset säädökset. Tämän opinnäytetyön kirjoitushetkellä Ison-Britannian Euroopan Unionista eroamisen siirtymäaika on vielä käynnissä, joten eron täsmälliset vaikutukset EU:ssa voimassa olevan lainsäädännön ja standardien soveltamiseen tai valvontakäytäntöihin Isossa-Britanniassa eivät ole vielä tiedossa.

Ison-Britannian työsuojelulaki on nimeltään Health and Safety at Work etc Act, ja sen valvonnasta vastaavan viranomaistahon, Health and Safety Executiven, asema vastaa Yhdysvaltojen OSHA:a. HSE julkaisee vastaavan ministeriön vahvistamia menettelyohjeita (Code of Practice) ja oppaita (Guidance), joiden tarkoitus on antaa käytännön ohjeita työsuojelulain vaatimuksien täyttämiseksi (Health and Safety Executive 2013a, 9–10). Menettelyohjeet eivät ole rinnastettavissa lakeihin, mutta niillä on erityisen velvoittava lainsäädännöllinen asema (emt. 10).

HSE pystyy määräämään valvontamaksuja, asettamaan käyttökieltoja ja korjausmääräyksiä sekä nostamaan syytteen valvonnassa havaitsemistaan vakavista rikkomuksista (Health and Safety Executive 2013a, 12–13). On huomattava, että HSE:n toimivalta ei sellaisenaan koske koko Isoa-Britanniaa: Skotlannissa HSE:n valvojan viranomaisen raportoimat työsuojelurikkomukset eivät suoraan johda tuomioistuinkäsittelyyn, vaan syytteen nostaa tarvittaessa paikallinen viranomainen (Health and Safety Executive 2013a, 7–8). Kuten Siirilä (2008, 35) toteaa, maiden valvonta- ja rangaistuskäytännöissä on eroja, mistä syystä Isossa-Britanniassa yrityksiä pystytään muun muassa tuomitsemaan merkittäviin sakkoihin jo määräyksiensä rikkomisesta, ei aiheutuneista tapaturmista, kuten Suomessa. Lisäksi langetetut seuraamukset julkaistaan avoimesti verkossa (emt. 35).

Isossa-Britanniassa ei ole lakia, joka asettaisi täsmällisen vaatimuksen noudattaa LOTOTO-käytäntöä energianlähteiden erottamisessa. Tiiviisti muotoillut energianlähteiden erottamista vaatimukset on esitetty koneiden ja laitteiden käyttöä koskevassa niin sanotussa PUWER-laissa (Price 2020). Laissa veloitetaan työnantaja huolehtimaan siitä, että jokainen työväline on varustettu tarkoituksenmukaisella välineellä, jolla laite pystytään erottamaan kaikista energiamuodoista (The Provision and Use of Work Equipment Regulations 1998, §19). Tarkoituksenmukaisen välineen on oltava selkeästi tunnistettavissa ja helposti saatavilla, eikä energianlähteiden takaisinkytkentä saa aiheuttaa riskiä työntekijän terveydelle tai turvallisuudelle (emt. §19).

HSE on antanut käytännön soveltamisohjeita PUWER-lain vaatimuksen täyttämiseksi. Oppaan Electricity at Work Regulations 1989. Guidance on Regulations kohta 12 antaa tulkintaohjeita energianlähteiden erottamiseen sekä ohjeita työlupakäytäntöihin ja muuhun dokumentaatioon, mutta opas keskittyy energiamuodoista vain sähköön (Health and Safety Executive 2015b, 33–37). HSE:n oppaassa Electricity at Work. Safe Working Practices mainitaan jo yhdysvaltalaisista LOTOTO-protokollista tutut henkilökohtaiset turvalukot, mutta varsinaisten lukituslaitteiden käyttöä vain suositellaan (Health and Safety Executive 2013b, 21). Erityisesti maanalaisien kaivoksien olosuhteet huomioiva HSE:n opas on Electrical Safety in Mines vuodelta 2015. Se on edellä mainituista oppaista tuorein, ja siinä turvalukituksia ja merkintöjä sekä vastuita koskevat ohjeet ovat jonkin verran edellä mainittuja yksityiskohtaisempia. Kiinnostava yksityiskohta HSE:n ohjeistuksessa on, että energianlähteiden erottamisen kontekstissa Yhdysvaltojen lainsäädännöstä maailmanlaajuiseen käyttöön levinneitä termejä LOTO(TO), lockout, tagout, tryout jne. niissä ei esiinny.

Huomionarvoista on, että Ison-Britannian mineraalialan toimialajärjestö Mineral Products Association (jäljempänä MPA) on julkaissut viimeksi kuluneen kahden vuoden aikana energianlähteiden erottamista koskevaa yksityiskohtaista ohjeistusta niin jäsenyrityksiensä työnantajan edustajien kuin yksittäisten työntekijöiden käyttöön (Price 2020). On kiinnostavaa, että HSE:n dokumentaatiosta poiketen MPA nimeää LOTOTO-periaatteen parhaaksi käytännöksi energianlähteiden erottamiseen, ja ohjeistus noudattaa hyvin läheisesti Yhdysvalloista tuttuja protokollia (Mineral Products Association 2019, 135–143; Mineral Products Association 2018, 7–17). Voidaan siis todeta, että yhdysvaltalaisesta lainsäädännöstä tuttu periaate ja täsmällisesti dokumentoitu toimintatapa on omaksuttu käytännössä sellaisenaan ainakin toimeksiantajan edustamalla teollisuuden toimialalla myös Isossa-Britanniassa.

## 2.5 Kanadan lainsäädäntö ja standardit

Kanadassa provinssit voivat säätää lakeja, ja Karimin, Burlet-Vienneyn, Chinniahin & Aucourtin (2019, 520) mukaan lainsäädäntö vaihtelee provinssien välillä. Lainsäädäntöä on kuitenkin tiukennettu ja tarkennettu aivan viime vuosina esimerkiksi Québecissa (emt. 520). Kyseisen provinssin ROHS-työsuojelulaissa viitataan nyt yksityiskohtaisesti LOTOTO-käytäntöön toteamalla muun muassa, että jokaisen vaara-alueelle menevän työntekijän on suoritettava energianlähteen lukitus omalla henkilökohtaisella lukollaan (Regulation respecting occupational health and safety, §188). Lakitekstissä mainitaan myös vaihtoehtoiset menetelmät vaarallisen energian hallitsemiseksi, kunhan saavutettu turvallisuuden taso vastaa turvalukitusta (emt. §188).

Vaarallisen energian hallintaa koskeva kanadalainen standardi on Standards Council of Canadian julkaisema CAN/CSA-Z460-05 (R2010) Control of hazardous energy - Lockout and other methods. Alkuperäinen standardi on julkaistu vuonna 2005, ja nykyinen versio on vahvistettu 2010. McManuksen (2013, 461–462) mukaan standardiin on otettu mukaan riskinarviointia koskevia piirteitä niin edellä mainitusta yhdysvaltalaisesta standardista ANSI/ASSP Z244.1 kuin riskinarviointia koskevasta harmonisoidusta kansainvälisestä standardista ISO 14121, ja hän kuvaileekin lähestymistapaa ”hybridiksi”. Tässäkin standardissa energiansyötön erottaminen lukituksen kanssa on pääasiallinen vaarallisen energian hallintakeino. Muiden keinojen (standardin nimessä mainitut ”other methods”) määrittely kytkeytyy kirjalliseen riskien arviointiin ja klassiseen tunnistettujen vaarojen hallintakeino-

jen hierarkiaan. Myös merkintä- ja ilmoitusmenetelmiä on kanadalaisessa standardissa esitetty monipuolisemmin kuin perinteisessä ”Tag Out” -protokollassa. (emt. 461–462.) Karimi ym. (2019, 520) mainitsevat, että kyseisen standardin noudattaminen on vapaaehtoista Kanadan provinseissa, mutta heidän mukaansa se edustaa työturvallisuusalan viimeisintä näkemystä vaarallisen energian hallinnasta.

Karimi ym. tutkivat 14:ää Québecin osavaltiossa toimivaa yritystä ja kartoittivat, miten laajalti niissä käytettiin ROHS-laissa ja CAN/CSA-Z460-05-standardissa määritettyjä vaihtoehtoisia menetelmiä, ja miten hyvin vaatimukset tunnettiin. Kävi ilmi, että kaikissa tutkituissa yrityksissä kyllä käytettiin vaihtoehtoisia menetelmiä, mutta suuressa osassa yrityksiä lainsäädännön ja standardin vaatimuksien ymmärrys oli puutteellista, ja ne täyttyivät vain osittain. Yleinen havainto oli, että kirjallinen riskinarviointi ja menettelyohje puuttui, vaikka vaihtoehtoista menetelmää käytettiin vaarallisen energian hallintaan energiamuodon lukituksen sijaan. (Karimi ym., 2019.)

## 2.6 Australian ja Uuden-Seelannin standardit

Australiassa ja Uudessa-Seelannissa odottamattoman käynnistymisen ehkäisemistä koskeva standardi on Standards Australian julkaisema AS/NZS 4024.1603:2019 Safety of machinery. Design of controls, interlocks and guards – Prevention of unexpected start-up. Alkuperäinen standardi on laadittu 1994, ja nykyinen, odottamattoman käynnistymisen estämistä koskevan kansainvälisen standardin ISO 14118:2017 kanssa yhdenmukaistettu versio on vuodelta 2019. Standardissa mainitaan erilaiset energiamuodot ja vaatimus energianlähteiden lukitsemisesta.

## 2.7 Suomen lainsäädäntö

Suomessa nykyään voimassa olevat koneturvallisuuden säädökset perustuvat Euroopan Unionin direktiiveihin. Direktiivi ei sellaisenaan ole voimassa EU-jäsenmaassa, vaikka maa on sen vahvistanut. Jokaisen maan on tuotava direktiivi osaksi lainsäädäntöään direktiivissä itsessään määritetyn ajan kuluessa. Suomessa tämä tapahtuu yleensä valtioneuvoston asetuksina. Direktiivit ja niihin pohjautuvat kansalliset säädökset ovat voimassa vain Euroopan talousalueella. (Siirilä & Tytykoski 2016, 27–29.)

Koneita ja työturvallisuutta koskevan lainsäädännön henki on, että siinä esitetään yleiset periaatteet ja tavoitteet. Alkujaan jo Euroopan talousyhteisön direktiivit olivat hyvin yksityiskohtaisia, mutta nykyään EU-maissa yksityiskohtaiset tekniset vaatimukset esitetään lakeja tarkentavissa asetuksissa.

Tämän opinnäytetyön viitekehyksen kannalta olennaisin direktiivi on 2006/42/EY, joka tunnetaan yleisesti nimellä konedirektiivi. Konedirektiivin alkuperäinen versio ja sitä vastaavat suomalaiset säädökset ovat olleet voimassa Suomessa vuodesta 1994. Lisäksi on olemassa niin sanottuja työolosuhdedirektiivejä, jotka koskevat työnantajia ja määrittävät, millaiset olosuhteet työpaikoilla on vähintään oltava.

Keskeisimmät työnantajia velvoittavat lait ovat puolestaan työturvallisuuslaki ja laki eräiden teknisten laitteiden vaatimustenmukaisuudesta eli konelaki. Näitä tarkentavia asetuksia ovat käyttöasetus (Valtioneuvoston asetus 403/2008) ja koneasetus (Valtioneuvoston asetus 400/2008), joista jälkimmäinen on edellä mainitun konedirektiivin 29.12.2009 voimaan saattanut asetus. Näistä kahdesta

laajempi puolestaan on käyttöasetus, joka koskee koneiden lisäksi kaikkia työntekoon käytettäviä välineitä puukosta kaivinkoneeseen. Yleisesti voidaan todeta, että konelaki ja -asetus koskevat ensisijaisesti koneiden valmistajia, ja työturvallisuuslaki ja käyttöasetus niiden käyttäjää eli työnantajaa.

Työturvallisuuslaissa määritetään niin sanottu työnantajan yleinen huolehtimisvelvoite työntekijöistään. Sen mukaan työnantajan on

- estettävä vaara- ja haittatekijöiden syntyminen
- poistettava vaara- ja haittatekijät tai korvattava ne vähemmän vaarallisilla tai haitallisilla
- toteutettava yleisesti vaikuttavat työsuojelulliset toimenpiteet ennen yksilöllisiä
- huomioitava tekniikan ja muiden keinojen kehittyminen.

(Työturvallisuuslaki 738/2002, 8 §.)

Työturvallisuuslaissa on useita veloitteita, jotka koskevat esimerkiksi koneiden säännöstenmukaisuutta, suojalaitteita, vaara-alueille pääsyä tai vaaran aiheutumista normaalista tuotantokäytöstä poikkeavissa tilanteissa. Laissa todetaan muun muassa, että

- työnantajan on huolehdittava koneiden oikeasta asennuksesta sekä tarpeellisista suojalaitteista ja merkinnöistä
- koneiden käyttö ei saa aiheuttaa haittaa tai vaaraa niillä työskenteleville omille tai ulkopuolisille työntekijöille
- pääsyä koneen vaara-alueelle on rajoitettava sen rakenteen, sijoituksen, suojusten tai turvalaitteiden avulla tai muulla sopivalla tavalla
- huolto-, säätö-, korjaus-, puhdistus-, häiriö- ja poikkeustilanteisiin on varauduttava niin, etteivät ne aiheuta vaaraa tai haittaa työntekijän turvallisuudelle tai terveydelle.

(Työturvallisuuslaki 738/2002, 41 §.)

Konelaki puolestaan lausuu, että valmistajan tulee suunnitella ja valmistaa tekninen laite rakenteiltaan, varusteiltaan ja muilta ominaisuuksiltaan sellaiseksi, että se soveltuu tarkoitettuun käyttöön eikä aiheuta tapaturman vaaraa tai haittaa terveydelle (Laki eräiden teknisten laitteiden vaatimustenmukaisuudesta 1016/2004, 1 §).

Siirilä ja Tytykoski (2016, 73) toteavat, että työnantajan velvollisuutena on varmistaa, että hankittavat koneet pysyvät kunnossa ja turvallisina koko niiden käyttöiän. Käytäntö on kuitenkin osoittanut, että uudenkaan koneen turvallisuus ei välttämättä täytä säädöksiä, vaikka kone olisi CE-merkitty ja valmistajan EY-vaatimustenmukaisuusvakuutuksella varustettu. Mitä vanhempi laite on kyseessä, sitä enemmän teknisiä ja rakenteellisia puutteita niistä löytyy nykyvaatimuksiin nähden.

Toimeksiantajan tuotantolaitos on tästä tyyppiesimerkki, sillä prosessilaitteistosta löytyy runsaasti 70- ja 80-luvun konekantaa sekä aivan viime vuosina asennettuja konelinjoja. Tähän liittyen onkin huomioitava etenkin työturvallisuuslain periaate turvallisuuden jatkuvasta parantamisesta. Työnantaja ei siis voi tyytyä 70-luvun vaatimustasoon koneturvallisuudessa, jonka piiriin myös vaarallisten energiamuotojen hallinta kuuluu.

Edellä kuvatun haasteen kohtaamiseksi työnantajien on sekä työturvallisuuslain että käyttöasetuksen vaatimuksien nojalla suoritettava kaikkien koneiden koko elinkaaren ajan vaarojen tunnistamista, vaaroista aiheutuvien riskien arviointia että liian suuriksi arvioitujen riskien pienentämistä, riippumatta koneen asennus- tai käyttöönottoajankohdasta. Tässä puolestaan on huomioitava, että koneen käyttöön katsotaan kuuluvan normaalin tuotantokäytön lisäksi myös huollot, korjaukset ja häiriöiden poisto. (Siirilä & Tytykoski 2016, 74.) Kaikki ne ovat tilanteita, joissa energianlähteistä erottaminen ja vaarallisten energiamuotojen hallinta tulee kysymykseen.

Suomessa työelämän lainsäädännön toteutumista työpaikoilla valvoo aluehallintovirasto (jäljempänä AVI). Työsuojeluvalvonnasta vastaa AVI:n työsuojeluviranomainen, jonka toimintaa puolestaan ohjaa sosiaali- ja terveysministeriö (Työsuojelu.fi 2020). Vuonna 2003 rikoslakiin tehdyn muutoksen seurauksena nykyään myös yritys, eikä ainoastaan fyysinen henkilö, voidaan tuomita sakkorangaistukseen työturvallisuusrikoksesta (Siirilä 2008, 34).

## 2.8 Eurooppalaiset standardit

Yhdenmukaistetut eli harmonisoidut eurooppalaiset EN-standardit kytkeytyvät edellä kuvattuihin Euroopan Unionin direktiiveihin, lakeihin ja asetuksiin siten, että direktiivit esittävät yleiset periaatteet ja tavoitteet, ja yksityiskohtaiset tekniset turvallisuusvaatimukset esitetään eurooppalaisissa EN-standardeissa (Siirilä & Tytykoski 2016, 87). Siirilä (2008, 25) toteaa, että vaikka standardit eivät muodollisesti olekaan velvoittavia Euroopan Unionissa, ne ovat käytännössä tärkeitä. Ne ovat huomattavasti direktiivejä yksityiskohtaisempia ja kuvaavat aina kehittyvää tekniikan nykytasoa, jonka mukainen koneturvallisuuden on direktiivien mukaan oltava.

Jos esimerkiksi kone tai sen ominaisuus (esimerkiksi syötönerotus- eli turvakytkin, hätäpysäytin tai konesuoja) täyttää kaikki sitä koskevat yhdenmukaistetun standardin vaatimukset, sen voidaan olettaa täyttävän myös konedirektiivin vastaavat vaatimukset eli syntyy vaatimustenmukaisuusolettama (Siirilä & Tytykoski 2016, 109). Standardit ovatkin lähtökohtaisesti yksityiskohtaisia tarkennuksia direktiivien yleisluonteisiin periaatteisiin ja luonteeltaan opastavia, eivät sinällään velvoittavia. Standardista poikkeava toteutus ei kuitenkaan saa turvallisuudeltaan poiketa direktiivin, lain ja asetuksen vaatimuksista. Koneturvallisuuden osalta voidaankin siis todeta, että jos kone rakennetaan tai varustetaan sitä koskevien, voimassa olevien yhdenmukaistettujen standardien mukaiseksi, voidaan olla varmoja, että se täyttää direktiivissä tarkoitetut olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset.

Nykyään standardointityön tavoitteena on, että standardi vahvistetaan samanaikaisesti sekä kansainväliseksi ISO- että eurooppalaiseksi EN-standardiksi. ISO-standardeja julkaisee kansainvälinen standardointijärjestö International Organization for Standardization. Sen jäseniä ovat kansalliset standardointijärjestöt, kuten Suomen Standardisoimisliitto SFS. Jos nämä kaikki kolme tahoa vahvistavat standardin samansisältöisenä, se saa kirjaintunnuksen SFS-EN ISO (Siirilä & Tytykoski 2016, 91).

On huomioitava, että koneen riittävän turvallisuuden varmistamiseksi on lisäksi suoritettava riskien arviointia koko koneen elinkaaren ajan aina suunnittelusta alkaen, ja kaikkien käyttötilanteiden osalta. Sen vuoksi tässäkin opinnäytetyössä kartoitettujen prosessin osien tai yksittäisien prosessi-

laitteiden riskien arviointi voi myöhempänä ajankohtana johtaa päätelmään, että koneen odottamaton käynnistyminen on estettävä jollakin toisella menetelmällä kuin energianeristys suunnitelmassa on todettu. Juuri tästä syystä jatkuva riskien arviointi on merkityksellistä, sillä se huomioi olosuhteiden muutokset ja mahdolliset puutteet vaarojen tunnistamisessa.

### 2.8.1 Riskien arviointia koskeva standardi

Riskien arvioinnin periaatteet ja määritelmät on kuvattu eurooppalaisen standardin suomenkielisessä versiossa SFS-EN ISO 12100 Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen. Siinä todetaan vaarallisen energian vaikutuksen erottamisesta muun muassa seuraavaa:

Kone on varustettava teknisillä välineillä, joiden avulla kone saadaan erotettua tehonsyötöstä (-syötöistä) ja varastoitu energia saadaan purettua seuraavien toimien tuloksena:

- a) koneen (tai koneen määriteltyjen osien) erottaminen (irtikytkeminen, erotus) kaikista tehonsyötöistä
- b) kaikkien erotusyksiköiden lukitseminen (tai muulla tavalla varmistaminen) erotusasentoon
- c) kaiken sellaisen varastoituneen energian, joka voi aiheuttaa vaaraa, purkamisen tai, jos se ei ole mahdollista, pidättäminen (sisällä pitäminen)
- d) turvallisia työmenetelmiä käyttäen sen todentaminen, että kaikki luetelmakohtien a), b) ja c) mukaisesti suoritettavat toimet ovat tuottaneet toivotun tuloksen.

(SFS-EN ISO 12100. Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen, 92.)

Käytännön soveltamisohjeita ja työkaluja koneiden riskien arviointiin on annettu teknisessä raportissa SFS-ISO/TR 14121-2. Koneturvallisuus. Riskin arviointi. Osa 2: Käytännön opastusta ja esimerkkejä menetelmistä. Raportilla on Suomessa kansallisen standardin status. Siinä viitataan energiansyötön erottamiseen ja varastoituneen energian purkamiseen riskien pienentämiseen tarkoitettuja toimenpiteitä koskevassa osiossa:

Koneen tarkoitettu käyttö ja kohtuudella ennakoitavissa oleva väärinkäyttö saattavat edellyttää täydentävien suojaustoimenpiteiden tai riskin pienentämistoimenpiteiden toteuttamista, jotta riskiä voidaan pienentää lisää. (– –) Esimerkki täydentävistä suojaustoimenpiteistä tai riskin pienentämistoimenpiteistä, joilla on suurin vaikutus altistumiseen, ovat erottamisen ja energian purkamisen toimenpiteet (esim. sulkuventtiilit tai syötönerotuskytkimet, lukintalaitteet, liikkeen estävät mekaaniset esteet).

(SFS-ISO/TR 14121-2. Koneturvallisuus. Riskin arviointi. Osa 2: Käytännön opastusta ja esimerkkejä menetelmistä, 46.)

### 2.8.2 Odottamattoman käynnistystä koskeva standardi

Koneiden odottamattoman käynnistykseen estämistä koskevan eurooppalaisen standardin suomenkielinen versio on SFS-EN ISO 14118:2018 Koneturvallisuus. Odottamattoman käynnistykseen estäminen. Standardia ei ole kirjoitettu yhtä yksityiskohtaiseksi tai näkökulmaltaan koneen käyttäjän toimintaa ohjaavaksi kuin yhdysvaltalaiset vastineensa, vaan siinä lähtökohta on nimenomaan riskien

arvioinnissa. Standardissa määritellään vaarallisesta energiasta erottaminen, erotuslaitteen lukitseminen, järjestelmään varastoituneen energian purkaminen ja varmistuksen suorittaminen eli LOTOTO-periaate seuraavasti:

[T]oiminta, joka käsittää seuraavat neljä toimenpidettä:

- a) koneen (tai koneen tietyn osan) erottaminen [irrottaminen, eristäminen] kaikista energianlähteistä
- b) tarvittaessa (esim. jos käyttäjä ei pysty jokaisesta sijaintipaikastaan tarkastamaan että tehonsyöttö on katkaistu) kaikkien erotuslaitteiden lukitseminen (tai muulla tavalla varmistaminen) erotusasennoon
- c) varastoituneen energian purkaminen tai sen aikaan saamien toimintojen estäminen [energian pidättäminen], jos energiasta voi aiheutua vaaraa.(– –)
- d) varmistaminen turvallisia työmenetelmiä (esim. mittauksia) käyttäen, että kohtien a), b) ja c) mukaisesti toteutetut toimenpiteet ovat johtaneet haluttuun tulokseen.

(SFS-EN ISO 14118:208 Koneturvallisuus. Odottamattoman käynnistyksen estäminen, 8.)

Lisäksi todetaan energianerotuslaitteiden lukitsemisesta muun muassa seuraavaa:

Erotuslaitteet on voitava lukita tai muulla tavalla varmistaa pysymään "erotusasennossa". (– –) Lukintalaitteisiin voi kuulua yksi tai useampia seuraavista, mutta ei rajoittuen niihin:

- laitteita, jotka on mahdollista lukita yhdellä tai useammalla riippulukolla
- henkilökohtaisen avaimen (avainten) käyttäminen, joka irrotetaan siirtoavaimella varustetusta toimintaankytkentälaitteesta ja jotka henkilö(t) säilyttää vaarallisen tapahtuman estämiseksi, esim. odottamaton käynnistyminen. (– –)

(SFS-EN ISO 14118:208 Koneturvallisuus. Odottamattoman käynnistyksen estäminen, 10–11.)

Lisäksi todetaan potentiaalienergian purkamisesta ja pidättämisestä seuraavaa:

On oltava keinot varastoituneen energian purkamiseksi tai pidättämiseksi, jos varastoituneesta energiasta voi aiheutua vaaraa. (– –) Jos varastoituneen energian purkaminen vähentäisi olennaisesti koneen käyttömahdollisuuksia, on oltava keinot, joilla jäljellä oleva varastoitunut energia pidätetään luotettavalla tavalla. (– –) Energian pidättämiseen tarkoitetut laitteet on tarvittaessa voitava lukita tai muulla tavalla varmistaa.

(SFS-EN ISO 14118:208 Koneturvallisuus. Odottamattoman käynnistyksen estäminen, 11.)

Kytkeä aiemmin kuvattuun riskien arviointiin, joka puolestaan kytkeytyy työnantajaa velvoittavaan lainsäädäntöön, on tiivistetty odottamattoman käynnistyksen estämisen standardiin seuraavasti:

"Odottamattoman käynnistymisen estämiseen vaadittavien toimenpiteiden tunnistamiseksi on suoritettava standardin ISO 12100 mukainen riskin arviointi." (SFS-EN ISO 14118:208 Koneturvallisuus. Odottamattoman käynnistyksen estäminen, 8).



Myös tämä eurooppalainen standardi mainitsee energian erottamisen, purkamisen ja lukintalaitteiden käyttämisen vaihtoehtona "muut menetelmät" odottamattoman käynnistymisen estämiseksi. Niitä voivat olla esimerkiksi käynnistyselimien itsensä lukitseminen, ohjelmoitavan ohjausjärjestelmän salasanasuojaus tai turvallisuuteen liittyviin ohjausjärjestelmän osiin vaikuttavat suojalaitteet, kuten vaaravyöhykkeellä oleskelun tunnistus- ja kuittausjärjestelmät. Menetelmän valinnan tulee aina pohjautua riskinarviointiin ja siinä pitää huomioida esimerkiksi vaara-alueella oleskelun kesto ja tarkoitus. Hätäpysäytys ei kuitenkaan kuulu näihin "muihin" menetelmiin, vaan se on nimensä mukaisesti tarkoitettu hätätilanteita varten. (SFS-EN ISO 14118:208 Koneturvallisuus. Odottamattoman käynnistyneen estäminen, 12–14.)

### 3 TOIMEKSIANTAJAN OHJEISTUS

#### 3.1 Toimeksiantajan sisäinen standardi ja kampanjamateriaali

Toimeksiantajan energianeristysuunnitelmat laadittiin kaikilla tehtailla kampanjana, joten siihen oli saatavilla yhtiön oma globaali ohjeistus. Lisäksi ennen projektin aloittamista järjestettiin koulutustilaisuus, jossa toimeksiantajan vaatimukset ja toteutusvaiheen käytännöt käytiin läpi. Toimeksiantajalla on oma energianlähteiden erottamista koskeva sisäinen standardinsa, jonka noudattaminen on pakollista kaikissa konsernin tuotantolaitoksissa. Se koskee kaikkia omia työntekijöitä, urakoitsijoita ja vierailijoita. Lisäksi energianlähteiden erottaminen ja lukitseminen annetun ohjeistuksen mukaisesti on yksi toimeksiantajan niin sanotuista turvallisuuden pelisäännöistä, jotka koskevat kaikkia tuotantoalueilla työskenteleviä ja joiden noudattamista valvotaan.

Energianeristystä koskeva toimeksiantajan sisäinen standardi GR-HSS-0966 noudattelee Yhdysvalloissa kehitettyä, lakisääteisesti velvoittavaa LOTOTO-protokollaa. Nämä toimintatavat on hyvin täsmällisesti kirjattu esimerkiksi aiemmin viitattuihin yhdysvaltalaisiin standardeihin OSHA 29 CFR 1910.147 ja ANSI/ASSP Z244.1 sekä kanadalaiseen ROHS-lakiin ja standardiin CAN/CSA-Z460-05 (R2010). Toimeksiantajan sisäisen standardin sisältöä on jossain määrin tiivistetty edellä mainituista viitemateriaaleista. Koska eurooppalainen standardi SFS-EN ISO 14118:208 ei anna yhtä yksityiskohtaisia toimintaohjeita vaarallisen energian erottamiseen ja lukitsemiseen kuin pohjoisamerikkalaiset vastineensa, voidaan todeta yhtiön ohjeistuksen noudattavan myös sitä. Vaihtoehtoisten menetelmien käyttö dokumentoituine riskinarviointeineen toteutetaan yhtiön kirjallisen riskinarviointi- ja lupamenettelyn muodossa.

##### 3.1.1 Toimeksiantajan sisäisen standardin vaatimukset

Toimeksiantajan sisäisen standardin GR-HSS-0966 energianeristystä koskevat määritelmät on esitetty taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Toimeksiantajan sisäisen standardin määritelmät (Sibelco 2019b, 1)

Pätevä henkilö	Tehdaspäällikön nimeämä henkilö, joka on koulutuksella ja työkokemuksella saanut tarvittavan osaamisen suorittaakseen tässä standardissa määritetyjä työtehtäviä.
Energian vapauttaminen	Jäännösenergian poistaminen ja eristäminen laitteesta, jossa työtä tehdään. Energiamuotoja ovat muun muassa liike-energia, paine, sähkö, lämpö ja kemikaalit.
Toimiva energianeristys	Energianlähteen eristäminen, lukitseminen ja merkitseminen sekä eristyksen toteaminen toimivaksi koekäynnistyksellä.
Energianeristys	Laitteen tai piirin erottaminen energianlähteistä.

Energianeristysuunnitelma	Pätevän henkilön laatima kirjallinen suunnitelma jokaiselle koneelle ja prosessin osalle, joissa esiintyy hallitsemattoman energian vapautumisen vaara.
Henkilökohtainen lukko	Henkilön omaan käyttöön annettu riippulukko, johon on yksi avain.

Energianlähteiden erottamisesta standardissa esitetään muun muassa seuraavia vaatimuksia (Sibelco 2019b, 2):

- Koneilla tai prosessin osissa ei saa tehdä töitä, ellei kaikille energianlähteille ole tehty toimivaa energianeristystä ja lukittu energianeristysuunnitelman tai käynnistyskuntoisella koneella tehtäviä töitä koskevan ohjeen mukaisesti.
- Jos energianeristäminen ei ole mahdollista paikallisesti, eristys on toteutettava seuraavassa lukittavissa olevassa pisteessä riippumatta siitä, mikä vaikutus sillä on muihin laitteisiin tai tehtaan toimintoihin. Jos sopivaa eristyskohtaa ei löydetä, eristys tehdään viime kädessä tehtaan sähkönsyötön pääkatkaisijalle.
- Jokaisen tehtaan on laadittava energianeristysuunnitelmat jokaiselle koneelle ja prosessin osalle, joissa esiintyy hallitsemattoman energian vapautumisen vaara. Energianeristysuunnitelma on testattava ja testaus on vahvistettava allekirjoituksella.
- Energianeristysuunnitelmasta on käytävä ilmi
  - energian lähteet
  - energianeristyspisteet
  - kunkin energianeristyspisteen lukitsemismenetelmä
  - merkintätavat
  - koekäynnistys tai muu testaustapa, jolla varmistetaan toimiva energianeristys.
- Jokaisessa laitteessa on oltava yksilöllinen tunniste.
- Pätevän henkilön on suoritettava energianeristys.
- Jokaisen koneelle menevän henkilön on osallistuttava energianeristykseen omalla lukollaan energianeristysuunnitelman mukaisesti.

Käynnistyskuntoisella koneella tehtävistä töistä standardissa lausutaan muun muassa seuraavaa (Sibelco 2019b, 2):

- Kalibroinnin, testauksen, tarkastuksen, kunnossapitotöiden ja näytteenoton kyseessä ollessa voi olla tarpeen tehdä töitä, vaikka koneen energiansyöttö on kytkettyä. Tällöin pätevän henkilön on suoritettava riskinarviointi, joka tehdaspäällikön on hyväksyttävä. Tällöin on oltava kiistatonta, että
  - vaihtoehtoista tapaa suorittaa tehtävää ei ole
  - testauksen aikana paikalla on valvonta
  - ennen työn aloittamista on tehty viime hetken riskinarviointi.

Energianeristysten vaiheiden vaatimuksista standardissa todetaan seuraavasti (Sibelco 2019b, 3):

- Kullakin energianeristykseen osallistuvalla henkilöllä on oltava oma, henkilökohtainen riippulukko. Vain henkilöllä itsellään saa olla hallussaan avain kyseiseen lukkoon.
- Jokainen energianeristykseen osallistuva henkilö lukitsee energianerotuslaitteen omalla lukullaan.
- Jokaisella tehtaalla on määritettävä kirjallinen ohje lukituksen jatkamiseen vuoronvaihtojen yli. Energianeristysten on säilyttävä.
- Jos henkilö ei ole paikalla poistamassa henkilökohtaista lukkoaan työn valmistuttua, lukon saa poistaa vasta, kun energianeristysten suorittava pätevä henkilö on arvioinut lukon poistamisesta aiheutuvan riskin. Henkilön poissaolo on varmistettava, mieluiten ottamalla yhteys häneen.
- Energianeristyslaitteisiin on kiinnitettävä merkintä, josta käy ilmi
  - kone tai prosessin osa, jossa työtä tehdään
  - energianeristyksestä vastaava pätevä henkilö
  - henkilöt, joiden henkilökohtaiset lukot on kiinnitetty energianeristyslaitteeseen.
- Energianeristysten toimivuus on aina varmistettava koekäynnistyksellä ennen töiden aloittamista. Käsiajotilaa on käytettävä.

### 3.1.2 Toimeksiantajan kampanjamateriaalin vaatimukset

Toimeksiantajan energianeristyskampanja oli jaettu työvaiheisiin seuraavasti (Sibelco 2019a, 2):

- LOTO-tiimin muodostaminen. Tiimi on tehdaskohtainen, ja siinä on mukana toimihenkilö- ja työntekijätason edustajia tuotannosta, kunnossapidosta, työturvallisuusorganisaatiosta ja suunnitteluorganisaatiosta.
- Jokainen yksittäinen energianeristyslaite, kuten turvakytin, venttiili tai mekaaninen salpa on merkittävä. Lisäksi jokaisessa prosessilaitteessa on oltava selkeä laitepaikkatunnus. Tämä siksi, ettei energianeristystä tehdessä olisi epäselvyyttä, mihin laitteeseen tai energian esiintymismuotoon vaikutetaan.
- Toimipaikkaan on hankittava tarvittavat lukitusapuvälineet, jotta jokainen eri tyyppinen energianeristyspiste on mahdollista lukita.
- Laaditaan laitekohtaiset energianeristysuunnitelmat.
- Koulutetaan henkilöstöä.

Lisäksi oli annettu ohjeita sekä tuotannon työntekijöille, esimiehille että tehdaspäälliköille, mitä vaarallisen energian erottaminen heidän kohdallaan tarkoittaa, ja mitkä olivat kunkin vastuut ja velvollisuudet. Oikeiden toimintamallien vahvistamiseen kannustettiin kaikilla hierarkian tasoilla.

### 3.2 Toimeksiantajan vaatimukset dokumentoinnista

Toimeksiantajan energianeristyskampanjan dokumentaatioissa oli tarkasti määritetty, miten energianeristysuunnitelma viestitään käyttäjille eli työntekijöille. Tätä varten oli laadittu ohjeistus laitepaikkojen merkintäkäytännöistä valokuvien varustetuilla esimerkeillä. Lisäksi oli annettu käyttöön yhteinen Excel-tiedostopohja laitekohtaisen energianeristysuunnitelman dokumentointia varten.

Energianeristysuunnitelmasta tuli käydä ilmi muun muassa seuraavat seikat:

- piiriin tai osaston nimi
- laitteen tyyppi
- laitepaikka
- lukittavien erotuspisteiden lukumäärä
- esiintyvät vaarat
- valokuvat, joista erotuspisteiden sijainti käy ilmi
- valokuva jokaisesta erotuspisteestä lukittuna tarvittavalla lukituslaitteella
- energianerotus- ja lukitustapa
- menetelmä, jolla energianerotuksen onnistuminen todetaan.

Energianeristysuunnitelmien dokumentaatio vastasi rakenteeltaan standardissa ANSI/ASSP Z244.1-2016 annettuja esimerkkejä (ANSI/ASSP Z244.1-2016. American National Standard. The Control of Hazardous Energy. Lockout, Tagout and Alternative Methods 2016, 72–75). Kuvassa 2 on MPA:n esimerkki energianeristysuunnitelmasta, joka muistuttaa toimeksiantajan lomakepohjaa.

LOCKOUT-TAGOUT PROCEDURE		Developed by:	Revised by:	Revised by:	
OSHA CFR 1910.147		RA	RA		
Description: Air Compressor #1		Equipment #: 182038			
Location: South Utility Building		Rev: 0	Date: N/A	Origin Date: 1/1/2017	
Area: Utilities					
<b>5</b> Isolation Points to be Locked and Tagged		<b>NOTE</b> Only shut down Air Compressor #1 when Air Compressor #2 is fully operational. Shutting down both compressors will affect facility operations.			
NEXT REVIEW DATE: JAN 2018		NEXT REVIEW DATE: JAN 2019		NEXT REVIEW DATE: JAN 2020	
NEXT REVIEW DATE: JAN 2021					
South Side View		North Side View		West Side View	
<b>ALWAYS PERFORM A MACHINE STOP BEFORE LOCKING OUT DISCONNECTS</b>					
ID	Source	Device	Location	Method	Check
1	Electrical 440V	Panel	Isolation point located on MCC-47274M.	Move electrical disconnect "Air Compressor #1" to off. Lock out.	Attempt restart at CP-1.
2	Electrical 480V	Panel	Isolation point on North side of unit.	Move electrical disconnect to off. Lock out.	Attempt restart at CP-1.
3	Pneumatic Duffel - 120 PSI	Gate device	Isolation point located above unit.	Turn valve to closed position. Lock out. Open bleed valve.	Visually verify zero pressure status.
4	Cooling Water Inlet - 40 PSI	Gate device	Isolation point on North side of unit.	Turn valve to closed position. Lock out.	Visually verify zero pressure status.
5	Cooling Water Inlet - 40 PSI	Gate device	Isolation point on North side of unit.	Turn valve to closed position. Lock out.	Visually verify zero pressure status.
	Thermal Energy 300 F		Be sure to wait until heat has dissipated from machine until cool to touch before servicing. Wear proper PPE before beginning work.		
	Kinetic Energy 600 RPM		Be sure to wait until all moving parts have come to a complete stop. If necessary, use a block or chain to prevent equipment from moving while servicing.		
<b>OPENING A GUARD DOES NOT CONSTITUTE A LOCKOUT</b> <small>Any machine modifications must be done in accordance with safety equipment to update procedures.</small>					
<b>Safety Is Your Responsibility!</b>					
LOT0 - Air Compressor Example.xlsx					

KUVA 2. Esimerkki energianeristysuunnitelmasta (Mineral Products Association 2019, 103)

Energianeristysuunnitelman dokumentoinnissa tärkeimpiä huomioitavia seikkoja McManuksen mukaan on esitetty taulukossa 2. Myös nämä pyrittiin ottamaan huomioon energianeristysuunnitelmien muotoilussa.

TAULUKKO 2. Tärkeimmät huomioitavat seikat toimintaohjeiden kirjoittamisessa (McManus 2013, 353)

<b>Huomioitava seikka</b>	<b>Kommentti</b>
Yksiselitteiset merkinnät	Laitteet on merkittävä yksiselitteisesti. Komponenttiin on aina viitattava samalla termillä. Samassa piirissä olevat komponentit tunnistetaan värikoodauksen avulla.
Luettavuus ja ymmärrettävyys	Käytä ohjeissa ytimekästä kieltä. Toista sama asia samassa muodossa yhdenmukaisuuden vuoksi.
Tyyli	Käytä käskymuotoa: tee tämä tälle, joka sijaitsee tässä, jotta tapahtuu tämä.

### 3.3 Toimeksiantajan riskinarviointikäytännöt

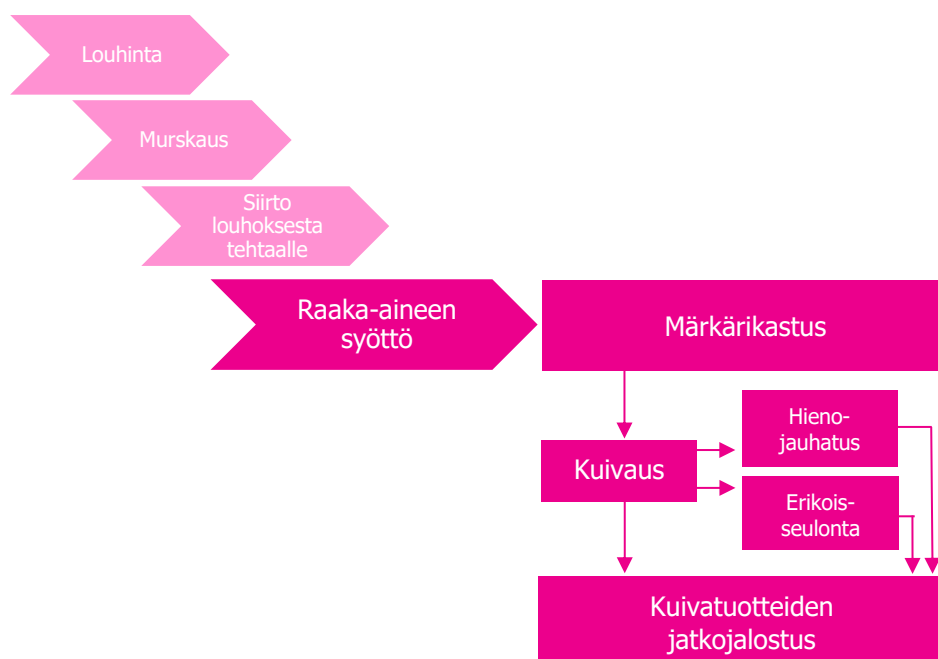
Toimeksiantajalla on käytössä moniportainen riskinarviointikäytäntö, joka muodostaa viitekehyksen myös vaarallisen energian erottamisen toteuttamiselle. Tuotantolaitoskohtaisessa riskirekisterissä on määritelty toimintaan liittyvät riskit yleisellä tasolla esimerkiksi osastoittain ryhmiteltynä. Riskirekisteri on tallennettu sähköiseen tietokantaan. Suurimpia riskejä tai useita riskejä sisältäville töille on määritetty kirjallinen turvallisen työskentelyn työohje (Safe Operating Procedure, SOP), johon kirjaan riskimatriisia apua käyttäen määritelty jäännösriski kolmiportaisella asteikolla sekä täsmälliset riskinhallintakeinot erikseen jokaiselle työvaiheelle. Normaaleista, vähäisen riskin rutiinitehtävistä poikkeavista töistä täytetään ennen työn aloittamista vakiomuotoinen, kaikilla toimeksiantajan tuotantolaitoksilla samanmuotoisena käytössä oleva kirjallinen viime hetken riskinarviointilomake, jossa käydään läpi eri kategorioihin ryhmitellyt riskit. Mikäli työssä esiintyy jokin riski, sen hallintakeino kirjataan riskinarviointilomakkeeseen. Mikäli riski ei ole hallittavissa, työtä ei aloiteta.

Lisäksi samalla lomakkeella todetaan, onko kyseessä vaarallisuuden tai lakisääteisten vaatimuksien vuoksi esimiehen kirjallista työlupaa edellyttävä työ. Tällaisia luvanvaraisia töitä ovat esimerkiksi tietyt sähkötyöt, tulityöt ja suljetun paikan työt. Riskinarviointi- ja työlupakäytännöt koskevat oman henkilöstön lisäksi urakoitsijoita. Yhtymäkohdat toimeksiantajan kirjallisten riskinarviointikäytäntöjen sekä vaarallisen energian erottamista koskevien uudenaikaisien standardien välillä ovat selvästi nähtävissä.

## 4 TOTEUTUS

### 4.1 Prosessin ryhmittely

Toimeksiantajan Nilsin laitoksen tuotantoprosessi voidaan luokitella karkeasti kuvassa 3 esitetyn kaavion mukaisesti. Louhinnasta, murskauksesta ja raaka-aineen siirrosta louhoksista tehtaalle vastaa urakoitsija, joten nämä tuotantovaiheet eivät sisältyneet energianeristyskampanjaan eivätkä siten tähän opinnäytetyöhön. Raaka-aine syötetään rikastamoon, josta rikaste lopputuotteen niin edellyttäessä kuivataan, jauhetaan, seulotaan, lisäaineistetaan ja pakataan. Nuolet pyrkivät ilmaisemaan materiaalivirtojen mahdollisia suuntia. Selvyden vuoksi tästä kaaviosta on jätetty varastointivaiheiden ja materiaalinsiirtojen lähempi tarkastelu pois.



KUVA 3. Tuotantoprosessin päävaiheet

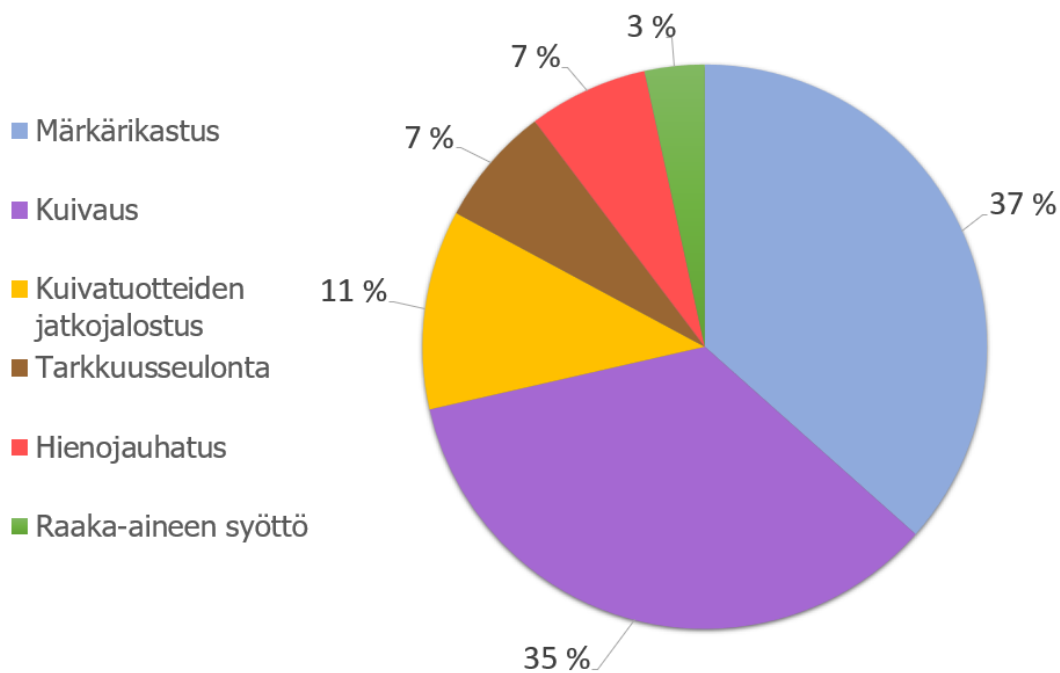
Nilsin tuotantolaitoksen prosessin hahmottamiseksi sitä voidaan tarkastella myös piireinä. Tätä jakoa käytetään useissa yhteyksissä myös tehtaalla. Näin pystyttiin tarkastelemaan lähemmin, miten prosessi on mahdollista ohjata etenemään piirien välillä. Piirit muodostuvat edelleen prosessilaitteista, joista tietyntyyppisiä laitteita, kuten pumppuja tai kuljetinruuveja, esiintyy pääosin tietyissä tuotantoprosessin osissa.

Prosessikaavioiden, toiminnanohjausjärjestelmän, prosessinohjausjärjestelmän näyttöjen sekä eräiden muiden dokumenttien pohjalta laadittiin mahdollisimman tarkka arvio siitä, kuinka monta prosessilaitetta kussakin piirissä on ja miten niiden määrä jakautuu eri prosessivaiheisiin. Yhteenveto prosessipiireistä ja -laitteista sekä niiden sijoittumisesta edellä esitettyihin tuotantoprosessin päävaiheisiin on esitetty liitteessä 1.

Liitteen 1 taulukoissa esiintyvä kolmen kirjaimen ja kolmen numeron yhdistelmä tarkoittaa positiota eli laitepaikkaa, joka on pääosin määritetty kaikille laitteille. Kirjainkoodi kertoo laitteen sijainnin ja tyyppin, ja numero paikan prosessissa. Laittepaikkojen sijainti prosessissa on pääosin todettavissa liitteinä 2–5 olevista PI-kaavioista. Prosessilaitteiden juokseva numerointi kuvaa karkeasti prosessin

etenemistä tuotantolaitoksessa, joskin käytännössä prosessivaiheiden järjestys ei ole suora putki päästä päähän, vaan materiaalivirta jakautuu ja kiertää eri tavoin tuotannon ohjauksesta riippuen.

Laittepaikkojen kokonaismäärä käy myös ilmi liitteestä 1. Koska yksittäisessä prosessilaitteessa voi olla useita lukittavia energianerotuspisteitä, kartoitusvaiheessa myös näissä jokaisessa esiintyvät vaaralliset energiamuodot ja niiden hallintamenetelmät oli käytävä läpi. Sen vuoksi energianeristys-suunnitelmiin sisältyvien vaarallisen energian erotuskohtien kokonaismäärä oli prosessilaitteiden lukumäärää suurempi. Kuvassa 4 on esitetty prosessilaitteiden suhteellinen osuus prosessivaiheittain.



KUVA 4. Prosessilaitteiden lukumäärä prosessivaiheittain

Kaaviossa esitetty jako on tuotannonohjauksen näkökulmasta suurpiirteinen, mutta käytin sitä itse apuna muun muassa projektin työvaiheiden aikataulutuksessa ja työmäärän arvioinnissa. Muun muassa tuotesiiiloihin liittyvissä rakenteissa ja raaka-aineen syöttölaitteissa on pitkiä kuljettimia ja korkeita rakenteita, minkä vuoksi kenttätyövaiheissa siirtymät näillä alueilla veivät ajankäytöllisesti pitkempään suhteessa prosessilaitteiden määrään kuin esimerkiksi märkärkastamolla, jossa laitteita on lukumääräisesti selvästi eniten, mutta ne ovat tiiviisti sijoiteltuna sisätiloihin. Kaaviossa esitetty jako ei myöskään ota kantaa siihen, missä fyysisessä rakennuksessa kyseinen tuotantoprosessin osa sijaitsee. Joka tapauksessa tämä ryhmittely osoittautui hyväksi ajankäytön suunnittelun apuvälineeksi.

#### 4.2 Energiamuotojen esiintyminen prosessilaitteissa

Prosessilaitteissa esiintyviä vaarallisen energian muotoja kartoitettiin perehtymällä laitteiden toimintaperiaatteisiin käytössä olleen viitemateriaalin perusteella sekä tarkentamalla tietoja haastatteleamalla henkilöstöä. McManuksen kirjassaan esittämä, General Motorsin United Auto Workers -ammattiliiton työsuojelukomitean vuodelta 1985 peräisin olevaan ohjeistukseen pohjautuva vaarallisen energian esiintymismuotojen hierarkia on esitetty taulukossa 3.



TAULUKKO 3. Vaarallisen energian esiintymismuotojen hierarkia (McManus 2013, 354)

<b>Energiamuoto</b>	<b>Huomioitavaa</b>
Liike-energia	Koneen liikkuvien osien pitää antaa pysähtyä sammutuksen jälkeen.
Painovoima	Maahan päin kohdistuva liike on estettävä lukitustapilla, mekaanisella tuella tai vastaavalla.
Järjestelmään varastoitunut mekaaninen energia	Huomioitava järjestyksessä tässä kohdassa, mutta voidaan tehdä vaarattomaksi seuraavien energiamuotojen eristämisen yhteydessä.
Sähkö	Koneen normaalin toiminnan on annettava loppua ennen sähkönsyötön erottamista. Energiaa voi edelleen jäädä varastoituneessa muodossa esimerkiksi kondensaattoriin tai muuntajaan.
Paineilma	Järjestelmän osiin varastoitunut paineilma on vapautettava energiansyötön erottamisen yhteydessä.
Hydrauliikka	Järjestelmän osiin varastoitunut hydraulipaine on vapautettava energiansyötön erottamisen yhteydessä.
Prosessihöyry, -kaasu tai muu käyttövoima	Deaktivoitava, energiansyöttö erotettava ja lukittava tarvittaessa.

Edellä esitetty hierarkia helpottaa hahmottamaan prosessilaitteiden toimintaa tarkkailtaessa, missä järjestyksessä energiamuotojen esiintymiseen tulee kiinnittää huomiota. Toimeksiantajan tuotantolaitoksen prosesseja tarkasteltaessa McManuksen ryhmittelyä on kuitenkin tarkennettava: eräitä energiamuotoja puuttuu kokonaan, ja toisaalta erilaisien energiamuotojen kirjaaminen energianeristysuunnitelmiin haluttiin pitää mahdollisimman yksinkertaisena. McManuksen esitykseen nähden puuttuvien vaarallisen energian esiintymismuotojen tunnistamisessa saatiin apua toimeksiantajan energianeristyskampanjan materiaaleista, jonka mukainen ryhmittely on esitetty taulukossa 4.

TAULUKKO 4. Vaarallisen energian esiintymismuotoja (Sibelco 2019a)

Energiamuoto	Esimerkkejä
Kemikaali	Happo, emäs, hiilivety, myrkyllinen neste, suljetussa tilassa kaikki muut kaasut paitsi ilma ja happi, karsinogeeniset yhdisteet
Sähkö	Pienjännite suurella virralla (akusto), suurjännite, kondensaattori
Lämpö	Kylmä tai kuuma lämpötilanlähde
Kineettinen energia	Pyörivä tai tärisevä kone, liikkuva ajoneuvo
Valo	Lasermittauslaite
Potentiaalienergia	Putoava laite tai henkilö, jännittynyt jousi
Paine	Vesi, ilma, hydraulineeste
Säteily	Tiheysmittari, rautapitoisuuden analyysilaitte
Ääni	Tehokas äänilähde

Kun edellä mainittujen ryhmittelyjen pohjalta tarkasteltiin toimeksiantajan laitosta, todettiin siellä esiintyvän seuraavia vaarallisen energian muotoja:

- potentiaalienergia
- sähkö (230/400 V)
- vesi
- paineilma
- hydrauliiikka
- lämpö
- kaasu
- kemikaalit.

Sähkönsyötön osalta voidaan todeta, että toimeksiantajan tuotantolaitoksessa energianerotusta ei tarvinnut ulottaa kattamaan suurjännitekojeistoja tai kokonaisien keskuksien sähkönsyötön katkaisua. Energianeristyskampanjan ohjeistuksen mukaisesti tämä olisi ollut tarpeen, mikäli tarvittavia syötönerotuslaitteita ei olisi ollut saatavilla yksittäisille prosessilaitteille. Tarpeettoman tarkan energiamuotojen erittelyn välttämiseksi energianeristysuunnitelmiin kirjattiin vaarallisen energian muodoksi kineettisen tai mekaanisen energian asemesta potentiaalienergia myös silloin, kun kyseessä oli esimerkiksi virittynyt jousi tai pysähtynyt pyörivä kone, jonka pyöriminen oli estettävä vaara-alueelle mentäessä. Säteilyenergiaa esiintyi toimeksiantajan laitoksessa, mutta ei energianeristysuunnitelman näkökulmasta. Säteilyenergian hallintaa edellyttäviä töitä käsitellään SOP-ohjeiden muodossa.

Myöskään normaalin teollisuusympäristön meluna esiintyvää ääntä ei kirjattu energiamuotona energianeristysuunnitelmiin, koska riittävä kuulonsuojaus kuuluu joka tapauksessa pakollisiin henkilönsuojaimiin toimeksiantajan tiloissa. Edellä mainittujen vaarallisen energian esiintymismuotojen lisäksi energianeristysuunnitelmiin oli mahdollista kirjata mitä tahansa muita vaarallisen energian muotoja, joita ei ennakkoon, ilman havainnointia kentällä, oltu kyetty tunnistamaan.

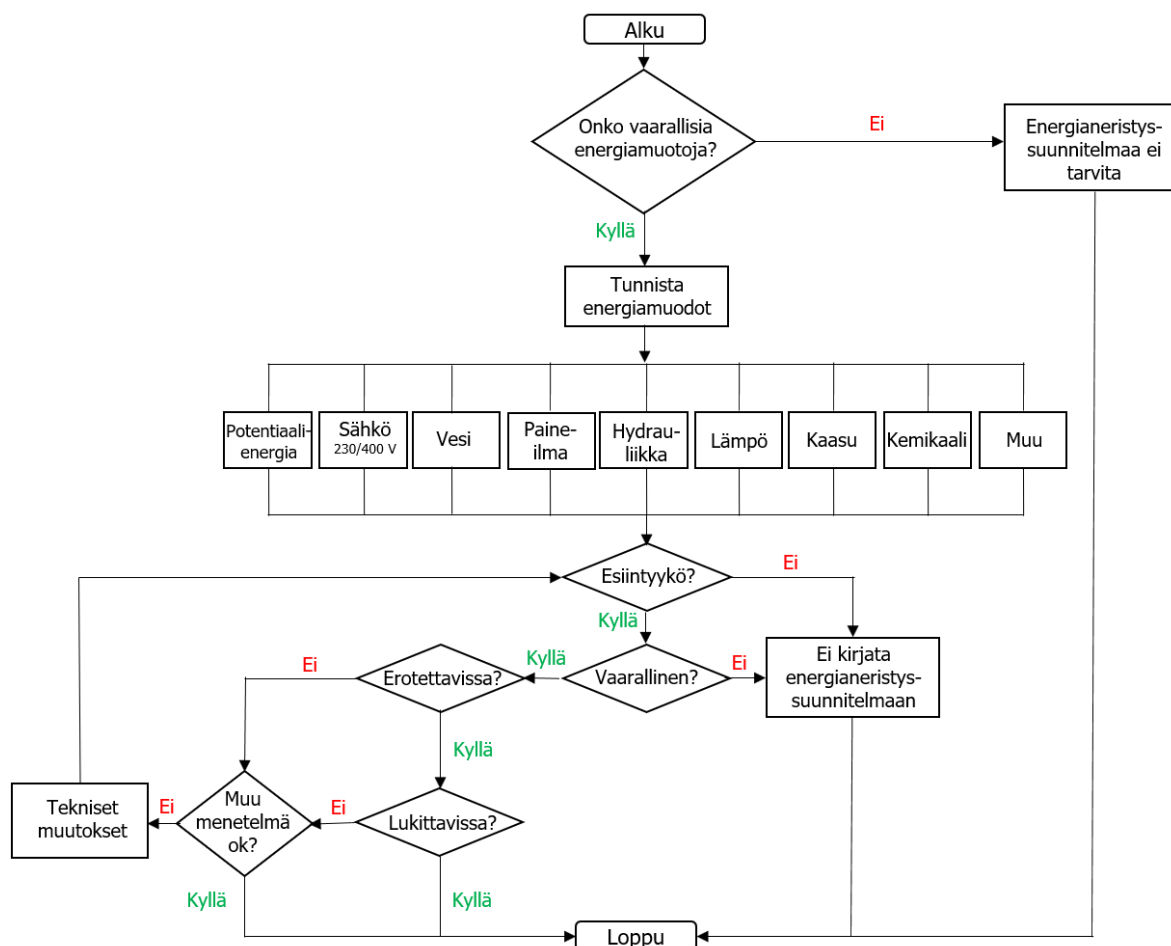
### 4.3 Kartoittaminen

Kenttätyön seuraavassa vaiheessa havainnoitiin prosessilaitteiden rakennetta ja toimintaa. Erityisesti tätä tiedonkeruun vaihetta tein tiiviissä yhteistyössä Nilsiä tuotantolaitoksen tuotanto- ja kunnossapitohenkilöstön kanssa. American Society of Safety Professionals -standardointijärjestön podcastissa (American Society of Safety Professionals 2019) kokenut työturvallisuusasiantuntija Todd Grover esittää LOTOTO-kartoituksen työvaiheet seuraavasti:

- Havainnoi, mitä kone tekee käynnissä ollessaan.
- Onko olemassa esimerkiksi jokin syöttöliike tai muu koneen pääasialliseen toimintaan nähdyn toissijainen seikka, joka voi aiheuttaa vaaraa?
- Mitä energianlähteitä kone käyttää tehdäkseen liikkeitä, jotka havainnoitiin?
- Missä koneen kohdissa liikkeiden tai energian vapautumisen aiheuttama vaikutus voidaan estää?
- Mihin jää varastoitunutta energiaa, joka täytyy vapauttaa?

Tämä ohjeistus on hyvä tiivistelmä siitä, mitä asioita on pyrittävä huomioimaan eri energiamuotojen erotusmenetelmien suunnittelussa. Käytännössä toisinaan joudutaan pulmallisten tilanteiden äärelle esimerkiksi siitä syystä, että 70-luvun prosessilaitteisiin ei välttämättä ole ollenkaan suunniteltu nykynäkemyksen mukaisia ominaisuuksia tai piirteitä, jotka mahdollistavat turvalukituksen. Silloin havainnoitsija kyllä tunnistaa energiamuodon, mutta ei pysty määrittämään sille erottamistapaa ilman rakenteellisia muutoksia.

Kartoituksessa käytetty päätöksentekokaavio on esitetty kuvassa 5. Sen tarkoitus on havainnollistaa kartoituksen vaiheet, jotka oli käytävä läpi, jotta saatiin todettua laitepaikkakohtaisen energianeristysuunnitelman tarve ja sisältö sekä mahdollisten teknisien muutostöiden tarve.



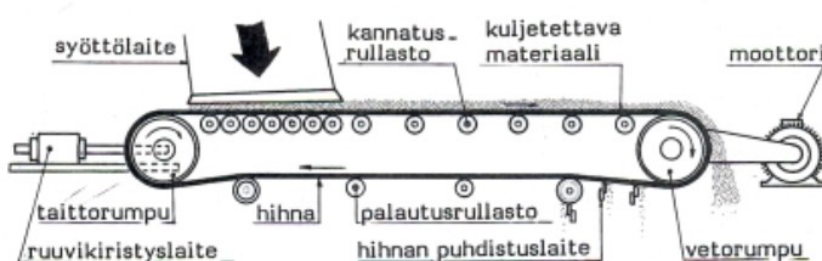
KUVA 5. Energianeristysuunnitelman laatimisen päätöksentekokaavio

Päätöksentekologiikkaa on varsin ongelmattonta seurata kaavion vasemman alanurkan kahta viimeistä vaihetta lukuun ottamatta. Muu eli vaihtoehtoinen menetelmä voidaan sallia, jos riskinarvioinnin jälkeen todetaan, että vaikka lukitusta ei käytetä, jäännösriski jää hyväksyttävälle tasolle. Äärimmäisenä vasemmalla oleva vaihe voisi olla tarkemmin: "Ovatko tekniset muutokset mahdollisia?" Tosielämän olosuhteissa on useita seikkoja, jotka on huomioitava teknisien muutoksien toteutettavuuden arvioinnissa: tuotannon pysäytyksen kesto, mahdolliset laajamittaiset rakennustyöt, investoinnin takaisinmaksuaika ja niin edelleen. Näiden seikkojen arviointi oli kuitenkin selvästi tämän opinnäytetyön laajuuden ulkopuolella. Lisäksi toimeksiantajan henkilöstöön kuulumattomana pystyin vain antamaan oman näkemykseni tarvittavista muutoksista. On kuitenkin selvää, että jo velvoittavan lainsäädännön nojalla työnantajan on tehtävä tuotantolaitoksen riskikartoituksissa korkean riskin kohteiksi tunnistettuihin rakenteisiin tarvittavat muutokset riskin pienentämiseksi hyväksyttävälle tasolle, ennen kuin kyseisen kohteen tuotantokäyttöä voidaan jatkaa.

#### 4.3.1 Energiamuotojen esiintyminen raaka-aineen syötössä

Raaka-aineen syötön prosessilaitteissa todettiin esiintyvän vaarallisen energian muodoista potentiaalienergiaa ja sähköä. Tämän tuotantoprosessin osan tyypillinen piirre on suuret siirrettävät ja varastoitavat massat. Siksi esimerkiksi syöttösuppilon tai raaka-ainesilon alla työskenneltäessä on pystyttävä estämään putoavien massojen vaikutus joko ajamalla linja tyhjäksi, mekaanisesti sulkemalla tai merkinannolla ja valvonnalla. Lisäksi on huomioitava, että koko piiri sijaitsee ulkona ja sääolosuhteiden vaikutus on siis aina huomioitava.

Raaka-aineen syötön esimerkkilaitteena tarkastellaan hihnasyötintä RSY2. Sitä edeltävä prosessilaitte on raaka-aineen syöttösuppilo, johon raaka-ainetta syötetään pyöräkuormaajalla. Syöttösuppilossa on täryttimet raaka-aineen irrottamiseksi suppilon seinämästä. Syötintä seuraava syöttölaite on hihnakuuljetin RKU3, jossa on takaisinpyörinnän estävä yksisuuntakytkin. Hihnakuuljetimen ja sen päällä olevan syöttölaitteen rakenne on esitetty kuvassa 6 ja syöttimessä RSY2 esiintyvät vaarallisen energian muodot sekä niiden hallintakeinot taulukossa 5.



KUVA 6. Hihnakuuljetimen rakenne (Parikka, Mäkelä, Sarsama & Virolainen 2000, 10)

TAULUKKO 5. Syöttimen RSY2 vaarallisen energian muodot ja niiden hallintakeinot

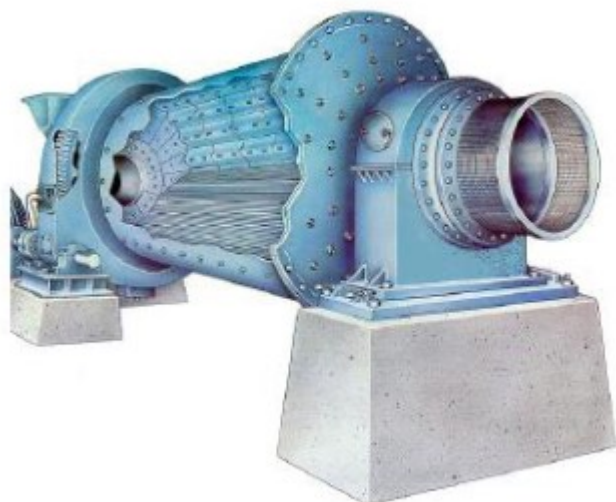
Energiamuoto	Hallintakeino
Potentiaalienergia	Käytä syöttösuppilo, syötin ja hihnakuuljetin tyhjäksi, mikäli mahdollista. Estä lastaus syöttösuppiloon eristämällä alue ja tiedottamalla. Huomioi jäätyneen raaka-aineen aiheuttama putoavan massan vaara.
Sähkö	Estä vahinkokäynnistys käyttämällä syöttimen ja hihnakuuljetimen syötönerotuskytkintä.  Huomioi täryttimien aiheuttama meluvaara suorittamalla myös niiden syötönerotus.

#### 4.3.2 Energiamuotojen esiintyminen märkärikastuksessa

Märkärikastuksen prosessilaitteissa todettiin esiintyvän vaarallisen energian muodoista potentiaalienergiaa, sähköä, vettä, paineilmaa ja kemikaaleja. Tässä tuotantoprosessin osassa materiaalia siirretään niin karkean kiviaineksen kuin märän lietteen muodossa. Tämä osasto on fyysisesti sijoiteltu päällekkäin oleviin kerroksiin, mistä syystä putoavan massan vaikutus on pystyttävä huomioimaan. Kunnossapitotöitä aloittaessa onkin olennaista tietää, onko prosessi onnistuttu ajamaan hallitusti alas vai onko se pysähtynyt häiriön vuoksi. Märkärikastuksessa esiintyy kemikaaleja, joita käytetään vaahdotusprosessissa. Niistä vaarallisin on 93-prosenttinen rikkihappo ( $H_2SO_4$ ).

Märkärikastuksen esimerkkilaitteena tarkastellaan tankomylllyä RMY101. Tankomylllyn tarkoitus prosessissa on hienontaa syöttöhihnalta saapuva karkea syöte, minkä jälkeen materiaalivirta ohjautuu

magneettierottimelle ja siitä eteenpäin luokiteltavaksi raekoon mukaan eri osiin prosessia. Tankomylly pyörii vaakasuoran akselinsa ympäri, ja jauhinkappaleina käytetään teräksisiä tankoja. Myllyä käytetään sähkömoottorilla, joka pyörittää myllyä hammaskehän välityksellä. Tankomyllyn rakenne on esitetty kuvassa 7 ja tankomyllyssä esiintyvät vaarallisen energian muodot sekä niiden hallintakeinot taulukossa 6.



KUVA 7. Tankomyllyn rakenne (Kaiva.fi 2014, 33)

TAULUKKO 6. Tankomyllyn RMY101 vaarallisen energian muodot ja niiden hallintakeinot

<b>Energiamuoto</b>	<b>Hallintakeino</b>
Potentiaalienergia	Anna tankomyllyn pyörintäliikkeen pysähtyä sammutuksen jälkeen. Myllyn ja tankokuorman massa riittää pitämään myllyn paikallaan pysähtymisen jälkeen.  Käytä tankomyllyä edeltävät syöttölaitteet sekä itse mylly tyhjäksi, mikäli mahdollista.
Sähkö	Estä vahinkokäynnistys käyttämällä tankomyllyn, sitä edeltävän hihnakuuljettimen ja sitä seuraavan magneettierottimen syötönerotuskintä.
Vesi	Katkaise veden syöttö käyttämällä lukittavaa sulkuventtiiliä. Poista tankomyllyn pysäyttämisen jälkeen jäänyt vesi tarvittaessa lapolla.

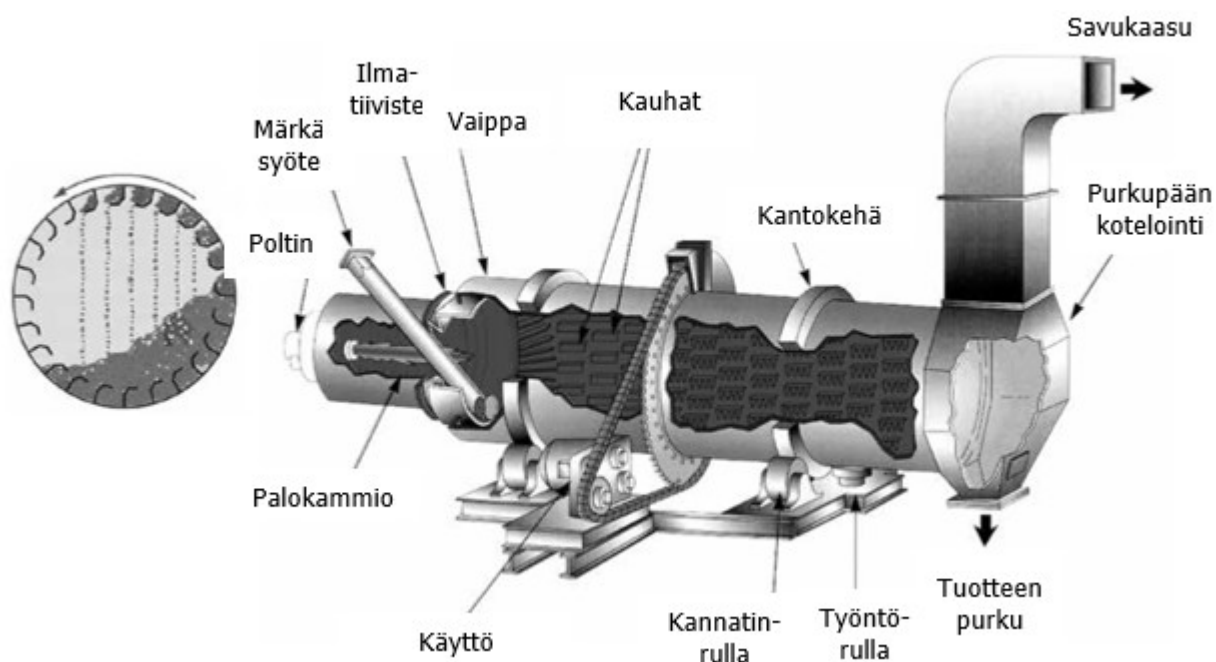
Tankomyllyn kohdalla on huomionarvoista, että on olemassa vaaroja, joita energianeristysuunnitelman mukainen toiminta ei poista. Suljetun paikan työssä esiintyy erityisiä vaaroja, joiden hallinta

vaatii omat erikoisjärjestelynsä. Samoin myllyn suuren pyörivän massan hallinta vaatii erikoisjärjestelyjä, mikäli se halutaan tiettyyn asentoon eikä painovoimainen pysähtyminen riitä. Nämä tapaukset eivät kuitenkaan kuulu energianeristysuunnitelmien piiriin, vaan töistä, joissa riskejä esiintyy, laaditaan erillinen turvallisen työskentelyn työohje. Energianeristysuunnitelmaan viitataan tällaisessa työohjeessa yhtenä työvaiheena.

#### 4.3.3 Energiamuotojen esiintyminen kuivauksessa

Kuivauksen prosessilaitteissa todettiin esiintyvän vaarallisen energian muodoista potentiaalienergiaa, sähköä, vettä, paineilmaa, lämpöä ja kaasua. Tässä tuotantoprosessin osassa maakostea hiekkaa kuivataan nestekaasutoimisessa kuivausrummussa sekä siirretään hihna-, ruuvi- ja elevaattorikuljettimilla tuotesiloihin. Kuivauksen yhteydessä muodostuva pöly kerätään pölysuodattimiin, joiden suodatinelementit ravistetaan tyhjäksi paineilmatoimisesti.

Kuivauksen esimerkkilaitteena tarkastellaan kuivausrumpua KKV105. Kuivausrummussa nestekaasun kumentama ilma kuivattaa hiekan samalla, kun rumpun sisällä olevat kauhat sekä nostavat hiekkaa ilmavirtaan että ohjaavat materiaalivirtaa eteenpäin. Nestekaasun höyrystin, poltin ja sen yhteyteen asennettu puhallin on kytketty varsinaisen kuivausrumpun automatiikkaan. Kuivausrumpun syöttösuppilossa on tärytin seinämiin tarttuvan materiaalin irrottamiseksi. Kuivausrumpun rakenne on esitetty kuvassa 8 ja kuivausrummussa esiintyvät vaarallisen energian muodot sekä niiden hallintakeinot taulukossa 7.



KUVA 8. Kuivausrumpun rakenne (Metso Corporation 2018, 196; suomennokset kirjoittajan)

TAULUKKO 7. Kuivausrummun KKV105 vaarallisen energian muodot ja niiden hallintakeinot

Energiamuoto	Hallintakeino
Potentiaalienergia	<p>Anna kuivausrummun pyörintäliikkeen pysähtyä sammutuksen jälkeen. Estä tarvittaessa pyöriminen esimerkiksi taljalla tai kiilaamalla.</p> <p>Käytä kuivausrumpua edeltävät syöttölaitteet sekä itse rumpu tyhjäksi, mikäli mahdollista.</p>
Sähkö	<p>Estä vahinkokäynnistys käyttämällä kuivausrummun, sitä edeltävän hihnakuljettimen, polttimen puhaltimen sekä nestekaasun höyrystimen syötönerotuskytkintä.</p> <p>Huomioi rummun syöttökontin täryttimen aiheuttama meluvaara suorittamalla syötönerotus.</p>
Lämpö	<p>Huomioi kuivausrummun erittäin korkea lämpötila käytön aikana. Anna jäähtyä ja totea pintalämpötila ennen kosketusta infrapunamittarilla.</p>
Kaasu	<p>Katkaise nestekaasun syöttö höyrystimeen käyttämällä lukittavaa sulkuventtiiliä. Tyhjennä putkistoon jäänyt kaasu koesytyttämällä poltinta.</p>

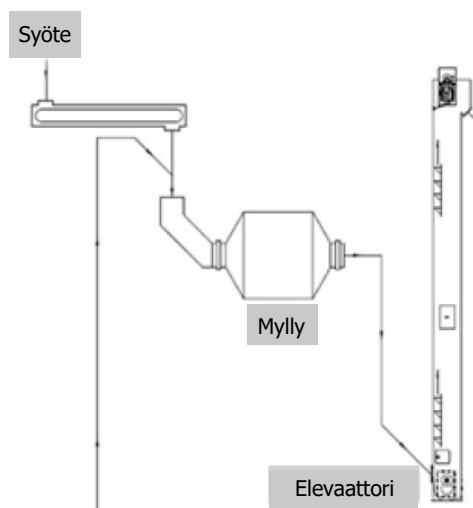
Kuivausrummun kohdalla on huomioitava samat suljetun paikan töitä koskevat varotoimet kuin tankomyllyn tapauksessa. Sen lisäksi on aina huomioitava, että missä tahansa kuivaamon tilassa voi esiintyä syttyvä nestekaasuseos, mihin liittyen nestekaasulinjan ja -polttimen välisien järjestelmän osien toimintaperiaate on ymmärrettävä.

#### 4.3.4 Energiamuotojen esiintyminen hienojauhatuksessa

Hienojauhatuksen prosessilaitteissa todettiin esiintyvän vaarallisen energian muodoista potentiaalienergiaa, sähköä, vettä ja paineilmaa. Tässä tuotantoprosessin osassa kuivattu hiekka hienonnetaan kuulamyllyllä ja siirretään painelähtetimellä putkiston kautta tuotesiloihin. Piiriin kuuluu myös ruuvi- ja elevaattorikuljettimia. Hienojauhatuksen yhteydessä muodostuva pöly kerätään pölysuodattimiin, joiden suodatinelementit ravistetaan tyhjäksi paineilmatoimisesti.

Hienojauhatuksen esimerkkilaitteena tarkastellaan kauhaelevaattorikuljetinta JEL108. Kauhaelevaattori jauhatuspiirin osana on esitetty kuvassa 9 ja elevaattorissa esiintyvät vaarallisen energian muodot sekä niiden hallintakeinot taulukossa 8.





KUVA 9. Elevaattorikuljetin jauhatuspiirissä (Metso Corporation 2018, 98; suomennokset kirjoittajan)

TAULUKKO 8. Kauhaelevaattorin JEL108 vaarallisen energian muodot ja niiden hallintakeinot

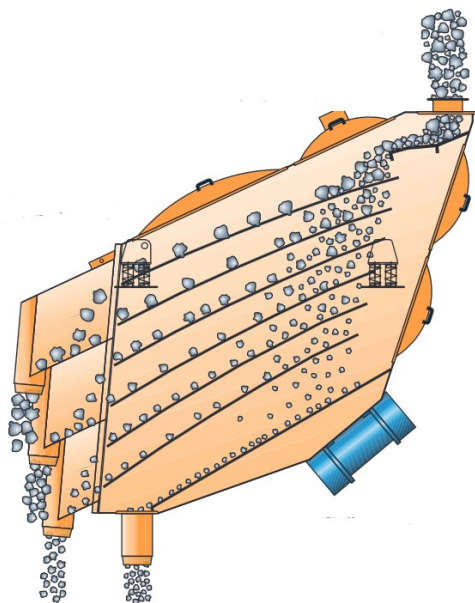
Energiamuoto	Hallintakeino
Potentiaalienergia	Huomioi kauhoissa olevan hiekan massa ja sen aiheuttama pyörimisen vaara. Käytä elevaattori tyhjäksi, mikäli mahdollista. Lukitse elevaattorin hihna tarvittaessa mekaanisilla pidätinpalkeilla. Puhdista tarvittaessa hiekka elevaattorin jalkaosasta paloletkulla pysymällä vaara-alueen ulkopuolella.
Sähkö	Estä vahinkokäynnistys käyttämällä elevaattorin ja sitä edeltävän kuulamylyn syötönerotuskintä.

Kauhaelevaattorin tapauksessa on aina huomioitava, onko laite varustettu takaisinpyörimisen estävällä jarrulla tai yksisuuntakytkimellä. Tällöinkin on huomioitava hihnan katkeamisen mahdollisuus, mikä on tarvittaessa estettävä mekaanisesti vaara-alueella työskennellessä.

#### 4.3.5 Energiamuotojen esiintyminen erikoisseulonnassa

Erikoisseulonnan prosessilaitteissa todettiin esiintyvän vaarallisen energian muodoista sähköä, paineilmaa, hydrauliiikkaa ja potentiaalienergiaa. Tässä tuotantoprosessin osassa kuivattua hiekkaa lastataan kannelliseen syöttösuppilon pyöräkoneella, siirretään hihna- ja elevaattorikuljettimilla, seulotaan ja pakataan säkitettynä kuormalavoille. Seulonnan ja pakkauksen yhteydessä muodostuva pöly kerätään pölysuodattimiin, joiden suodatinelementit ravistetaan tyhjäksi paineilmatoimisesti.

Erikoisseulonnan esimerkkilaitteena tarkastellaan kuivaseulaa SSE720. Täryseulan rakenne on esitetty kuvassa 10 ja seulassa esiintyvät vaarallisen energian muodot sekä niiden hallintakeinot taulukossa 9.



KUVA 10. Täryseulan rakenne (Allgaier Process Technology 2014, 2)

TAULUKKO 9. Seulan SSE720 vaarallisen energian muodot ja niiden hallintakeinot

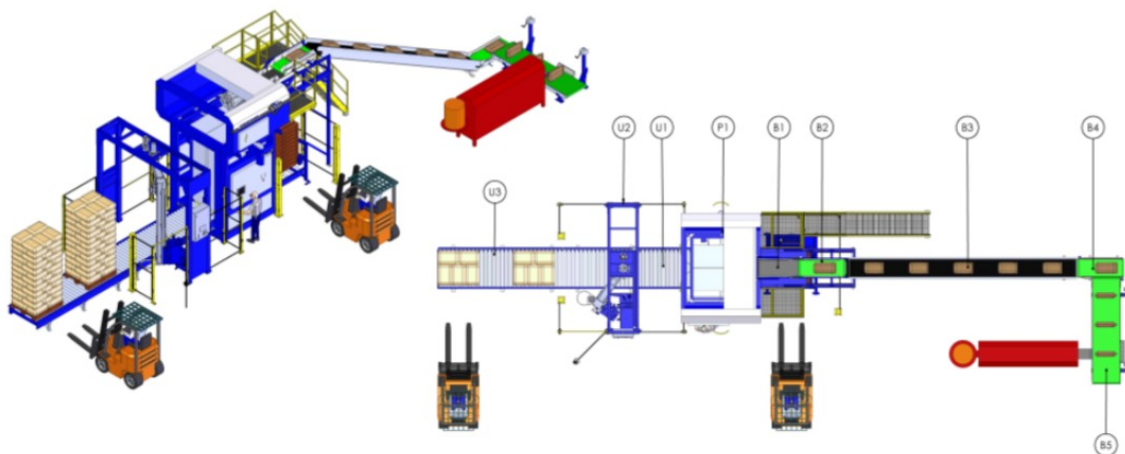
Energiamuoto	Hallintakeino
Potentiaalienergia	Huomioi seulan sisällä ja sitä edeltävissä syöttölaitteissa olevat putoavat massat. Käytä seulaa edeltävät syöttölaitteet tyhjäksi, mikäli mahdollista. Mikäli seulan runkoa on purettava, huomioi jousiin varastoitunut energia.
Sähkö	Estä vahinkokäynnistys käyttämällä seulan ja sitä edeltävän syöttimen syötönerotuskytkintä. Suorita tarvittaessa myös pölynpoistojärjestelmän syötönerotus.

Myös kuivan hiekan seulontaan tarkoitetun tarkkuusseulan tapauksessa on huomioitava, että on olemassa vaaroja, joita energianeristysuunnitelman mukainen toiminta ei poista. Näistä huomattavin on haitallinen kvartsipöly, jolta on suojauduttava tarvittaessa riittävän suodatusluokan moottoridulla puhallinsuojaimella eli raitisilmamaskilla. Näiden riskien hallintaa käsitellään jälleen erillisissä turvallisen työskentelyn työohjeissa energianeristysuunnitelman sijaan.

#### 4.3.6 Energiamuotojen esiintyminen kuivatuotteiden jatkojalostuksessa

Kuivatuotteiden jatkojalostuksen prosessilaitteissa todettiin esiintyvän vaarallisen energian muodoista potentiaalienergiaa, sähköä, paineilmaa ja hydrauliiikkaa. Tässä tuotantoprosessin osassa siiloista annosteltava kvartsihiekkä ja jauhemaiset lisäaineet yhdistetään tuotekohtaisen reseptin mukaisesti vaailla punnitsemisen ja mekaanisen sekoittamisen kautta. Lopputuote pakataan pien- tai suursäkkeihin erillisillä pakkauslaitteilla. Tuotannossa muodostuva pöly kerätään pölysuodattimiin, joiden suodatinelementit ravistetaan tyhjäksi paineilmatoimisesti.

Kuivatuotteiden jatkojalostuksen esimerkilaitteena tarkastellaan säkinlavaajaa PLA558. Tässä yhteydessä on huomioitava, että lavaaja on kokonainen konelinja, joka muodostuu kuljettimista, itse säkinlavausosasta sekä säkkilavan käärintäosasta. Lisäksi lavaajassa on erillinen pölynpoistojärjestelmä. Säkinlavaajan rakenne on esitetty kuvassa 11 ja lavaajassa esiintyvät vaarallisen energian muodot sekä niiden hallintakeinot taulukossa 10.



KUVA 11. Säkinlavaajan rakenne (Verbruggen Palletizing Solutions 2017)

TAULUKKO 10. Säkinlavaajan PLA558 vaarallisen energian muodot ja niiden hallintakeinot

Energiamuoto	Hallintakeino
Potentiaalienergia	Aja konelinja tyhjäksi säkeistä ja lavoista, mikäli mahdollista. Laske lavahissi kuormanlaskuventtiilillä, mikäli sähköinen ohjaus ei toimi. Lukitse lavahissi mekaanisella salvalla, mikäli hissini on oltava ylhäällä.  Käärijän yläkalvon asettimessa on salpamekanismi, joka pysäyttää putoavan asetosan viikatilanteessa.
Sähkö	Estä lavaajalinjan osien vahinkokäynnistys käyttämällä lavaajan syötönerotuskytkintä. Suorita tarvittaessa myös pölynpoistojärjestelmän syötönerotus.
Paineilma	Sulje paineilmalinjan venttiili ja vapauta paine linjasta lavaajan paineenvapautusventtiilistä. Totea linja paineettomaksi painemittarista.
Hydrauliikka	Lavaajan syötönerotuskytkin katkaisee virransyötön myös hydraulikoneikosta. Itse hydraulikkalinja on tehtävä paineettomaksi, mikäli sen osia on purettava.

Lavaajalinjassa on muutamia erityispiirteitä, jotka on huomioitava energianeristyksessä. Poikkeuksellisesti vaihdemoottoreita ei ole varustettu erillisillä syötönerotuskytkimillä, vaan yksi turvakytin vaikuttaa koko linjaan. Sama koskee paineilmaa ja hydrauliikkaa. Hydrauliikalla toimiva lavahissi on mahdollista lukita mekaanisesti ylös, mutta itse lukituslappi ei voi erikseen lukita. Sen vuoksi on huolehdittava riittävästä merkinnästä, tiedotuksesta ja tarvittaessa työskentelyalueen vartioinnista, mikäli hissikokoonpano on salvan varassa esimerkiksi hydraulisylinlerin irrottamisen aikana. Käärintäkoneen yläkalvon asettimessa on putoamisen estävä mekanismi kuten henkilöhisissä, mutta työkohtaisesti on arvioitava, onko rakenne silti varmistettava esimerkiksi katosta tai ajoneuvosta taljalla tai vastaavalla nostoapuvälineellä.

#### 4.4 Lukituslaitteet

Energiamuotojen tunnistamisen jälkeen kenttätöissä oli keskityttävä kuvassa 5 esitetyn päätöksentekokaavion kohtaan "Lukittavissa?". Jokaisen tunnistetun vaarallisen energian erotuspisteen lukittavuus oli todettava käytännössä käyttämällä joko pelkkää riippulukkoa tai lisäksi sopivaa lukitusapuvälinettä. Energianerotuslaitteesta otettiin kuva lukittuna, ja se kirjattiin prosessilaittekohtaiseen

energianeristysuunnitelmaan. Esimerkkejä henkilökohtaisella riippulukolla lukituista energianerotuspisteistä on esitetty liitteessä 6.

Markkinoilla on runsaasti erilaisia lukitsimia eri käyttötarkoituksiin, jotta esimerkiksi vanhojen tehtaiden rakenteelliset puutteet eivät estä turvalukitusmenettelyn hyödyntämistä. Kaupallisista toimijoista näitä lukitusvälineitä tarjoaa esimerkiksi S. Sareskoski Oy, jonka kuvia on käytetty havainnollistavana aineistona tässä osiossa.

Toimeksiantajan tuotantolaitoksen tuotannon ja kunnossapidon työntekijöillä oli jo ennen energianeristyskampanjaa käytössään henkilökohtaiset riippulukot turvalukituksen tekemistä varten. Lisäksi laitoksessa oli valmiina muutamia erilaisia yhteiskäytössä olevia lukituslaitteita, joita yritin hyödyntää lukitusmenetelmiä arvioidessani niin pitkälti kuin mahdollista, jotta uusia erilaisia lukituslaitteita ei tarvitsisi hankkia liian paljon.

Toimeksiantajan laitoksessa päädyttiin ottamaan käyttöön laitepiirikohtaiset ryhmäavainlaatikot. Siinä jokaisella erotuspisteellä on oma riippulukonsa, jonka avain viedään piirikohtaiseen ryhmäavainlaatikkoon. Henkilökohtaisella riippulukolla lukitaan vain ryhmäavainlaatikon kansi. Tämä helpottaa toimintaa silloin, kun laitteessa on useita lukittavia erotuspisteitä: jokaisen henkilön ei tarvitse ripustaa yhtä henkilökohtaista lukkoaan jokaiseen erotuspisteeseen, vain ainoastaan avainlaatikon kanteen sen jälkeen, kun energiansyötön erotus todettu toimivaksi ja jokaisen lukitun erotuspisteen avain on avainlaatikossa. Töiden jälkeen viimeisenä avainlaatikon kannesta lukkonsa poistanut henkilö ottaa laatikosta kaikki avaimet ja vapauttaa erotuspisteiden lukitukset. Toimeksiantajan laitoksessa käytetyt lukituslaitetyypit on esitetty taulukossa 11.

TAULUKKO 11. Lukituslaitteet (Kuvat: S. Sareskoski Oy 2020)

Kuva	Nimi	Käyttötarkoitus	Huomautuksia
	Henkilökohtainen riippulukko	Energianerotusyksiköiden lukitseminen erotusasentoon	Lukossa on merkintäosio  = yhdistetty Lock Out ja Tag Out
	Lukkohaka	Lukon kiinnityksen mahdollistaminen erotusyksikköön, useiden henkilökohtaisien riippulukkojen kiinnittäminen	
	Palloventtiin lukituslaite	Palloventtiin lukitseminen	Iso ja pieni koko
	Säädettävä vaijerilukitsin	Lukon kiinnittäminen isoihin tai hankalasti lukittaviin kohteisiin, kuten venttiilien käsipyöriin	
	Ryhmävainlaatikko	Erotuslaittekohtaisien lukkojen avaimien säilytys töiden aikana. Henkilökohtaisilla lukkoilla lukitaan ryhmävainlaatikon kansi.	Viimeinen ryhmävainlaatikon lukituksen poistaja avaa erotuslaitteisiin kiinnitetyt lukot.

#### 4.5 Yhteenveto energiamuodoista, erotusmenetelmistä ja lukituslaitteista

Toimeksiantajan tuotantolaitoksen prosessilaitteissa tunnistettujen energiamuotojen ja niiden pääasiallisien erotusmenetelmien yhteenveto on esitetty taulukossa 12.

TAULUKKO 12. Energiamuotojen ja erotusmenetelmien yhteenveto.

<b>Vaarallisen energian muoto</b>	<b>Esimerkki prosessi-laitteesta</b>	<b>Erotuslaite</b>	<b>Lukituslaite</b>	<b>Huomautuksia</b>
Sähkö	Kuljetin, mylly, pumppu, seula	Turvakytkin	- Henkilökohtainen riippulukko - Tarvittaessa lukkohaka	Koekäynnistys tehtävä paikallisajokytkimistä tai valvomosta.
Vesi	Pumppu, märkäseula, luokitin, vaahdotuskenno	Pallo- tai muu venttiili	- Palloventtiilin lukituslaite - Henkilökohtainen riippulukko - Tarvittaessa lukkohaka - Tarvittaessa säädettävä vaijerilukitsin	Linja laskettava tyhjäksi. Pelkkä lukitus ei riitä. Huomioitava painovoiman vaikutus, jos ollaan alemmassa kerroksessa.
Paineilma	Säkityskone, lavaaja, rumpusuodin, painelähetin, pölysuodin	Paineensäädin-huoltoyksikkö	- Henkilökohtainen riippulukko - Tarvittaessa lukkohaka	Paine vapautettava linjasta. Pelkkä lukitus ei riitä. Toimilaitteen toiminta paineen vapauttamisen jälkeen ennakoitava.
Potentiaalienergia	Syötin, elevaattori, lavaaja, mylly, kuivausrumpu	Mekaaninen salpa, jarru, sulkupelti, lukitustappi	- Säädettävä vaijerilukitsin ja henkilökohtainen riippulukko	Lukitus ei yleensä mahdollista. Käytetään merkintää, ilmoittamista, valvontaa ja pääsyn estämistä, jos lukitus ei mahdollinen. Pyöriäiden laitteiden pitää pysähtyä ja liike tarvittaessa estettävä ennen työn aloitusta. Jousien jännitys vapautettava tarvittaessa.
Lämpö	Kuivausrumpu	-	-	Ainoa hallintakeino on pintalämpötilan mittaus ja turvalliseksi todettu jäähtymisaika.
Kaasu	Kuivausrumpu, poltin, höyrystin	Palloventtiili	- Palloventtiilin lukituslaite - Henkilökohtainen riippulukko - Tarvittaessa lukkohaka	Laitoksessa on automaattinen kaasuhälytysjärjestelmä. Lisäksi voidaan käyttää henkilökohtaisia monikaasuilmaisimia.
Kemikaali	Reagenssien annostelupumppu, valmennin	Palloventtiili, turvakytkin	- Palloventtiilin lukituslaite - Henkilökohtainen riippulukko - Tarvittaessa lukkohaka	Kemikaalityöt edellyttävät kirjallisen työluvan ja tarvittavan suojavarustuksen. Linjan tyhjenytystä huolehdittava. Toiminta hätä- ja vuoto-tilanteessa oltava tiedossa ennen työn aloitusta.

#### 4.5.1 Erikoistapauksia

Energianerotuksen katsotaan perinteisesti liittyvän sähkönsyöttöön ja turvakytkeisiin. Kuten edellä on esitetty, lähemmässä tarkastelussa energiamuotoja esiintyy yleensä huomattavasti enemmän. On tärkeää ymmärtää, että etenkin prosessiteollisuuden laitteissa on hyvin tavallista, että yhdessä laitteessa on huomioitava useita vaarallisen energian muotoja. McManus (2013, 352) nostaa esille lisäksi, että toisiinsa kytkettyjen laitteiden normaalissa käytössä voi muodostua energiamuotoja, joita ei laitteessa yksistään esiintyisi, sekä muistuttaa, että tämä tekee energian vapauttamisesta ja erottamisesta huomattavasti hankalampaa kuin erillistä laitetta tarkasteltaessa. Vaaratilanteet ja vakavat onnettomuudet liittyvätkin usein juuri tilanteisiin, joissa loogisin, näkyvin ja huomattavin vaarallisen energian muoto on kyllä otettu hallintaan asianmukaisesti, mutta jokin toissijainen toiminto, edeltävä laite tai rakenne tai useiden tapahtumien ketju silti aiheuttaa onnettomuuden.

AASP:n podcastissa (American Society of Safety Professionals 2019) mainitaan seuraavia piileviä tai muuten laitteen syvällisempää tuntemusta tai toiminnan seuranta edellyttäviä seikkoja, jotka on huomioitava vaarallisten energiamuotojen kartoitusvaiheessa:

- kondensaattorit, joiden tehtävä on varastoida sähköenergiaa
- hydrauliiikka
- varavoimakoneiden käynnistyminen
- paineilma, joka jää vapauttamatta linjaan suljetun ja lukitun venttiilin jälkeen
- isot vauhtipyörät ja pyörivät koneet, jotka varastoivat energiaa tai hidastavat nollaenergiatason saavuttamista
- avatut luukut ja nostetut esineet, joihin on varastoitunut potentiaalienergiaa.

Useita näistä erityistapauksista tunnistettiin myös toimeksiantajan tuotantolaitoksen prosessilaitteista. Ne kaikki vaativat erityisen tarkkaa huomiota niin energianeristysuunnitelmaa laadittaessa kuin erityisesti vaarallisen energian erottamista edellyttäviä töitä valmisteltaessa. Erityisesti kunnossapitotöissä on tyypillistä, että käsiteltävänä oleva laitekokonaisuus pysyy stabiilina hyvin pitkään töiden edetessä. Jossain vaiheessa kuitenkin esimerkiksi hydraulisynterirakenteen irrottaminen voi vapauttaa järjestelmään varastoituneen potentiaalienergian. Jos tämän energiamuodon vapautumista ei ole osattu ennakoida, voi aiheutua onnettomuus. Ulkona olevissa rakenteissa myös ulkoinen tekijä, kuten tuuli, voi aiheuttaa vaaran. Tällainen tilanne voi esiintyä esimerkiksi, kun työskennellään suurien puhaltimien tai osittain purettujen prosessilaitteiden läheisyydessä.

Taulukossa 12 on tuotu esille myös, että vaikka toimeksiantajan energianeristyskampanjan ohjeistuksessa ei suoraan mainita ”vaihtoehtoisia menetelmiä” lukitukselle vaarallisen energian hallintakeinona, käytännössä energianeristysuunnitelmia laadittaessa kohdattiin erityisesti potentiaalienergian hallintaan liittyviä olosuhteita, joissa lukitusmahdollisuutta ei ole. Jos teknisin muutoksinkaan lukitusmahdollisuutta ei ole järkevästi toteutettavissa, laaditaan riskinarvioinnin perusteella käytäntö, jolla riski pyritään saamaan hyväksyttävälle tasolle töiden mahdollistamiseksi. Tämä käytäntö, kuten merkintä ja/tai työskentelyalueelle pääsyn estäminen ja/tai vartiointi, kirjataan sitten energianeristysuunnitelmaan tai työtehtäväkohtaiseen SOP-työohjeeseen vaihtoehtoisena hallintamenetelmänä kyseiselle vaaralliselle energiamuodolle.



#### 4.6 Tuotokset

Näkyvimpänä ja tärkeimpänä tuotoksena energianeristyskampanjassa laadittiin laitepaikkakohtaiset energianeristysuunnitelmat, jotka asetettiin esille kentälle vaarallisen energian hallinnan kannalta olennaiseen kohtaan. Se tarkoittaa esimerkiksi pääasiallisen energiamuodon katkaisevan syötönerotuskytkimen välittömässä läheisyydessä olevaa näkyvää kohtaa, laitteen vaara-alueelle vievää kulureittiä tai ohjauspaneelia, josta energian erotuksen onnistuminen todetaan tai lukitusta edeltävät koneen ohjausliikkeet tehdään. Esimerkki valmiista prosessilaittekohtaisesta energianeristysuunnitelmasta on liitteessä 7.

Energianeristysuunnitelmien käyttöönoton yhteydessä toimeksiantajan tuotantolaitoksessa otettiin käyttöön myös ryhmävainlaatikot, joita asennettiin kentälle yksi jokaista laitepiiriä kohti. Laatikoon merkittiin, minkä laitepaikkojen avaimet kyseiseen laatikoon kuuluvat. Laitepaikan läheisyyteen asetettiin tarvittava määrä riippulukkoja olosuhteilta suojattuun lokeroonsa sekä lukitusapuvälineitä jokaisen vaarallisen energian erotuspisteen lukitsemiseen. Nämä oli merkitty positiointia apuna käyttäen siten, että merkinnät vastasivat energianeristysuunnitelmia. Itse laatikot lukitaan henkilökohtaisilla riippulukoilla energianlähteiden erottamisen jälkeen. Esimerkkejä energianeristysuunnitelman, laitekohtaisen riippulukon, ryhmävainlaatikon ja lukitusapuvälineiden esillepanosta kentällä on liitteessä 8.

Kampanjaan kuului myös käyttäjien koulutus menetelmän käyttöön, mikä jäi tässä projektissa toimeksiantajan oman henkilöstön tehtäväksi. Toimihenkilökunnan kanssa menetelmän periaatteista ja toteutuksesta käytiin kuitenkin perinpohjaisia keskusteluja projektin edetessä, ja heidän tehtävänsä oli myöhemmin jalkauttaa menetelmän käyttö suorittavaan portaaseen.

Tuotoksiin kuuluivat myös paperimuotoisiin prosessikaavioihin kynällä tehdyt muutosmerkinnät eli niin sanotut ”punakynät”. Toimeksiantajan omat vastuuhenkilöt pystyivät käyttämään näitä merkintöjä myöhemmin hyödyksi päivittäessään PI-kaavioita ajan tasalle.

#### 4.7 Havaittuja puutteita

Kuten aiemmin on todettu, on selvää, että vanhoissa teollisuuslaitoksissa ei prosessilaitteiden suunnittelussa ole millään tavalla huomioitu vaarallisen energian erottamiseen tarvittavia mekanismeja. Mikäli turvalukitus ei ole mahdollista, on tehtävä riskinarviointi ja olosuhteiden niin salliessa tyydyttävä pelkkään merkitsemiseen ja tiedottamiseen energianlähteiden erottamista vaativissa tilanteissa. Mikäli vaarallista energiaa ei saada ollenkaan hallintaan, on tehtävä rakenteellisia muutoksia prosessilaitteisiin tai niitä ympäröiviin rakenteisiin.

Tämän opinnäytetyön kenttätövävaiheessa havainnoitiin erityisesti puuttuvia syötönerotuskytkimiä eli turvakytkimiä. Tämä vastaa päätöksentekokaavion (kuva 5) kohtia ”Erotettavissa?” ja ”Lukittavissa?”. Eräissä kohteissa todettiin, että sähkönsyöttö oli rakennettu 70-luvun vaatimuksien mukaan, ja syöttökaapeli saattoi olla varustettu vanhojen vaatimuksien mukaisilla pistotulpilla syötönerotuskytkimien sijaan. Lisäksi asennetuista turvakytkimistä puuttui jonkin verran erotettavan laitteen position yksilöiviä tunnustekilpiä. Se oli joko jäänyt asentamatta tai merkintä oli kulunut tunnustamattomaksi. Eräissä harvoissa tapauksissa tunnustekilpi oli kokonaan väärä, sillä syöttökaapelin päässä

oleva laite oli vaihtunut tai itse turvakytkin oli tuotu toisesta, käytöstä poistetusta laitteesta ja merkintä ei ollut syystä tai toisesta ajan tasalla. Sähkölaitteita koskevan koneturvallisuusstandardin mukaan laitteiden nimikilpien, merkintöjen ja tunnuksien on kestettävä käyttöympäristönsä räsitukset, ja merkintöjen on säilyttävä luettavina koko koneen ennakoitavissa olevan eliniän (SFS-EN ISO 60204-1:2018. Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteisto. Osa 1: Yleiset vaatimukset, 85). Lisäksi kentällä oli jonkin verran turvakytkimiä, joista sähkönsyöttö oli katkaistu, mutta syötönerotuskytkin oli jätetty purkamatta "varaosaksi". Lisäksi havaittiin joitakin säälle alttiina olleita turvakytkimiä, joiden toiminta oli puutteellista. Kaikki havaitut puutteet raportoitiin toimeksiantajan paikallishenkilöstölle ja niiden korjaaminen aloitettiin välittömästi. Esimerkkejä raportoiduista puutteista on liitteessä 9.

Tämän lisäksi prosessikaavioissa havaittiin jonkin verran ristiriitoja kentällä havainnoituun tilanteeseen verrattuna. PI-kaaviot olivat siis yksinkertaisesti jääneet päivittämättä muutostöiden jälkeen, koska niitä ei ylläpidetty paikallisesti. Erikoisseulontaan ja hienojauhimoon ei ollut laadittu ollenkaan prosessikaaviota. Jauhimon prosessi kävi ilmi vain valvomon prosessinäytöstä, ja seulomosta oli olemassa vain kytkentäkaaviot.

Laitteiden toimintamekanismeihin liittyvistä yksityiskohdista käytiin runsaasti keskusteluja kartoituksen aikana. Esimerkiksi takaisinpyörinnän estimien puuttuminen osasta elevaattoreita oli laitoksessa osattu jo huomioida tietyissä huoltotöissä siten, että kauhojen liikkeen estämistä varten oli olemassa mekaaniset pysäyttimet. Elevaattoreiden käsittely oli yksi esimerkki luvussa 4.5.1 mainituista erikoistapauksista: laitetyypin yleinen tuntemus ei välttämättä riitä estämään kaikissa saman tyyppin laitteissa esiintyviä vaaroja kaikissa olosuhteissa.

Hydraulijärjestelmien osalta todettiin myös, että niihin varastoituneen energian vapautumisen toteaminen ei kaikissa tapauksissa ole yksiselitteistä. Pelkkä hydraulipumpun sähkönsyötön katkaisu ei aina riitä tekemään kaikkia järjestelmän osia paineettomaksi. Järjestelmissä voi olla paineakkuja. Hydrauliletkut ovat joustavia ja itse hydraulioöljykin puristuu kokoon jonkin verran. Letkurikkoventtiilin tarkoitus on estää kuorman hallitsematon putoaminen letkun tai liittimen rikkoutuessa, mutta joissakin tapauksissa se voi myös tarkoittaa, että hydraulijärjestelmän osaa purkaessa siinä on vielä jäljellä painetta. Sen vuoksi hydraulijärjestelmän rakenne on tunnettava hyvin ennen purkutöitä, ja potentiaalienergian purkautuminen esimerkiksi hydraulisynterinin rikkoutuessa on aina pystyttävä estämään mekaanisesti vaara-alueella oleskeltaessa.

Lukitusapuvälineitä tuotantolaitoksessa oli olemassa jo ennen energianeristyskampanjan alkua, mutta merkintäapuvälineet olivat lähinnä sähkötöihin tarkoitettuja, ripustettavia "älä kytke" -lappuja. Yksiselitteisien, kestävien ja merkitykseltään kaikille tuttuun merkintöjen merkitys korostuu vaarallisen energian erotuspisteissä, jotka eivät ole ollenkaan lukittavissa. Valvomoissa oli ilmoitustaulut työturvallisuuteen liittyvää tiedottamista varten, mutta ei erillistä osiota käynnissä olevasta energianeristyksestä tiedottamiseen. Merkintävälineiden täydentäminen oli siis tarpeen.

## 5 YHTEENVETO

### 5.1 Johtopäätökset

Tämän opinnäytetyön ensimmäisenä tavoitteena oli esitellä vaarallisen energian erottamisen historiaa ja nykytilaa meillä ja muualla sekä osoittaa yhtymäkohdat toimeksiantajan energianeristyskampanjan sekä vallitsevan lainsäädännön ja standardien välillä.

Todettiin, että työsuojelusta on pyritty niin Suomessa kuin muissakin teollistuneissa länsimaissa huolehtimaan lainsäädännön tasolla jo yli sadan vuoden ajan. Valtiollisten, toimivaltaisien valvovien viranomaisien historia on kuitenkin vain joidenkin vuosikymmenien pituinen. Standardoinnin siinä merkityksessä kuin termi nykyään käsitetään voidaan katsoa alkaneen Isosta-Britanniassa 1900-luvun alussa ja Suomessa neljännesvuosisata myöhemmin. Tänä päivänä ylin lainsäädäntöä ohjaava taho Suomessa on Euroopan Unioni, jonka direktiivit pannaan täytäntöön kansallisten lakien ja asetusten muodossa. Harmonisoidut standardit puolestaan antavat yksityiskohtaista ohjeistusta direktiivien vaatimuksien täyttämiseksi, mutta eivät sinällään ole velvoittavia.

Vaarallisen energian erottamista, jäännösenergian vapauttamista, energianlähteen lukitsemista ja merkitsemistä sekä energian erotuksen onnistumisen toteuttamista koekäynnistyksellä kutsutaan LOTOTO-periaatteeksi. Kirjainyhdistelmä viittaa englanninkielisiin termeihin Lock Out, Tag Out, Try Out ja itse menetelmä on kirjattu yksityiskohtaisesti yhdysvaltalaiseen lakiin rinnastettavaan velvoittavaan liittovaltiotason standardiin OSHA 29 CFR 1910.147. The Control of Hazardous Energy (Lockout/Tagout). Useat kansalliset lait, standardit sekä toimialakohtaiset ohjeet antavat asiasta eritavoin velvoittavia ohjeita ja määräyksiä. Edistyneimmät vaarallisen energian erottamista käsittelevät lait ja standardit ovat joustavampia kuin voimassa oleva OSHA:n velvoittava standardi, ja ne huomioivat energiamuotojen hallinnassa myös niin sanotut vaihtoehtoiset menetelmät lukituksen ollessa kuitenkin poikkeuksetta ensisijainen menetelmä.

Muun muassa Yhdysvaltain ja Kanadan Québecin provinssin velvoittavassa lainsäädännössä ja standardeissa määritellään pakolliset toimenpiteet vaarallisten energiamuotojen, kuten sähkön, paineilman, hydrauliiikan, veden ja potentiaalienergian, hallitsemiseksi koneen vaara-alueelle mentäessä hyvinkin yksityiskohtaisesti. Suomessa puolestaan työsuojelua koskevassa lainsäädännössä työnantajan ja -tekijän vastuut ja velvoitteet on määritetty yleisemmällä tasolla. Lakien ja asetusten vaatimuksien täyttämiseksi opastavissa eurooppalaisissa standardeissa on kuitenkin kuvailtu tarkemmin muun muassa tarpeelliset toimenpiteet vahinkokäynnistyksen estämiseksi.

Toimeksiantajan energianeristyskampanjan aineiston todettiin asettuvan edellä mainittuun kansainväliseen lainsäädännön ja standardien viitekehykseen, ja LOTOTO-periaate on hyvin tunnistettavissa ohjeistuksessa. Toimeksiantajan riskinarviointikäytännön kautta vaarallisen energian erottamisessa pystytään huomioimaan myös niin sanotut vaihtoehtoiset menetelmät, mikäli niiden käyttäminen on välttämätöntä. Tällöin on suoritettava nykyään vallitsevan ajattelutavan mukainen tehtäväkohtainen riskinarviointi.

Tämän opinnäytetyön toisena tavoitteena oli suorittaa toimeksiantajan tuotantolaitoksen prosessilaitteiden kartoitus energiansyötön erottamisen näkökulmasta, tunnistaa esiintyvät vaarallisen energian muodot sekä määrittää sopivat menetelmät energiansyötön erottamiseen ja varastoituneen vaarallisen energian vapauttamiseen laitepaikkakohtaisesti. Nämä tiedot oli onnistuttava esittämään vakimuotoisen energianeristysuunnitelman muodossa.

Kartoitus ja energianeristysuunnitelmien sisällön laadinta suoritettiin kenttätöinä, jossa apuna olivat niin erilaiset lähdeaineistot kuin paikallinen henkilöstö. Tuotoksina laadittiin ja asetettiin esille energianeristysuunnitelmat sekä hankittiin ja asennettiin puuttuvat välineet vaarallisen energian hallitsemiseen tarvittavien energianerotuspisteiden lukitsemiseksi.

Kenttätöiden aikana havaitut puutteet raportoitiin. Niistä myös käytiin keskusteluja paikallisen henkilöstön kanssa jo kartoitusvaiheen edetessä, ja korjaavat toimenpiteet käynnistettiin usein saman tien puutteen havaitsemisen jälkeen.

## 5.2 Pohdinta

Työn tietoperustan kokoamisessa onnistuttiin lopulta hyvin. Vaikeuksia tuotti ennen kaikkea ajantasaisen tutkimus- ja ammattikirjallisuuden löytäminen. Sitä löytyikin ennen kaikkea englanninkielisenä, koska alan kotimainen tutkimus on vähäistä. Kirjallisuuslähteet tukivat johdonmukaisesti toisiaan, kun selvitettiin eri maiden lainsäädännön ja standardien taustaa, nykytilaa ja kytkentöjä. Puutteena voidaan pitää rajoittumista kotimaan lisäksi englanninkieliseen kulttuuripiiriin, mutta työn laajuus huomioiden tämä rajaus oli pakko tehdä.

Kenttätöövaiheessa päästiin liikkeelle kohtalaisen vaivattomasti, kun aloitettiin selkeästi rajoitetusta ja toimintaperiaatteeltaan helposti hahmotettavasti prosessin osasta. Prosessilaitteiden suuri määrä ja prosessin monipuolisuus aiheutti kuitenkin paikoitellen suuriakin haasteita, ja saman prosessin osan tarkastelun äärelle oli palattava useamman kerran, kun huomattiin ettei vaarallisen energian hallinnassa oltu vielä huomioitu esimerkiksi kaikkia edeltävien tai seuraavien prosessilaitteiden mahdollisia vaikutuksia.

Omia haasteitaan liittyi kartoitustyön suorittamiseen kentällä. Koska paikallisesta henkilöstöstä ei voitu osoittaa yksittäistä henkilöä avustamaan projektissa, oli omatoimisesti osattava tuoda esille mikäli tietoja puuttui tai esiintyi ristiriitaisia näkemyksiä vaikkapa sopivasta menetelmästä jonkin energiamuodon vapauttamisesta tai vaarattomaksi tekemisestä. Lisäksi huomionarvoista on, että tämän opinnäytetyön kenttätöövaihe aloitettiin keskitalvella. Nopeasti havaittiinkin, että ulkona olevien prosessilaitteiden vaarallisen energian erotusmenetelmien lopullinen todentaminen koekäynnistyksineen kannatti työergonomiasyistä ja yksintyöskentelyn riskien hallitsemiseksi tehdä lämpimämpänä vuodenaikana. Osa kartoituksista tehtiinkin vasta keväällä, vaikka luonnollisesti käyttöhenkilöstön on kyettävä suorittamaan vaarallisen energian erotus vallitsevista olosuhteista riippumatta. Keskusteluja käytiinkin muun muassa turvakytkimien sijoittelusta ja suojaamisesta, jotta niiden mekaaninen toiminta olisi varmaa myös kovalla pakkasella tai keväällä lumen sulaessa ja sulamisvesien jäätyessä.

Energianeristysuunnitelmien luonne on säännöllisesti ylläpidettävä ja sitä kautta tarkentuva dokumentti. On selvää, että paikoin puutteellisin lähtötiedoin niitä laatineet kartoittajat ei ole välttämättä

päätynyt lopulliseen ja kaikilta osin toimivaan esitykseen vaarallisen energian eristämisestä jonkin prosessilaitteen kohdalla. Toimeksiantajan vaatimus energianeristysuunnitelmien säännöllisistä tarkastuksista ja täydentämisistä onkin hyvä käytännön esimerkki jatkuvaan parantamiseen pyrkivästä suunnittelun, tekemisen, tarkistamisen ja korjaamisen kehityssyklistä.

Koulutuksen kautta muodostuvan osaamisen sekä palautteenannon kautta tapahtuvan toiminnan ohjaamisen merkitys nousee esille myös LOTOTO-menetelmän jalkauttamisessa. Kokenut henkilöstö helposti luottaa omiin totuttuihin toimintatapoihinsa ja näkemykseensä, vaikka edellä kuvattu kehityssykli olisikin tuonut esille uusia, aiemmin tunnistamatta jääneitä näkökulmia vaarallisen energian hallintaan. Tässä projektissa vastuu henkilöstön kouluttamisesta ja menetelmän jalkauttamisesta oli toimeksiantajan tuotantolaitoksen omilla esimiehillä.

Tämän opinnäytetyön toiminnallisen osuuden myötä toimeksiantaja sai käyttöönsä Sibelcon globaalin ohjeistuksen mukaisesti laaditut energianeristysuunnitelmat koko tuotantoprosessiinsa. Lisäksi projektin aikana valittiin sopiva välineistö vaarallisen energian erottamisen käytännön toteutusta varten. Työtä varten koostetun tietoperustan huomattavin arvo on varmistaa, että yhtiön ohjeistus noudattaa kansallista lainsäädäntöä. Lisäksi toimeksiantajalle esitellään, millaiseen historialliseen ja lainsäädännölliseen viitekehykseen kyseisen maailmanlaajuisesti toimivan yrityksen ohjeistus asettuu.

Tämän opinnäytetyön tavoitteina mainittiin myös tekijän ammatillinen kasvu työturvallisuussuunnittelun ja riskinarvioinnin osa-alueilla sekä kaivosteollisuuden prosessilaitteiden toimintaperiaatteiden ymmärryksen syventäminen. Voidaan katsoa, että näissä tavoitteissa on onnistuttu. Kenttätyövaiheen jälkeen kirjoittaja on työllistynyt työsuojelun asiantuntijatehtävään sekä päässyt hyödyntämään osaamistaan myös tuotantolaitoksen turvallisuussuunnittelussa, missä vaarallisten energiamuotojen hallinta on olennainen kokonaisuus.

### 5.3 Toimenpide-ehdotukset ja jatkotutkimus

Laminoitujen A4-dokumenttien säänkestävyys ja luettavuus kentällä vallitsevissa vaihtelevissa olosuhteissa on rajallinen. Lisäksi paperimuotoisien asiakirjojen versionhallinnassa on aina omat riskinsä, jos niistä säilytetään useita rinnakkaisia kopioita eri sijainneissa: tässä asiayhteydessä sekä kentällä prosessilaitteen kohdalla että kyseisen prosessin osan valvomossa. Nykyaikaisempi lähestymistapa olisi hyödyntää sähköisiä lukulaitteita ja esimerkiksi QR-koodeja, joilla laitekohtaisia energianeristysuunnitelmia voitaisiin tarkastella halutussa paikassa sopivalla päätelaitteella. Energianeristysuunnitelma olisi saatavilla niin omalle henkilöstölle kuin alueella työskentelevälle ulkopuoliselle urakoitsijalle. Tätä toteutusta onkin sittemmin kokeiltu Nilsiän tuotantolaitoksessa.

Tässä kampanjassa energianeristysuunnitelmien laatimiseen käytetty Excel on jossain määrin kanka alusta sekä itse dokumenttien laatimiseen että käyttöönoton jälkeiseen versionhallintaan ja ylläpitoon. Sen käyttöön harjaantuu, mutta monipuolisempia ja käyttäjän työtä helpottavia alustoja olisi varmasti mahdollista kehittää.

Kiinnostavia jatkotutkimuksen aiheita löytyisikin useita pelkästään sähköisien menetelmien ja työkalujen kehitystyöstä. Nykyaikaisia mobiililaitteita voisi hyödyntää niin kartoitusvaiheessa kuin valmiin energianeristysuunnitelman esillepanossa. Kartoitustyötä voisi ohjata esimerkiksi tässä työssä esitetyin vaarallisten energiamuotojen hierarkian ja kartoitusvaiheen päätöksentekokaavion pohjalta,

suunnitelman laatijaa kysymyksillä ohjaten. Laitteissa on useimmiten kamera, jolla energianerotuspisteen dokumentointi onnistuisi ilman erillistä tiedostojen siirtelyä. Valmis tuotos olisi saatavilla niin kehittäjille kuin käyttäjille esimerkiksi sovelluksen muodossa. Myös paikannustiedon tehokas hyödyntäminen avaisi uusia mahdollisuuksia tietoteknisien apuvälineiden kehittämiseen ja käyttöön kentällä.

Kaivosalalla automaattisesti tai etäyhteyden välityksellä ohjautuvat ajoneuvot ovat yksi voimakkaasti kehittyvä trendi. Tällaisissa koneissa ja niiden mahdollistamissa entistäkin vaativammassa käyttöympäristöissä vaarallisen energian hallintaan voi liittyä täysin uudenlaisia näkökohtia. Näitä olisi mahdollista pohtia esimerkiksi tapaustutkimuksien kautta.

Erilaisia LOTOTO-menetelmään liittyviä lukitus- ja merkintäapuvälineitä on markkinoilla runsain mitoin. Niitä kannattaisi testata aktiivisesti, jotta uusimpia innovaatioita pystyttäisiin hyödyntämään. Toisaalta on tavoiteltavaa pitää välineet ja merkinnät mahdollisimman yhdenmukaisina, jotta niiden merkitys olisi käyttäjien tiedossa ja käyttötapa hallinnassa.

Vaarallisen energian vaikutuksien hallintaan liittyvän lainsäädännön ja standardoinnin historiallisen viitekehyksen osalta olisi kiinnostavaa ulottaa tarkastelu teollistuneista maista muun muassa Japaniin, Italiaan ja Venäjälle, sekä kehittyvistä maista esimerkiksi Kiinaan ja Intiaan.

Tutkimus LOTOTO-menetelmän tunnettuudesta ja soveltamisesta eri toimialoilla Suomessa sekä mahdollisesti käytettävistä vaihtoehtoisista menetelmistä tarjoaisi kiinnostavaa vertailutietoa muihin maihin. Valitettavasti alan akateeminen tutkimus on maassamme vähäistä. Työturvallisuuden asiantuntijoille on tarvetta niin kaiken kokoisissa yrityksissä kuin viranomaisvalvonnan tehtävissä. Tehtäväkenttä on laaja ja tarjoaa erikoistumisen mahdollisuuksia monenlaisille osaajille. Tulevaisuudessa toivoisinkin näkeväni myös kotimaisien korkeakoulujen tarjoavan enemmän työsuojelualan asiantuntemusta kehittäviä, ylempään korkeakoulututkintoon johtavia koulutusohjelmia.

## LÄHTEET

- Allgaier Process Technology 2014. Mogensen Sizer. PDF-tiedosto. [https://www.allgaier-process-technology.com/sites/default/files/downloads/en/mog.sizer\\_.gb\\_.07.2014.pdf](https://www.allgaier-process-technology.com/sites/default/files/downloads/en/mog.sizer_.gb_.07.2014.pdf). Viitattu 8.11.2020.
- American Society of Safety Professionals 2019. Safety Standards and Tech Pubs Podcast. Episode 9: Controlling Hazardous Energy. Podcast 14.1.2019. <https://www.assp.org/standards/safety-standards-and-tech-pubs-podcast/episode-9>. Viitattu 28.5.2020.
- ANSI/ASSP Z244.1-2016. American National Standard. The Control of Hazardous Energy. Lockout, Tagout and Alternative Methods. Vahvistettu 13.10.2016. American Society of Safety Engineers.
- British Standards Institution 2020. Verkkosivusto. <https://www.bsigroup.com>. Viitattu 24.8.2020.
- Direktiivi 2006/42/EY. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi koneista ja direktiivin 95/16/EY muuttamisesta. Euroopan Unionin virallinen lehti 9.6.2006. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006L0042&from=EN>. Viitattu 16.8.2020.
- Druley, Kevin 2019. OSHA's Top 10 most cited violations for 2019. Safety+Health -verkkolehti 24.11.2019. <https://www.safetyandhealthmagazine.com/articles/19087-oshas-top-10-most-cited-violations>. Viitattu 30.8.2020.
- Federal Register 2019. The Control of Hazardous Energy (Lockout/Tagout). A Proposed Rule by the Occupational Safety and Health Administration on 05/20/2019. Yhdysvaltain liittovaltion virallinen lehti 20.5.2019. <https://www.federalregister.gov/documents/2019/05/20/2019-10247/the-control-of-hazardous-energy-lockouttagout>. Viitattu 28.5.2020.
- Health and Safety Executive 2013a. A Guide to Health and Safety Regulation in Great Britain. Verkkokirja. <https://www.hse.gov.uk/pubns/hse49.pdf>. Viitattu 22.8.2020.
- Health and Safety Executive 2013b. Electricity at Work. Safe Working Practices. 3. painos. Verkkokirja. <https://www.hse.gov.uk/pubns/priced/hsg85.pdf>. Viitattu 22.8.2020.
- Health and Safety Executive 2015a. Electrical Safety in Mines. Verkkokirja. <https://www.hse.gov.uk/pubns/priced/hsg278.pdf>. Viitattu 22.8.2020.
- Health and Safety Executive 2015b. The Electricity at Work Regulations 1989. Guidance on Regulations. Verkkokirja. <https://www.hse.gov.uk/pubns/priced/hsr25.pdf>. Viitattu 22.8.2020.
- International Labour Organization 1954. Model Code of Safety Regulations for Industrial Establishments for the Guidance of Governments and Industry. Verkkokirja. [https://www.ilo.org/safework/info/standards-and-instruments/codes/WCMS\\_218458/lang--en/index.htm](https://www.ilo.org/safework/info/standards-and-instruments/codes/WCMS_218458/lang--en/index.htm). Viitattu 25.8.2020.
- Kaiva.fi 2014. Kaivannaistietoa kaikille. Hienonnus. PDF-tiedosto. [https://kaiva.fi/wp-content/uploads/2014/12/Hienonnus\\_Kaiva-fi.pdf](https://kaiva.fi/wp-content/uploads/2014/12/Hienonnus_Kaiva-fi.pdf). Viitattu 16.8.2020.
- Karimi, Benyamin, Bulet-Vienney, Damien, Chinniah, Yuvin & Aucourt, Barthelemy 2019. Hazardous energy control on machinery: Understanding the use of alternative methods to lockout. Safety Science 118, 519–529. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.06.003>. Viitattu 28.8.2020.
- Laki eräiden teknisten laitteiden vaatimustenmukaisuudesta. 1016/2004. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2004/20041016>. Viitattu 16.8.2020.
- Main, Bruce 2016. The New ANSI Z244.1 – Lockout, Tagout and Alternative Methods. PowerPoint-sitys. <https://tinyurl.com/y8gw9p33>. Viitattu 27.5.2020.

McManus, Thomas Neil 2013. Management of hazardous energy: deactivation, de-energization, isolation, and lockout. Verkkokirja. <https://ebookcentral.proquest.com/lib/savoniafi/detail.action?docID=981549>. Viitattu 16.8.2020.

Metso Corporation 2018. Basics in Mineral Processing Handbook. 11. painos. Verkkokirja. <https://www.metso.com/insights/basics-in-minerals-processing-handbook/>. Viitattu 16.8.2020.

Mineral Products Association 2018. Guide to Energy Isolation and LOTOTO. (Lock-out – Tag-out – Try-out). Verkkokirja. [https://www.safequarry.com/hotTopics/MPA\\_Energy%20Iso%20%20LOTOTO%2032pg%20Handbook%20V8%20Final%20Print%20Copy.pdf](https://www.safequarry.com/hotTopics/MPA_Energy%20Iso%20%20LOTOTO%2032pg%20Handbook%20V8%20Final%20Print%20Copy.pdf). Viitattu 22.8.2020.

Mineral Products Association 2019. Guide to Avoiding Contact with Moving Machinery and Isolation. Verkkokirja. [https://mineralproducts.org/documents/MPA\\_Guide\\_Avoiding\\_Contact\\_with\\_Moving\\_Machinery\\_&\\_Isolation.pdf](https://mineralproducts.org/documents/MPA_Guide_Avoiding_Contact_with_Moving_Machinery_&_Isolation.pdf). Viitattu 22.8.2020.

Occupational Safety and Health Administration 2002. OSHA 3120. Controls of Hazardous Energy. Lockout/Tagout. Verkkokirja. <https://www.osha.gov/Publications/osha3120.pdf>. Viitattu 24.8.2020.

Occupational Safety and Health Administration 2004. Recognition of ANSI/ASSE Z244.1-2003. Control of Hazardous Energy – Lockout/Tagout and Alternative Methods consensus standard. Verkkosivu. <https://www.osha.gov/laws-regs/standardinterpretations/2004-11-10>. Viitattu 27.5.2020.

Occupational Safety and Health Administration 2009. OSHA 3360. Reflections on OSHA's History. Verkkokirja. [https://www.osha.gov/history/OSHA\\_HISTORY\\_3360s.pdf](https://www.osha.gov/history/OSHA_HISTORY_3360s.pdf). Viitattu 25.8.2020.

OSHA 29 CFR 1910.147. The Control of Hazardous Energy (Lockout/Tagout). Vahvistettu 1.9.1989. United States Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.147>. Viitattu 26.5.2020.

Parikka, Risto, Mäkelä, Kimmo K., Sarsama Janne & Virolainen Kimmo 2000. Hihnakuiljettimien käytön turvallisuuden ja luotettavuuden parantaminen. Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen tiedote. <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2000/T2036.pdf>. Viitattu 10.10.2020.

Pekuri, Hanna-Mari 2020. Hallitusneuvos. Sosiaali- ja terveysministeriö. Opinnäytetyö / ILO Model code of safety regulations for industrial establishments for the guidance of governments and industry. Yksityinen sähköpostiviesti 27.8.2020. Viestin saajat: Liisa Heinonen. Hallitusneuvos. Työ- ja elinkeinoministeriö; Elli Nieminen. Erityisasiantuntija. Työ- ja elinkeinoministeriö; Janne Ulvinen.

Price, Andy 2020. Centre of Excellence Lead - Product Stewardship, Safety and Health Business Partner – Marketing and Customer Experience, Business Units, T&I, Supply Chain, Procurement. Sibelco. Academic sources regarding energy isolation / LOTOTO. Yksityinen sähköpostiviesti 14.1.2020. Viestin saaja: Janne Ulvinen.

Purpura, Philip P. 2008. Security and Loss Prevention. An Introduction. 5. painos. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-372525-7.X0001-9>. Viitattu 29.8.2020.

Regulation respecting occupational health and safety 2020. Légis Québec. <http://legisquebec.gouv.qc.ca/en/showdoc/cr/S-2.1,%20r.%2013>. Viitattu 28.8.2020.

RoSPA National Occupational Safety and Health Committee 2020. History of Occupational Safety and Health. Verkkosivusto. <https://www.historyofosh.org.uk>. Viitattu 24.8.2020.

S. Sareskoski Oy 2020. Verkkosivusto. <https://www.sareskoski.com/>. Viitattu 9.10.2020.

SFS-EN ISO 12100. Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen. Vahvistettu 13.12.2010. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. <https://online.sfs.fi>. Viitattu 16.8.2020.

SFS-EN ISO 14118:2018 + A1. Koneturvallisuus. Odottamattoman käynnistyksen estäminen. Vahvistettu 16.2.2018. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. <https://online.sfs.fi>. Viitattu 15.5.2020.

SFS-EN ISO 60204-1:2018. Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteisto. Osa 1: Yleiset vaatimukset. Vahvistettu 5.10.2018. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. <https://online.sfs.fi>. Viitattu 15.5.2020.



SFS-ISO/TR 14121-2. Koneturvallisuus. Riskin arviointi. Osa 2: Käytännön opastusta ja esimerkkejä menetelmistä. Vahvistettu 21.1.2013. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. <https://online.sfs.fi>. Viitattu 15.5.2020.

Sibelco 2019a. Development of Energy Isolation Plans. Powerpoint-esitys. Viitattu 30.8.2020.

Sibelco 2019b. Energy Isolation. Group Standard GR-HSS-0966. Verkkoaineisto. Intranet. Viitattu 30.8.2020.

Sibelco Nordic Oy Ab Nilsin Kvartsi 2015. Kaivosesitys. PowerPoint-esitys. Viitattu 14.3.2020.

Sibelco Nordic Oy Ab Nilsin Kvartsi 2020. Turvallisuusperehdytys vieraille ja urakoitsijoille. Powerpoint-esitys. Viitattu 16.8.2020.

Siirilä, Tapio 2008. Koneturvallisuus: [II], EU:n direktiivien ja standardien soveltaminen käytännössä. Espoo: Inspecta Oy.

Siirilä, Tapio & Tytykoski, Katri 2016. Koneturvallisuuden käsikirja. Keuruu: Inspecta Oy.

The Provision and Use of Work Equipment Regulations 1998. UK Statutory Instrument. Health and Safety. <https://www.legislation.gov.uk/uksi/1998/2306/contents/made>. Viitattu 22.8.2020.

Työsuojelu.fi 2020. Työsuojeluhallinnon verkkopalvelu. <https://www.tyosuojelu.fi>. Viitattu 24.8.2020.

Työturvallisuuslaki. 738/2002. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>. Viitattu 16.8.2020.

Ulvinen, Janne 2019. Energianeristysuunnitelmien valokuva-aineisto. Sijainti: Nilsin: Sibelco Oy Ab Nilsin Kvartsin sähköiset kokoelmat.

Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta. 400/2008. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080400>. Viitattu 30.3.2020.

Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta. 403/2008. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080403>. Viitattu 30.3.2020.

Verbruggen Palletizing Solutions 2017. Lay-out VPM-14. PDF-tiedosto. <https://www.verbruggen-palletizing.com/wp-content/uploads/2017/03/VPM-14-EN.pdf>. Viitattu 9.11.2020.

**LIITE 1**

Työstä on poistettu osia salauksen vuoksi.

## LIITE 2

Työstä on poistettu osia salauksen vuoksi.

## LIITE 3

Työstä on poistettu osia salauksen vuoksi.

**LIITE 4**

Työstä on poistettu osia salauksen vuoksi.

**LIITE 5**

Työstä on poistettu osia salauksen vuoksi.

**LIITE 6**

Työstä on poistettu osia salauksen vuoksi.

## LIITE 7

Työstä on poistettu osia salauksen vuoksi.



## LIITE 8

Työstä on poistettu osia salauksen vuoksi.

**LIITE 9**

Työstä on poistettu osia salauksen vuoksi.