

Joni Kangasmäki

## **Purseenpoistohiomakoneen koneturvallisuus**

Opinnäytetyö

Kevät 2016

SeAMK Tekniikka

Konetekniikan tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Konetekniikan koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Konetekniikka

Tekijä: Joni Kangasmäki

Työn nimi: Purseenpoistohiomakoneen koneturvallisuus

Ohjaaja: Kimmo Kitinoja

Vuosi: 2016 Sivumäärä: 42 Liitteiden lukumäärä: 4

---

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana oli Pohjanmaan rakennuspelti Oy, joka on ohutlevytekniikkaan erikoistunut metallialan yritys. Opinnäytetyö oli osa kokonaisuutta, jonka tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa toimiva purseenpoistohiomakone yrityksen tuotantoon. Työn tavoitteena oli selvittää EU-direktiivien yleiset vaatimukset koneturvallisuudesta sekä suunnitella näiden mukainen turvallinen purseenpoistohiomakone. Työn tarkoituksena oli esitellä ja selkeyttää turvallisuusnäkökohtia koneensuunnittelussa sekä olla apuna tulevaisuudessa turvallisuuden ratkaisuja tehtäessä. Tarkoituksena oli antaa kattavat perusteet valituille turvallisuusratkaisuille.

Opinnäytetyössä käytiin läpi koneturvallisuuden yleisiä vaatimuksia, jotka toimivat perustana valituille turvallisuusratkaisuille. Opinnäytetyö oli onnistunut, sillä työn tuloksena on suunniteltu koneturvallisuuden vaatimukset täyttävä purseenpoistohiomakone. Koneelta vaaditut toiminnot, suojat ja ohjaimet on suunniteltu esiteltyjen standardien vaatimusten mukaisesti. Työtä tehdessä havaittiin, että koneiden turvallisuuteen tulisi kiinnittää huomiota suunnittelussa jo alusta asti. Myös uusia valmiita koneita investoitaessa olisi hyvä ottaa tila ja muut koneesta riippumattomat koneturvallisuuden tekijät huomioon, jotta turvalaitteista saataisiin irti maksimaalinen hyöty.

Avainsanat: hiomakoneet, koneensuunnittelu, turvallisuusmääräykset, työturvallisuus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: Technology

Degree programme: Mechanical Engineering

Specialisation: Mechanical Engineering

Author: Joni Kangasmäki

Title of thesis: The machine safety of a flash grinding machine

Supervisor: Kimmo Kitinoja

Year: 2016      Number of pages: 42      Number of appendices: 4

---

The thesis was commissioned by Pohjanmaan rakennuspelti Oy, a metal company specialised in sheet metal work. The thesis was part of a larger project aiming to design and build a working flash grinding machine for the company's production. The aim of the thesis was to clarify general requirements for machine safety in EU directives and to design a machine to fulfil these requirements. The purpose of the thesis was to introduce and clarify safety aspects needed in mechanical design and to be of help in future when making safety solutions. The purpose was to present comprehensive principles for chosen safety features.

In the thesis common safety aspects of mechanical design were presented which were the basis for the chosen safety solutions. The thesis was successful. As a result of the thesis, a flash grinding machine meeting demands of machine safety was designed. Needed functions, shields and controls for the machine were designed to meet the demands of the standards presented in the thesis. While working on the thesis, it was discovered that machine safety should be taken in consideration from the beginning of the designing process. It would also be useful to take the space and other aspects of machine safety in consideration, when investing in new machines, to get the maximum gain out of the safety equipment.

Keywords: grinding machines, mechanical design, safety regulations, work safety

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	1
Thesis abstract.....	2
SISÄLTÖ.....	2
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo.....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	6
1 JOHDANTO.....	7
1.1 TYÖN TAUSTA.....	7
1.2 TYÖN TAVOITE JA TARKOITUS.....	10
1.3 TYÖN RAKENNE.....	10
1.4 POHJANMAAN RAKENNUSPELTI OY.....	10
2 KONETURVALLISUUDEN SÄÄDÖKSET.....	12
2.1 Konedirektiivi.....	13
2.2 Muita koneiden turvallisuutta koskevia direktiivejä.....	15
2.2.1 Pienjännitedirektiivi.....	15
2.2.2 Sähkömagneettista yhteensopivuutta (EMC) koskeva direktiivi.....	16
2.2.3 Räjähdyksvaaraa koskevat ATEX-direktiivit.....	17
2.2.4 Painelaitedirektiivi.....	17
3 KONETURVALLISUUDEN STANDARDIEN VAATIMUKSET.....	19
3.1 Odottamaton käynnistyminen.....	19
3.2 Häätäpysäytys.....	20
3.3 Suojukset.....	23
3.4 Kulkuaukot.....	23
3.5 Pneumatiikka.....	24
3.6 Riskianalyysi.....	26
4 SUUNNITELLUT RATKAISUT.....	30
4.1 Ohjausjärjestelmä.....	31
4.1.1 Turvarele.....	33
4.1.2 Häätä-seis piiri.....	33
4.2 Polykarbonaattisuojukset.....	36
5 YHTEENVETO JA POHDINTA.....	39

LÄHTEET.....	41
LIITTEET.....	42

## Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Vanha hiomakone on suunniteltu liikuteltavaksi.....	8
Kuva 2. Vanhan hiomakoneen käyttöpaneeli, ohjauksellat sekä hiomakoneet.....	9
Kuva 3. Pysäytysluokat mukaillen Siirilä 2008a, 179. ....	21
Kuva 4. Esimerkki seurausten jakamisesta numerovälille 0-100 mukaillen Siirilä & Kerttula 2009, 36.....	27
Kuva 5. Esimerkki todennäköisyyden jakamisesta mukaillen Siirilä & Kerttula 2009, 37.....	28
Kuva 6. Esimerkki riskikertoimen jaottelusta mukaillen Siirilä & Kerttula 2009, 47. ....	29
Kuva 7. Hiomakoneen 3D-suunnitelma ilman suojuksia. (Pohjanmaan rakennuspelti Oy.).....	31
Kuva 8. Allen-Bradleyn valmistama turvarele. (Movetec Oy.) .....	33
Kuva 9. Pizzato Elettrican valmistama hätä-seis painike. (Movetec Oy.).....	35
Kuva 10. Allen-Bradleyn valmistama sähköisellä lukituksella ja RFID-koodauksella varustettu rajakytkin. (Movetec Oy.).....	36

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>ATEX</b>	ATEX, vanhemmalta nimeltään Ex-määräys, tarkoittaa räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäviä laitteita koskevaa lainsäädäntöä ja standardisointia.
<b>CE-merkintä</b>	CE-merkintä (Conformité Européenne) osoittaa, että valmistaja vakuuttaa tuotteen täyttävän sitä koskevien Euroopan unionin direktiivien vaatimukset, ja se on läpikäynyt mahdollisesti vaaditut tarkistukset.
<b>EMC</b>	Sähkömagneettisella yhteensopivuudella (electromagnetic compatibility) tarkoitetaan elektronisen laitteen tai järjestelmän kykyä toimia luotettavasti toimintaympäristössään.
<b>NO (normally open)</b>	Normaalisti sulkeutuva kosketin, jonka koskettimet ovat erillään lepotilassa.
<b>Pneumatiikka</b>	Paineilmatekniikasta käytettävä nimitys.
<b>RFID</b>	Radio Frequency Identification, eli radiotaajuudella toimiva etätunnistus.

### Toimintaankytkentälaitte

Mekaaninen, sähköinen tai muun tyyppinen laite, jonka tarkoituksena on estää koneen vaarallisten toimintojen suoritus määritetyissä olosuhteissa (esimerkiksi silloin, kun koneen suojuksen avattuna).

# 1 JOHDANTO

Turvallisuuteen kiinnitetään yhä enemmän huomiota työpaikoilla. Euroopan unionin päättäjät ovat ottaneet asiakseen laatia koko Euroopan kauppaa-alueella koskevat direktiivit ohjeiksi turvallisuuden lähtökohtien yhtenäistämiseksi. Yhtenäiset Euroopan säädökset helpottavat Euroopan kauppaa-alueella tapahtuvaa kaupankäyntiä, sillä Euroopan yhtenäistettyjen standardien mukaan valmistetut tuotteet täyttävät kaikkien Euro-maiden vaatimukset. Direktiivit eivät kuitenkaan rajoitu vain myytäviin tuotteisiin, vaan ne koskevat turvallisuuden vaatimusten osalta myös omaan käyttöön valmistettuja koneita ja laitteita. Myyntiin valmistettavien tuotteiden osalta täytyy valmistajan antaa direktiivien noudattamisesta vastuuvakuutus sekä kiinnittää tuotteeseen CE-merkki. Tällä menettelyllä valmistaja vakuuttaa, että tuote on valmistettu direktiivien vaatimusten mukaisesti. (Siirilä & Kerttula 2009, 12-27.)

Tässä opinnäytetyössä esitellään koneen suunnitteluun vaikuttavat tärkeimmät turvallisuuden direktiivit. Lisäksi esitellään ne standardit yleisine vaatimuksineen, joita tullaan käyttämään opinnäytetyöhön kuuluvan purseenpoistohiomakoneen koneturvallisuuden ratkaisujen valinnassa.

## 1.1 Työn tausta

Tällä hetkellä yrityksellä on käytössä aiemmin itse rakennettu purseenpoistohiomakone, johon on myöhemmin lisätty vetopyörä turvallisuuden ja ergonomian vuoksi. Kone on rakennettu liikuteltavaksi tuotantotilojen rajallisen tilan vuoksi (kuva 1). Hiomakone on toteutukseltaan läpivetävä, eli koneeseen syötetään tuotetta toisesta päästä ja toisesta päästä tulee hiottu tuote ulos. Hiominen toteutetaan kahdella nauhahiomakoneella, joiden tarkoituksena on poistaa levyleikkurin jättämät terävät reunat ennen seuraavaa työvaihetta. Kone vaatii käytettäessä jatkuvasti vähintään yhden työmiehen aktiivisen työskentelyn, sillä konetta syötetään ja puretaan käsin. Koneeseen on rakennettu alapuolelle imuri hiontapölyn poistamiseksi, mutta imuri ei ole tuottanut toivottua tulosta pölyn poistamisessa. Hiomakoneen pieni koko ja



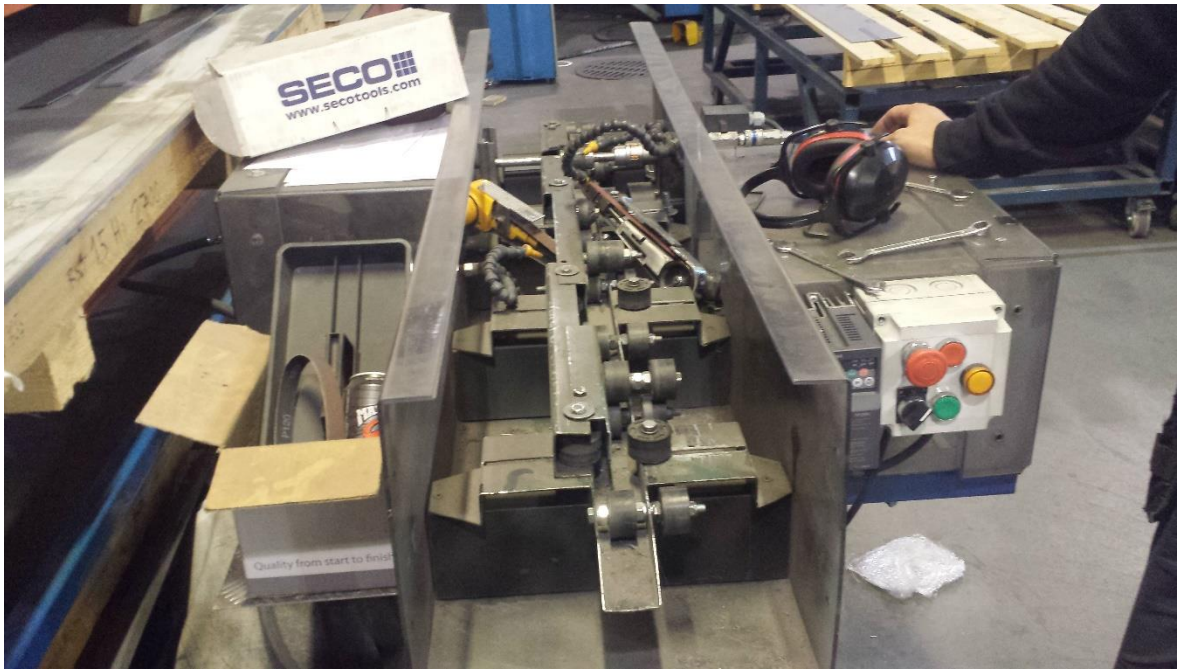
liikuteltavuus on kuitenkin helpottanut koneen puhdistamista säännöllisesti paineilmalla. Hiomakone on uusimisen tarpeessa, sillä nykyinen kone rikkoutuu liian usein ja koneen asetusten tekeminen on haastavaa sekä työlästä.



Kuva 1. Vanha hiomakone on suunniteltu liikuteltavaksi.

Eritoten rikkoutuvia kohteita ovat vanhassa koneessa paineilmalla toimivien nauha-hiomakoneiden laakerit, joita ei ole suunniteltu pitkäaikaiseen jatkuvaan käyttöön. Lisäksi hiomisesta johtuva lämmöntuotto pahentaa tilannetta. Lämpöä pyritään pitämään maltillisena puhaltamalla lämpökohteisiin paineilmaa, mutta tämä syö erittäin paljon tuotannon kompressorin kapasiteettia.

Koneen asetuksia säätäessä joutuu avaamaan useita eri ruuveja ja jokaisen ohjauspyörän asetus pitää tehdä erikseen. Jotta ohjauspyöriin päästään käsiksi, täytyy usealla pultilla kiinni oleva polykarbonaattisuojaus irrottaa. Lisäksi itse hiomakoneet on kiinnitetty järjestelmään tuilla, joiden säätäminen tarkkaan työhön ei ole helppoa (kuva 2).



Kuva 2. Vanhan hiomakoneen käyttöpaneeli, ohjauksrullat sekä hiomakoneet.

## **1.2 Työn tavoite ja tarkoitus**

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää Euroopan direktiivien yleiset vaatimukset koneturvallisuudesta sekä suunnitella näiden mukainen turvallinen purseenpoistohiomakone. Työ on osa kokonaisuutta, jonka tarkoituksena on suunnitella ja toteuttaa toimiva kone Pohjanmaan rakennuspelti Oy:n tuotantoon. Työn tarkoituksena on esitellä ja selkeyttää turvallisuusnäkökohtia koneen suunnittelussa sekä olla apuna tulevaisuudessa turvallisuuden ratkaisuja tehdessä. Tarkoituksena on antaa kattavat perusteet valituille turvallisuusratkaisuille.

## **1.3 Työn rakenne**

Työssä esitellään lähtökohdat, jonka päätarkoituksena on selkeyttää syitä uuden koneen suunnittelulle ja hankinnalle. Työssä esitellään tärkeimmät Euroopan direktiivit koneenrakennukseen liittyen sekä miten nämä direktiivit on Suomessa saatettu lainvoimaisiksi. Tämän jälkeen esitellään purseenpoistohiomakoneen suunnitteluun vaikuttavat tärkeimmät turvallisuutta käsittelevät standardit ja niiden yleisiä vaatimuksia. Lopuksi esitellään perustellen uuden koneen suunnitellut ratkaisut. Työhön kuuluu suurelta osin koneen ohjausjärjestelmän suunnittelua sekä komponenttien valintaa. Näihin valintoihin koneturvallisuuden lähtökohdat vaikuttavat osaltaan niin välillisesti kuin välittömästäkin.

## **1.4 Pohjanmaan rakennuspelti Oy**

Pohjanmaan rakennuspelti Oy (PRP) on vuonna 1987 perustettu ohutlevytekniikkaan erikoistunut metallialan yritys. Henkilöstöä yhtiössä on yhteensä noin 70 henkeä ja tuotantotilaa sillä on yhteensä 7000 neliometriä. Liikevaihtoa yritys tuotti vuoden 2016 alussa 10 miljoonaa euroa. PRP:n toimipisteet sijaitsevat Seinäjoella, Vaasassa, Porissa ja Porvoossa. Vuosien aikana yhtiö on laajentanut toimintaansa ensin yhdistymällä EP:n ikkunalasin kanssa vuonna 2007. Tällä hetkellä EP:n ikkunalasi Oy:n lisäksi yhtiöön kuuluvat myös PRP-Porvoo Oy , PRP-Vaasa Oy, sekä Scan-Mikael Oy. Lisäksi yritys tuottaa asennuspalveluita rakennuksille Pohjanmaan

alueella. Asennuspalveluita laajennetaan vuonna 2016 myös Etelä-Suomeen. Toimialueena on koko Suomi ja ulkomaat mm. Viroon ja Venäjälle on ollut vientiä. Yrityksen visioon kuuluu kasvaa toimialan kärkiyritykseksi. (Pohjanmaan rakennuspelti Oy, [Viitattu 16.1.2016].)

## 2 KONETURVALLISUUDEN SÄÄDÖKSET

Koneturvallisuus Euroopassa perustuu konedirektiiviin (2006/42/EY), jossa määritellään perusvaatimukset koneiden turvallisuudelle. Alkuperäinen konedirektiivi on tullut voimaan vuonna 1989. Nykyisin käytössä oleva konedirektiivi on tullut voimaan 2006. Koneita koskevat myös muut määräykset, kuten lait ja asetukset. Näitä ovat yleisemmin konelakina tunnettu laki eräiden teknisten laitteiden vaatimustenmukaisuudesta (1016/2004), sekä työturvallisuuslaki (738/2002). Konedirektiiviä vastaava suomalainen säädös on koneasetukseksi kutsuttu asetus koneiden turvallisuudesta (400/2008). (Siirilä 2008a, 19, 26-28; Siirilä & Kerttula 2009, 12-13; Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes), [viitattu 30.1.2016].)

Koneen määritelmä on konedirektiivissä erittäin laaja, joten se koskee erittäin suurta osaa kaikista Euroopassa käytössä olevista laitteista. Direktiiviä täydennetään yhdenmennyillä eurooppalaisilla standardeilla. Standardit täsmentävät direktiivien vaatimuksia. Kun koneet suunnitellaan näiden standardien mukaisesti voidaan olettaa, että ne silloin täyttävät konedirektiivin terveys- ja turvallisuusvaatimukset. (Siirilä 2008a, 19-20.)

Koneita koskee usein myös muut direktiivit. Näistä esimerkkinä ovat sähköä jollain tapaa käyttävät koneet, joiden tulee noudattaa myös pienjännitedirektiiviä sekä EMC-direktiiviä. Painelaitteita sisältävien koneiden tulee täyttää painelaitedirektiivin vaatimukset ja paineastioita paineastiadirektiivi. Peruseriaatteena kuitenkin pidetään, että koneen tai laitteen tulee noudattaa kaikkia sitä koskevia direktiivejä. (Siirilä 2008a, 34.)

Koneiden direktiivien mukaista turvallisuutta valvovat työsuojeluviranomaiset. Näitä ovat Kuluttajavirasto sekä Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (TUKES). Velvoittavat päätökset, kuten myynnin kieltäminen tai myytyjen koneiden korjaus- sekä takaisinlunastuspäätökset kuitenkin tekee Sosiaali- ja terveysministeriön työsuojeluosasto. (Siirilä 2008a, 25; Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes), [viitattu 30.1.2016].)

## 2.1 Konedirektiivi

Konedirektiivin tarkoituksena on mahdollistaa koneiden vapaa liikkuvuus Euroopan kauppaa-alueella. Euroopan jäsenvaltiot sitoutuvat direktiiviin, eivätkä valtioiden viranomaiset voi asettaa koneiden maahantuonnin tai myynnin ehdoiksi direktiivin minimivaatimuksia ylittäviä vaatimuksia. Direktiivin kiertämisen ja kaupan vinouttamisen estämiseksi se koskee myös itselle omaan käyttöön valmistettavia koneita. (Siirilä 2008a, 22; Siirilä & Kerttula 2009, 12-14.)

Suomessa vuoden 1994 jälkeen hankittujen koneiden pitää täyttää konedirektiivien vaatimukset. Konedirektiivin velvoitteet on suunnattu pääosin valmistajalle, mutta työnantajan velvollisuus on varmistaa, että hankittavat koneet täyttävät direktiivin vaatimukset. Koneen vaatimusten mukaisuudesta antaa valmistaja vaatimustenmukaisuusvakuutuksen, jonka jälkeen siihen voidaan kiinnittää CE-merkki. Merkki tarkoittaa, että kone täyttää kaikkien sitä koskevien direktiivien vaatimukset. (Siirilä 2008a, 28-29.)

Konedirektiivi koskee lähes kaikkia koneita. Direktiiviä ei kuitenkaan sovelleta koneisiin, joita koskee jokin erityisdirektiivi. Tällaisia koneita ovat esimerkiksi huvipuitolaitteet, ajoneuvot sekä lääkekinnälliset laitteet. Myös jotkin pienet lähinnä kotona tai toimistoissa käytettävät sähkölaitteet jätetään konedirektiivin ulkopuolelle, sillä niiden aiheuttamat vaarat ovat pääosin sähköstä johtuvia. Tällaisia laitteita ovat esimerkiksi pöytätietokoneet, tulostimet ja hiustenkuivaajat. Näitä laitteita kuitenkin koskee pienjännitedirektiivi. Konedirektiivin neljännessä liitteessä eritellään myös laitteet, joille vaaditaan kolmannen osapuolen tyyppihyväksyntä. Tällaisia koneita ja laitteita ovat esimerkiksi erilaiset nostimet ja moottorisahat. Tyyppitarkastuksia tekee Suomessa esimerkiksi Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy ja Inspecta tarkastus Oy. (Siirilä 2008a, 28; Siirilä & Kerttula 2009, 23.)

Olennoterveys- ja turvallisuusvaatimukset kerrotaan konedirektiivin liitteessä yksi. Yleisenä sääntönä on pidetty jo pitkään, että kone tulee suunnitella turvalliseksi niin, että mitään suoja ei tarvita. Käytännössä tämä on kuitenkin lähes mahdotonta, joten joitakin suoja ja turvalaitteita joudutaan käyttämään, jotta riskit saadaan mahdollisimman pieniksi. Ensisijaisesti kuitenkin pitäisi aina pyrkiä vaarattomaan koneeseen. (Siirilä 2008a, 31.)

Koneen ohjausjärjestelmän toteutuksella on suuri vaikutus koneen turvallisuuteen. Suurin osa koneiden turvatoiminnoista toteutetaan erilaisilla ohjausjärjestelmillä. Ohjausjärjestelmä ei kuitenkaan vikaantuessaan saa aiheuttaa vaaraa tai turvatoimintojen lamaantumista. Siirilän mukaan ohjausjärjestelmiltä vaaditaan ainakin seuraavanlaisia turvallisuuteen vaikuttavia perusvaatimuksia (Siirilä 2008a, 31-33; Siirilä 2009, 91-92.):

- Ohjausjärjestelmän häiriöt tai ohjelmointivirheet sekä energiansyötön häiriöt eivät saa johtaa vaaratilanteisiin. Kone ei saa käynnistyä odottamattomasti. Sen pysäyttäminen täytyy olla aina mahdollista. Lisäksi turvalaitteiden on pysyttävä aina toimintakuntoisina tai niiden on pysäytettävä kone.
- Hallintalaitteet pitää sijoittaa riittävän etäälle vaarakohdista, jotta niihin ei voida vahingossa vaikuttaa ja täten aiheuttaa koneen tahaton liike.
- Käynnistyminen saa tapahtua vain erillisellä käynnistimellä. Kone ei saa käynnistyä esimerkiksi sähkökatkoksesta palauduttaessa.
- Koneessa täytyy olla pysäytyspainike normaalia pysäytystä varten. Koneen pysähdytyä on energian syötön katkettava toimilaitteisiin.
- Mikäli konetta voidaan käyttää turvatoiminnot ohitettuina, on turvallisuus varmistettava muilla tavoin. Esimerkiksi pakkokäytön ja hitaiden liikkeiden yhdistelmällä.
- Jokainen kone täytyy varustella laitteilla, joilla kaikki energiansyöttö laitteeseen voidaan katkaista. Nämä laitteet tulee kytätä lukitsemaan ”erotettu” asentoon. Katkaisun jälkeen koneeseen jäävä energia, esimerkiksi potentiaalienergia, pitää pystyä purkamaan turvallisesti.

Koneissa on erittäin usein myös monia mekaanisia vaaroja, joiden torjuntaan on laadittu useita tapauskohtaisia standardeja. Kuitenkin pääkohdiltaan mekaanisten vaarojen torjumiseen liittyvät seuraavat kohdat (Siirilä 2008a, 33.):

- Liikkuvat osat on suojattava kiinteillä tai koneen toimintaan kytketyillä suojuksilla. Kiinteällä suojuksella tarkoitetaan suojusta, jonka poistamiseen tarvitaan erillisiä työkaluja. Toimintaan kytketty suojuus pysäyttää koneen ennen mahdollista vaaratilannetta.

- Suojusten ja turvalaitteiden ohi tai läpi ei saa ylettyä vaarakohtaan. Mikäli suojus on kytkettynä koneen pysähtymiseen, ei vaarakohteeseen saa ehtiä ennen kuin kone on täysin pysähtynyt.
- Koneen liikkeet eivät saa olla mahdollisia, kun suojukset ovat auki.
- Turvalaitteet pitää suunnitella siten, että niitä ei voi helposti ohittaa ja tehdä toimimattomiksi.

Koneilta vaaditaan myös paljon muita turvallisuustekijöitä. Esimerkiksi kaikkien säätöä, voitelua ja kunnossapitoa säännöllisesti vaativien kohtien pitää olla vaaravyöhykkeiden ulkopuolella. Lisäksi kaikki huolto- ja korjaustoimenpiteet pitäisi pyrkiä suunnittelemaan siten, että ne voidaan toteuttaa koneen ollessa täysin pysähtynyt. Koneiden hallintaelimet ja käyttöohjeet pitää olla saatavissa käyttäjän ymmärtämällä kielellä, eli pääsääntöisesti suomeksi ja tarvittaessa ruotsiksi. Kun kone valmistetaan myytäväksi, pitää kaikki dokumentit ja tekstit olla saatavissa aina vähintään kohdemaan virallisilla äidinkielistä sekä yleisesti myös englanniksi. (Siirilä 2008a, 34.)

## **2.2 Muita koneiden turvallisuutta koskevia direktiivejä**

Koneissa käytetään usein osia, komponentteja ja niiden yhdistelmiä, joita koskevat omat direktiivit. Yleisimpiä koneisiin kohdistuvia direktiivejä Suomessa konedirektiivin lisäksi ovat pienjännitedirektiivi 2006/95/EY, sähkömagneettista yhteensopivuutta (EMC) koskeva direktiivi 2004/108/EY, kaksi erillistä ATEX-direktiiviä 94/9/EY ja 1999/92/EY, painelaitedirektiivi 97/23/EY sekä konekäyttöisiä rakennusten ovia ja ilmastointilaitteita koskeva rakennustuotedirektiivi 89/106/ETY. Näistä kaikkia, rakennustuotedirektiiviä lukuun ottamatta, sovelletaan purseenpoistohiomakoneen koneturvallisuuden suunnittelussa. (Siirilä 2008a 34.)

### **2.2.1 Pienjännitedirektiivi**

Vaikka direktiiviä 2006/95/EY kutsutaan pienjännitedirektiiviksi, koskee se laitteita, joiden käyttöjännitteet yltyvät vaihtovirralla 1000 volttiin ja tasavirralla aina 1500 volttiin saakka. Oletuksesta poiketen, direktiivi ei koske pieniä jännitteitä lainkaan,



vaan sen alarajoina ovat vaihtovirralla 50 voltia ja tasavirralla 75 voltia. Kuitenkin direktiivien mukaan yhdenmukaistetussa koneiden sähkölaitteiston perustandardissa SFS-EN 60204-1 ei ole alarajaa jännitteelle. Täten myös pienellä jännitteellä toimivien ohjauksjärjestelmien pitää täyttää standardin vaatimukset. (Siirilä 2008a, 34.)

Pienjännitedirektiivin vaatimukset täytetään yleisesti suunnittelemalla ja valmistamalla kone Euroopassa yhdenmukaistettujen standardien mukaisesti. Direktiivin ulkopuolelle on rajattu esimerkiksi hissit ja niiden sähkölaitteet. Hissejä koskevat omat direktiivit. Kaikkien sähkölaitteiden on kuitenkin täytettävä vähintään seuraavat direktiivin turvallisuusvaatimukset (Siirilä 2008a, 35.):

- Suora tai epäsuora sähköinen kosketus ei saa aiheuttaa vaaraa.
- Vaarallisten lämpötilojen, valokaarien tai säteilyn esiintyminen on estettävä.
- Ihmiset, kotieläimet ja omaisuus pitää olla suojattu myös sähkölaitteen muilta kuin sähköisiltä vaaroilta. Käytännössä noudattamalla konedirektiivin vaatimuksia.
- Sähkölaitteen eristyksen täytyy olla tarkoitukseen sopiva.
- Laitteen on kestävä oletettavissa olevat mekaaniset rasitukset.
- Ylikuormitustilanteesta ei saa aiheutua vaaraa.

### **2.2.2 Sähkömagneettista yhteensopivuutta (EMC) koskeva direktiivi**

Sähkömagneettista yhteensopivuutta koskeva direktiivi 2004/108/EY on saatettu Suomessa voimaan asetuksella 1466/2007 sähkölaitteiden ja -laitteistojen sähkömagneettisesta yhteensopivuudesta. Direktiivin vaatimukset koskevat sekä laitteiden aiheuttamaa sähkömagneettista häiriötä että sen sietoa. Etenkin häiriön sieto ja koneen turvallinen toiminta siitä huolimatta nousee tärkeämmäksi vaatimukseksi. Koneiden täytyy häiriöistä huolimatta joko jatkaa toimintaansa turvallisesti tai vaihtoehtoisesti pysähtyä vaaraa aiheuttamatta. Etenkin jatkuvassa määrin yleistyvää ja kehittyvää langaton teknologia tuovat haasteita laitteiden häiriönsiedon suunnittelun

kannalta. Myös jatkuvasti lisääntyvä elektroniikka koneiden ohjauslaitteissa on yleisesti häiriöherkempää kuin perinteisesti käytetyt sähkömekaaniset komponentit. (Siirilä 2008a, 35.)

Sähkömagneettisten laitteiden yhteensopivuus ja niihin liittyvät ilmiöt ovat usein erittäin monimutkaisia ja vaikeasti ennustettavissa. EMC-direktiivin vaatimukset varmennetaankin pääsääntöisesti laboratoriotestauksin, mikäli se on koneen tai laitteiston koko huomioon ottaen mahdollista. Mikäli konetta tai laitteistoa on käytännössä mahdotonta toimittaa laboratorioon testattavaksi, käytetään laitteistossa pelkästään EMC-testattuja komponentteja ja ne pitää asentaa tarkasti komponenttien asennusohjeita noudattaen. (Siirilä 2008a, 36.)

### **2.2.3 Räjähdyksvaaraa koskevat ATEX-direktiivit**

Räjähdyksvaaraa koskevia direktiivejä on kaksi. Näistä ensimmäinen 94/9/EY koskee räjähdyskelpoisiin ilmaseoksiin tarkoitettuja koneita ja toinen 1999/92/EY työpaikkojen räjähdysvaarallisia tiloja. Räjähdyksvaaraa ja siihen liittyvää riskien hallintaa tarkastellaan standardin SFS-EN 1127-1 mukaisesti. (Siirilä 2008a, 37.)

Direktiivejä käytetään, kun on kyse räjähdyskelpoisista ilmaseoksista, joilla tarkoitetaan normaali-ilmanpaineisen ilman ja palavan kaasun, sumun, pölyn tai höyryn seosta, jossa syttymisen jälkeen palaminen leviää koko seokseen, sekä niissä käytettävistä laitteista. Direktiivien tarkoituksena on taata räjähdysvaarallisissa tiloissa työskentelevien ihmisten turvallisuus yhtenäistetyksi koko Euroopan kauppalueella. Lisäksi direktiiveillä pyritään takaamaan ATEX-laitteiden vapaan kaupan mahdollisuudet. (Siirilä 2008a, 73; Turvallisuus- ja kemikaalivirasto, [Viitattu 1.4.2016], 4.)

### **2.2.4 Painelaitedirektiivi**

Painelaitteita koskeva direktiivi 97/23/EY on Suomessa saatettu voimaan useammalla säädöksellä. Näitä ovat Painelaitelaki (869/1999), Asetus tarkastuslaitoksista (890/1999) sekä Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös painelaitteista (938/1999).

Näistä viimeistä sovelletaan kaikkiin painelaitteisiin, joiden käyttöpaine ylittää 0,5 baria. Painelaitteista kootaan tarkoitukseen sopivia laitekokonaisuuksia. Myös laitekokonaisuudet kuuluvat edellä mainittujen säädösten piiriin. (Siirilä 2008a, 38-39; Turvatekniikan keskus [Viitattu 31.1.2016], 5.)

Painelaitteet jaetaan suunnittelua ja valmistusta koskevien vaatimusten määrittämistä varten kahteen ryhmään: niihin, joiden suunnittelussa noudatetaan hyvää konepajakäytäntöä ja niihin, joiden suunnittelussa noudatetaan turvallisuusvaatimuksia. Painelaitteet, jotka noudattavat olennaisia turvallisuusvaatimuksia jaetaan neljään eri luokkaan kasvavan riskin mukaan. Luokkien ja hyvän konepajakäytännön rajat on esitetty päätöksen (938/1999) liitteessä 2. (Turvatekniikan keskus [Viitattu 31.1.2016], 5.)

### 3 KONETURVALLISUUDEN STANDARDIEN VAATIMUKSET

Direktiivien vaatimukset ovat ns. yleisiä vaatimuksia, joita täydennetään yhdenmu-  
kaistetuissa eurooppalaisissa standardeissa. Nämä standardit julkaistaan tunnuksella SFS-EN. Niiden voimassaoloaika on viisi vuotta. Kannattaa aina varmistua, että käytössä on uusin ja päivitetty versio standardista. Koneturvallisuuden standardien lista löytyy Suomen standardisoimisjärjestön verkkosivuilta ([www.sfs.fi](http://www.sfs.fi)). (Siirilä 2008a, 58-59.)

Standardit jaetaan A-, B- ja C-tyyppin standardeihin. Nämä standardit muodostavat kolmitasoisien järjestelmän, jossa A-tyyppin standardit ovat ns. yleisen tason standardeja, jotka käsittelevät kaikkia koneita koskevia vaatimuksia. B-tason standardit käsittelevät yleisimpiä koneissa sovellettavia ratkaisuja, kuten turvalaitteita ja suojuksia. C-tyyppin standardit koskevat jotain tiettyä konetyyppiä tai koneryhmää esimerkiksi hiomakoneita tai särmäyspuristimia. (Siirilä 2008a, 59-62.)

#### 3.1 Odottamaton käynnistyminen

Odottamatonta käynnistymistä ja sen estämistä käsitellään standardissa SFS-EN 1037 +A1. Standardi jakautuu kahteen eri osa-alueeseen. Ensimmäinen osa käsittelee koneen luotettavaa erottamista energianlähteistä. Toinen käsittelee odottamattoman käynnistymisen estämistä energiansyötön ollessa kytkettynä, jolloin käynnistyminen on turvalaitteiden varassa. (Siirilä 2008b, 59.)

Energiansyötöstä erottaminen toteutetaan usein käsikäyttöisellä kytkimellä, joka voidaan lukita "erotettu" asentoon. Erottamisen yhteydessä täytyisi kaiken varautuneen energian purkautua järjestelmästä. Tällaisia energioita ovat esimerkiksi kondensaattoreiden sähkövaraukset sekä paineilmajärjestelmiin sulkeutuva paine. Mikäli energiaa ei kyetä poistamaan järjestelmästä luotettavasti, on pystyttävä varmuudella estämään varautuneen energian synnyttämät mahdolliset liikkeet. (Siirilä 2008b, 59-60.)

Yksittäisillä koneilla tapahtuvissa odottamattomissa käynnistyksissä on usein syynä tahaton hallintalaitteeseen vaikuttaminen. Hallintaelimet täytyy suojata ja sijoittaa

siten, että vahingossa vaikuttaminen olisi mahdotonta. Painikkeet saavat olla enintään ympäröivän pinnan tasolla, mutta mieluummin upotettuja tai erillisillä kauluksilla varustettuja. Myös vivut ja jalkapolkimet pitää suojata siten, että niitä päin horjahtaminen ei aiheuta vaikutusta. Jalkapolkimissa käytetään yleisesti kolmiasentoista poljinta, joka vaikuttaa vain keskiasennossaan. Tällainen poljin on vaatimuksena esimerkiksi särmäyspuristimissa. (Siirilä 2008b, 62.)

Odottamattomalta käynnistymiseltä voidaan suojautua myös erilaisilla ohjausjärjestelmään kytketyillä turvalaitteilla. Yleisimpiä näistä ovat erilaiset rajakytkimet, kuten valokennot tai anturein varustetut ovet ja luukut. Turvalaitteeseen vaikuttamisen täytyy aiheuttaa koneen irtoaminen energiansyötöstä ja liikkeiden pysähtyminen. Liikkeet voivat pysähtyä itsestään tai hallitusti erilaisilla jarruilla. Suurien koneiden kohdalla on kuitenkin mahdollista, että turvalaitteeseen vaikuttaminen kuitataan toisen työntekijän toimesta, jolloin koneen on mahdollista käynnistyä. Tällaisessa tilanteessa pitää noudattaa ohjausjärjestelmästandardin vaatimuksia riittävästä näkyvyydestä turva-alueelta. Turvalaitteiden täytyy pysäyttää kone luotettavasti myös silloin, kun vaara-alueella käymisen syy on lyhyt aikaista. (Siirilä 2008b, 62-64.)

### **3.2 Hätäpysäytys**

Ennen hätäpysäyttimien vaatimuksista kertomista, on hyvä selventää standardin SFS-EN 60204-1 määrittelemät laitteen pysäytysluokat. Näitä luokkia on yhteensä kolme: Luokka 0, luokka 1 ja luokka 2. Näistä luokat nolla ja yksi ovat energiansyötöstä erottavia pysäytysluokkia. Luokan kaksi pysäytyksessä syöttöä ei katkaista ja laitteet jäävät toimintavalmiiksi, joten liikkeitä täytyy valvoa erikseen hyväksytyyn ohjausjärjestelmän avulla. Kakkosluokan pysäytyksiä vältetään mikäli mahdollista. Kuitenkaan energiansyötön katkaiseminen ei aina ole riittävä toimenpide, vaan pysähdyksessä kaikki järjestelmään varautunut energia täytyy myös purkautua. Vaihtoehtoisesti voidaan järjestelmä pitää paikoillaan erilaisilla salvoilla tai jarruilla. Luokkien nolla ja yksi suurin ero on siinä, että nollaluokan pysäytyksessä energiansyöttö katkaistaan ennen pysähtymistä. Ykkösluokan pysäytyksessä liike keskeytetään ennen syötöstä irrottamista. Yleensä ykkösluokassa tarvitaan hallittua pysäy-

tystä, jolloin energiansyöttöä ei voida katkaista ennen koneen seisahtumista. Turvalaitteen ja hätäpysäyttimen täytyisi saada aikaan luokan nolla tai yksi mukainen pysäytys. Seis-käskyn saa poistaa vain erikseen kuittaamalla. Pysäytysluokkia on havainnollistettu kuvassa 3. (Siirilä 2008a, 179-180.)



Kuva 3. Pysäytysluokat (mukaillen Siirilä 2008a, 179).

Hätäpysäyttimistä ja niiden sijoittelusta on säädetty standardissa SFS-EN ISO 13850. Erillisten hätäpysäyttimien tarkoituksena on nopea liikkeiden seisahtuminen myös silloin, kun normaali pysäytin on vaikeasti saavutettavissa. Usein hätäpysäytykseen liitetään myös normaalia pysäytystä tehokkaampi jarrutus ja täten nopeampi liikkeiden loppuminen. Hätäpysäytin sijoitetaan yleensä lähelle työskentelyaluetta ja helposti käytettäväksi. Toisena tarkoituksena on toimia varajärjestelmänä silloin, kun koneen normaali pysäytys vikaantuu. Hätäpysäyttimen yhteyteen vaaditaan erilliset pakkokäyttöiset venttiilit ja kytkimet, jotta sillä ei vaikutettaisi samaan jumittuneeseen kytkimeen kuin normaalilla pysäyttimellä. Hätäpysäytyksen kuittaus ei saa aiheuttaa koneen käynnistymistä. (Siirilä 2008a, 206-207.)

Hätäpysäyttimen tarve tulee kartoittaa sen mukaan, onko koneen oma normaali pysäytystoiminto riittävä vaaran torjumiseen ja luotettavaan pysäyttämiseen. Tavallinen pysäytystoiminto voi olla riittämätön esimerkiksi seuraavissa tilanteissa (Siirilä 2008a, 208.):

- Koneen oma pysäytyselin on liian etäällä työpisteestä, jolloin koneeseen takertunut henkilö ei yllä pysäyttämään konetta.
- Normaali pysäytyselin on sijoitettu, muotoiltu tai suojattu siten, että sitä on liian vaikea käyttää hätätilanteessa.
- Kun hätätilanteessa tarvitaan normaalia pysäytystä nopeampaa koneen pysähtymistä (erilliset hätäpysäyttimeen kytketyt jarrut).
- Kun normaali pysäytys saa aikaan vain luokan 2 pysäytyksen.
- Normaali pysäytyslaite vikaantuu.

Koneturvallisuusasetuksen mukaisesti koneessa on oltava vähintään yksi tai useampi hätäpysäytin. Tästä vaatimuksesta voidaan poiketa vain asetuksessa mainituilla ehdoilla. Hätäpysäytin ei pääsääntöisesti ole pakollinen silloin, kun sen lisääminen koneeseen ei millään tavoin lisää koneen turvallisuutta. (Siirilä 2008a, 209; Siirilä 2009, 286-287.)

Hätäpysäyttimien määrä ja sijoittelu on tapauskohtaista. Sijoittelussa tulee kuitenkin noudattaa seuraavia työterveyslaitoksen esityksiä (Siirilä 2008a, 210.):

- Käyttäjän suurin etäisyys hätäpysäyttimeen seisomatyössä 2-3 metriä ja istumatyössä 1-2 metriä.
- Mikäli käyttäjän paikka on istumatyössä vakiintunut, tulee hätäpysäytin olla aina saatavilla (alle 1m etäisyydellä käyttäjästä).
- Kädellä käytettävän pysäyttimen optimaalinen korkeus on 70-130 cm. Tätä korkeammalle pysäytintä ei tule sijoittaa, vaan mieluummin tätä alemmas.

### 3.3 Suojukset

Suojuksista säädetään standardeissa SFS-EN ISO 14119, SFS-EN 349 + A1 sekä SFS-EN 547-2 + A1. Suojusten pääsääntöinen tehtävä on estää koneen toiminnasta aiheutuvien vaarojen leviäminen ympäristöön. Niillä voidaan estää ihmisen ja koneen liikkuvien osien kohtaaminen, mutta koneiden vaarat voivat ulottua pitkälle liikkuvien osien ulottuvuuden ulkopuolelle. Osa tällaisista vaaroista aiheuttaa välittömän tapaturman, kun taas osa voi aiheuttaa terveysvaikutuksia pitkän altistumisen myötä. Välitöntä vaaraa aiheuttavat esimerkiksi sinkoutuvat osat ja pitkäaikaisia terveysvaikutuksia esimerkiksi tärinä, huono työergonomia sekä pölyt ja kaasut. (Siirilä 2008a, 150-151.)

Suojukset tulee suunnitella koneen vaaratekijöiden mukaisesti. Esimerkiksi hiomakoneista on säädetty erillinen standardi SFS-EN 13218, jossa määritetään kiinteiden hiomakoneiden suojusten paksuudet. Suojuksen paksuuteen vaikuttavat käytettävä hiontamateriaali, laikan kehänopeus sekä suojuksen valmistusmateriaali. Avattavien suojusten tulee olla riittävän kevyitä, tai ne tulee suunnitella esimerkiksi trukilla liikuteltaviksi. Painavat suojukset eivät myöskään saa aiheuttaa sulkeutessaan puristumisvaaraa. Kiinteä suojuus tulee kytkeä irrottamaan vain erillisellä työkalulla. Mikäli avaaminen on nopeaa ja verrattain helppoa, tulee suojuus kytkeä koneen toimintaan asianmukaisin rajakytkimin. (Siirilä 2008a, 152-154.)

### 3.4 Kulkuaukot

Tavaroiden ja ihmisen liikkumista varten on vaaravyöhykkeen suojuksiin tehtävä aukkoja. Tapaturmien välttämiseksi on tärkeää, että ihminen ei pääse kurottamaan tai kulkemaan näiden aukkojen lävitse, kun kone on käynnissä tai käynnistymisvalmiina. Aukkojen mitoitus tehdään yleisesti käyttötarpeen mukaan. Pienet aukot voidaan mitoittaa siten, että ihminen ei ylety siitä vaaravyöhykkeelle. Tällaisista pienistä aukoista, joita voidaan käyttää ilman erillisiä turvalaitteita, säädetään standardissa SFS-EN ISO 13857. (Siirilä 2008a, 156.)

Suurien aukkojen valvonnasta säädetään kappaletavarakuljetinstandardissa SFS-EN 619. Kun ihminen mahtuu kulkemaan aukoista vaaravyöhykkeelle täytyy näitä



aukkoja valvoa. Tämä aiheuttaa selkeän riskin esimerkiksi ihmisen raajojen puristumiselle koneen liikkuvien osien väliin. Aukkojen valvonta on tehtävä luotettavasti ja kattavasti, jotta koneet pysähtyvät, jos ihminen kulkee aukosta vaaravyöhykkeelle. Vaihtoehtoisesti ihmisen kulkeminen aukosta voidaan estää esteillä. Kuitenkin esteiden ongelmana on, että ne voivat olla kierrettävissä. Konekohtaisissa C-tyyppin standardeissa voidaan aukkojen valvonnalle kuitenkin edellyttää tarkempia vaatimuksia kuin kappaletavarakuljetinstandardissa. (Siirilä 2008a, 157.)

### 3.5 Pneumatiikka

Pneumaattisten järjestelmien yleiset vaatimukset esitetään standardissa SFS-EN 983. Seuraavaksi esitellään joitakin yleisiä periaatteita pneumaattisten järjestelmien suunnitteluun koneturvallisuuden näkökulmasta. Paineilmalla toimivissa järjestelmissä tulee käyttää sellaisia komponentteja, jotka ovat käytön aikana turvallisia sekä niiden vikaantumisherkkyys on vaadittujen raja-arvojen sisällä. Erityistä huomiota täytyy kiinnittää sellaisiin komponentteihin, jotka vikaantuessaan aiheuttavat vakavan vaaratilanteen tai sen mahdollisuuden. Ennakoitavissa olevien toimintojen viat tai häiriötilanteet eivät saa aiheuttaa vaaraa henkilöille. Vikaantumisesta aiheutuvia riskejä voidaan pienentää vähentämällä sen todennäköisyyttä käyttämällä hyvin koeteltuja komponentteja. Pneumaattisissa laitteissa tulee ottaa huomioon ainakin seuraavat ennakoitavissa olevat vian aiheuttajat: ylipaine, heilahduspaine, painevahvistus, paineen aleneminen tai häviäminen, sisäiset tai ulkoiset vuodot, syötön (sähkö tai paineilma) kytkeminen päälle tai pois, syötön vähentyminen sekä syötön katkeaminen ja palautuminen katkeamisen jälkeen. (Siirilä 2008a 319-320.)

Kaikkia koneita koskevan yleisen vaatimuksen mukaan kone tulee voida luotettavasti irrottaa kaikista energiansyötöistä. Paineilmajärjestelmissä erottaminen tehdään venttiileillä, jotka suljetaan ohjausjärjestelmällä. Pidempiaikaista vaara-alueella oleskelua varten tulee olla mahdollista sulkea paineilma käsikäyttöisellä luotettavalla sulkuventtiilillä, joka on lukittavissa kiinni-asentoon. Pneumaattisissa järjestelmissä on erittäin tärkeää, että venttiilin sulkeutumisen lisäksi myös järjestel-

mässä oleva paine purkautuu. Muutoin järjestelmään jäävä energia saattaa aiheuttaa odottamattomia liikkeitä, vaikka järjestelmä olisikin irrotettu paineilmaverkosta. Pääsääntöisesti järjestelmä täytyy suunnitella siten, että syötöstä erottaminen purkaa paineen järjestelmästä turvallisesti. Jos tämä ei ole mahdollista, on vastaavan tasoinen turvallisuus varmistettava jollain muulla tavalla. (Siirilä 2008a, 320.)

Automatisoitujen paineilmalaitteiden yleisimpänä tapaturman syynä on jonkin osan odottamaton liike. Pneumatiikkajärjestelmien pysäytyksiin tulee kiinnittää erityistä huomiota, sillä useissa tilanteissa järjestelmään jää varastoitunutta energiaa. Tällaisessa tilanteessa edes hätäseis-painikkeen painaminen ei ole poistanut kaikkia mahdollisia vaaratekijöitä. Selkein keino tällaisten tapaturmien estämiseksi on kiinnittää huomiota järjestelmän turvalliseen pysäyttämiseen siten, että varastoitunut energia joko purkautuu välittömästi pysähtyessä tai se voidaan turvallisesti poistaa ennen vaara-alueelle menemistä. (Siirilä 2008a, 323.)

Turvalaitteen aiheuttaman seisahduksen toteuttamiseen on erilaisia mahdollisuuksia. Järjestelmä voidaan tehdä paineelliseksi. Paineelliseksi jättäminen mahdollistaa nopeat pysähdykset sekä estää mahdollisen painotaakan rojahtamisen. Tällä tavoin toimimalla kuitenkin jätetään esimerkiksi sylinteriin paine, joka voi aiheuttaa odottamattoman liikkeen ohjauslaitteeseen vaikuttaessa. Siksi tällaisesta järjestelmästä on automaattisesti poistettava paine pysähdyksen jälkeen, jotta se täyttäisi pysäytysluokan 1 vaatimukset ja varmistaisi turvallisen vaaravyöhykkeelle menemisen. Pysäytys voidaan toteuttaa myös sulkemalla laitteen ilmatilavuus. Tällaisessa tapauksessa sylinteriin jää epämääräinen paine, joka voi aiheuttaa odottamattoman liikkeen uudelleen käynnistyksen yhteydessä. Tässäkin menetelmässä pysäytysluokan 1 saavuttamiseksi on paine automaattisesti poistettava välittömästi pysähtymisen jälkeen. Kolmas vaihtoehto on tehdä järjestelmä paineettomaksi. Tässä menetelmässä energian syöttö ja paine katkaistaan sylinterille välittömästi. Tämä ei kuitenkaan estä kertyneen liike-energian aiheuttamaa liikkeen jatkumista. Mikäli riittävän turvallisuuden varmistamiseksi on liikkeen loputtava välittömästi, on käytettävä erillisiä jarruja tai vastaventtiilejä. Viimeisenä vaihtoehtona voidaan järjestelmä ohjata tekemään päinvastainen liike. Tämä on mahdollista vain silloin, kun paluuliike

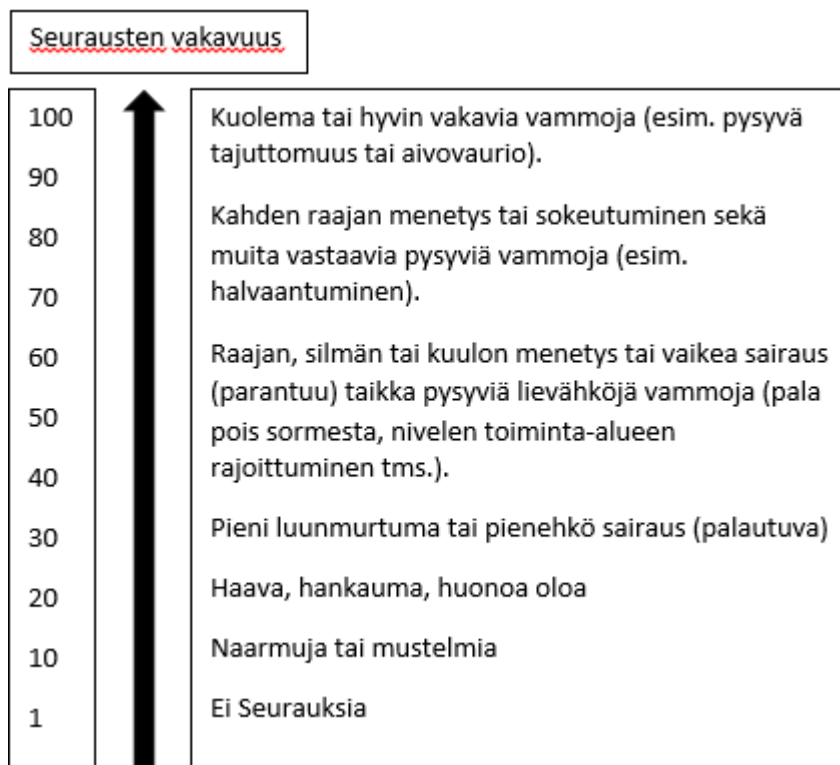
on vaaraton. Tässäkin menetelmässä on kuitenkin paine poistettava välittömästi liikkeen päättymisen jälkeen ennen vaara-alueelle menemistä. (Siirilä 2008a, 323-324.)

### 3.6 Riskianalyysi

Riskin arvioinnista kerrotaan standardissa SFS-EN 14212-2. Analyysin tekemistä suositellaan suoritettavan ryhmätyönä, jolloin jokaiseen riskiin saataisiin useampi näkökulma. Riskillä tarkoitetaan seurausten vakavuuden ja seuraukset aiheuttavan tapahtuman todennäköisyyden yhdistelmää. Riskianalyysissä pitää ottaa huomioon vähintään standardin SFS-EN 12100 liitteissä olevat vaaratekijät. Tämä listaus ei kuitenkaan ole kaiken kattava, joten riskianalyysissä olisi hyvä ottaa huomioon myös muita mahdollisia vaaratekijöitä. (Siirilä 2008a, 63.)

Riskejä arvioitaessa täytyy koneen ominaisuudet määritellä siten, että näihin mahdollisesti liittyvät vaaratekijät voidaan tunnistaa. Arvioinnissa tunnistetaan aluksi mahdolliset, ja lähes mahdottomatkin, ominaisuuksista ja käyttötavoista johtuvat vaaratekijät. Yleisesti määrittelyn alkuvaiheessa on hyvä kirjata ylös vain vaaratekijöitä, ottamatta kantaa niistä koituviin mahdollisiin seurauksiin ja tapahtumien todennäköisyyteen. Vaaratekijöiden tunnistaminen on riskianalyysin tärkein vaihe, sillä tunnistamattomien vaaratekijöiden riskiä ei voida arvioida. (Siirilä & Kerttula 2009, 33.)

Vaaratekijöiden seurausten luokitteluun voi käyttää useita erilaisia menetelmiä. Kuvassa 4 on esitelty tapa jakaa seuraukset välillä nolasta sataan. Seurausten arviointi on käytännössä hankalaa, sillä usein alemman vakavuustason seuraus saattaa johtaa jopa kuolemaan, jos uhria ei saada riittävän nopeasti hoitoon. Usein seuraukset päätyvät johonkin nolalla (ei mitään) ja sadan (välitön kuolema) välille. Nämä ääripäiden väliin jäävät seuraukset tulisi kyetä sijoittamaan niitä parhaiten kuvaavan lukuarvon kohdalle. Riskejä voidaan keskenään arvioida vain silloin, kun arviointiin on käytetty samaa jaottelua. Vertailu on tärkeää silloin, kun toteutuksen vaihtoehtoja on useampia ja halutaan valita pieniriskisin vaihtoehto. (Siirilä & Kerttula 2009, 36.)



Kuva 4. Esimerkki seurausten jakamisesta numerovälille 0-100 (mukaillen Siirilä & Kerttula 2009, 36).

Tapahtumien todennäköisyys on vaikeasti arvioitavissa, koska eri ihmisten arvioit todennäköisyydestä eroavat toisistaan suurella vaihteluvälillä. Tästä syystä etenkin todennäköisyyden arviointi tulisi toteuttaa ryhmätyönä, jotta saataisiin hyvä keskiarvotulos. Jotta eri riskejä voitaisiin arvioida toisiinsa, olisi hyvä, että arviointiryhmän kokoonpano pysyisi mahdollisimman samana. Tulosten vertailtavuus on tärkeää silloin kun riskien vähentämisen eri vaihtoehtoista päätetään. Todennäköisyydenkin voi jakaa useammalla erilaisella tavalla numeeriselle asteikolle. Kuvassa 5 on esitelty yksi tapa jakaa todennäköisyys lukuarvojen 0,1 (mahdoton) ja 1 (varma) välille. Riskit eivät ole aina samat, vaan ne vaihtelevat koneen eri toimintatavoista ja käyttäjäryhmistä riippuen. Eri riskitasot on otettava huomioon arvioinnissa. Erilaisia toimintatapoja ovat esimerkiksi koneen normaali toiminta ja koneen vikaantuminen sekä häiriötoiminta. Erilaisia käyttäjäryhmiä ovat esimerkiksi kokenut työntekijä ja uusi työntekijä. (Siirilä & Kerttula 2009, 36-37.)

Todennäköisyys	
1	Tapahtuminen on varma
0,9	Tapahtuu lähes varmasti; tapahtumatta jääminen olisi yllättävää
0,8	Hyvin todennäköinen
0,7	Todennäköinen, tapahtuminen ei ole epätavallista tai yllättävää
0,6	
0,5	Tapahtuminen ja tapahtumatta jääminen ovat suunnilleen yhtä todennäköisiä
0,4	
0,3	Mahdollinen, mutta epätavallinen
0,2	Epätodennäköinen
0,1	Hyvin epätodennäköinen, kuitenkin ajateltavissa
	Äärimmäisen epätodennäköinen, lähes mahdoton

Kuva 5. Esimerkki todennäköisyyden jakamisesta mukailien Siirilä & Kerttula 2009, 37.

Esitellyssä menetelmässä riski saadaan kertomalla seurauksen vakavuus ja todennäköisyys keskenään. Kun käytetään menetelmää, jossa riskille saadaan lukuarvo, täytyy päättää taso, jonka alle on päästävä, jotta riski olisi hyväksyttävä. Mikäli vaadittua tasoa ei saavuteta, täytyy ruveta toimenpiteisiin riskin pienentämiseksi. Riskin arvioinnin jaottelusta on esimerkkinä kuva 6. (Siirilä & Kerttula 2009, 43.)

## Todennäköisyys

1	1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
0,9	0,9	9	18	27	36	45	54	63	72	81	90	
0,8	0,8	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	
0,7	0,7	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	
0,6	0,6	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	
0,5	0,5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
0,4	0,4	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	
0,3	0,3	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	
0,2	0,2	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	
0,1	0,1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
		1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

## Seurausten vakavuus

0,1 ... 5	Vähäinen riski
6 ... 15	Siedettävä riski
16 ... 28	Kohtalainen riski
29 ... 48	Merkittävä riski
49 ... 100	Sietämätön riski

Kuva 6. Esimerkki riskikertoimen jaottelusta mukailien Siirilä &amp; Kerttula 2009, 47.

## 4 SUUNNITELLUT RATKAISUT

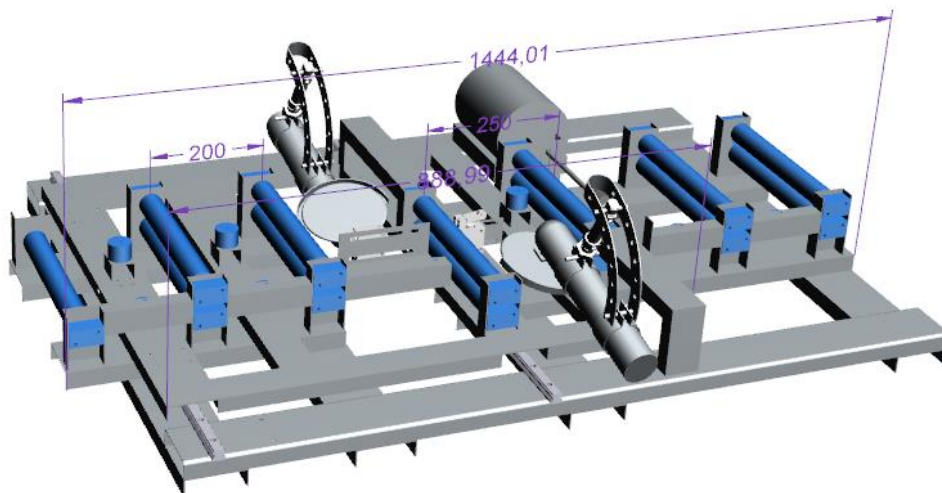
Uuden purseenpoistohiomakoneen periaatesuunnittelu aloitettiin vanhan koneen hyvien ja huonojen puolien tarkastelulla sekä koneelta vaadittavista ominaisuuksista. Lisäksi selvitettiin vaihtoehdot olemassa olevista ratkaisuksista, joista ei löytynyt tarkoitukseen sopivaa valmista konetta. Uudelta koneelta vaaditaan, että se suorittaa hionnan yhdellä työkierrolla. Lisäksi koneen suurimmat vaatimukset ovat nykyistä konetta parempi luotettavuus sekä nopeammat asetusten muutokset. Koneen runko päätettiin valmistaa ohutlevytekniikkaa hyväksi käyttäen, sillä se on toimeksiantajan vahvuuksia. Koneturvallisuuteen viitattiin periaatesuunnittelussa siltä osin, että koneen haluttiin täyttävän CE-merkinnän vaatimukset. Käytännössä tämä siis tarkoittaa tässä opinnäytetyössä esiteltyjen direktiivien vaatimusten täyttämistä.

Suunnittelun alkuvaiheessa suoritettiin riskianalyysi, jonka tulokset ovat liitteessä 1. Riskianalyysi tehtiin yhteistyössä PRP:n edustajan kanssa standardin SFS-EN 14121 mukaisesti ja siinä käytiin läpi kaikki vaaratekijät standardin SFS-EN 12100 liitteistä. Tulosten pohjalta koneeseen suunniteltiin turvatoimintoja, kuten hätä-seispiiri sekä suojukset.

Työkappaleiden kuljettimien säädön helpottamiseksi suunniteltiin lineaarijohteisiin sekä pneumaattisiin johdelukkoihin perustuva leveyden säätö. Johdelukko on kelkka, joka kulkee vapaasti lineaarijohteen päällä ja lukittuu paikalleen jousivoimalla ja avautuu paineilmalla. Tämä mahdollistaa sekä portaattoman että nopean leveyden säädön, kun lukot voidaan avata yhdellä pneumaattisella käyttökytkimellä. Turvallisuuden takaamiseksi lukot valittiin siten, että koneen leveyden säätö pysyy paikallaan, mikäli paineilman syöttö jostain syystä katkeaa. Kuljettimen vetopyörä päätettiin kopioida vanhasta koneesta, sillä siinä ei ole ollut muuta ongelmaa kuin vetomoottorin kuumeneminen pienillä kierroksilla. Kuumeneminen ratkaistaan erillisellä lisäpuhaltimella moottorille.

Uuden koneen hiontamenetelmäksi valittiin laikkahionta, joka toteutetaan kahdella kulmahiomakoneella. Hiontalaikoissa on valinnan varaa ja erilaisia karkeuksia, joten sopivan karkea laikka työhön tullaan löytämään kokeilemalla. Kulmahiomakoneen laakerointi nähtiin soveltuvan pidempikestoiseen käyttöön nauhahiomakonetta paremmin, sillä koneen sisällä olevia laakereita voidaan aktiivisesti voidella paineilman

pisaravoitelulla. Kuvassa 7 on suunnittelun loppuvaiheen 3D-mallinnus koneen rungosta ja mekaniikasta.



Kuva 7. Hiomakoneen 3D-suunnitelma ilman suojuksia. (Pohjanmaan rakennuspelti Oy.)

#### 4.1 Ohjausjärjestelmä

Suunniteltu ohjausjärjestelmä on yksinkertainen ja siinä pyritään välttämään monimutkaisia ratkaisuja mahdollisimman paljon. Tällä pyritään huoltovapauteen, sillä vähemmän komponentteja tarkoittaa yleensä vähemmän huollon kohteita. Purseenpoistohiomakoneen ohjausjärjestelmä toteutetaan suurilta osin paineilmatekniikkaan perustuvien ohjausventtiilein. Paineilman huoltolaitteessa on käsikäyttöinen lukittavissa oleva erotuskytkin paineilmajärjestelmän luotettavaa erotusta varten, vedenerotin, järjestelmän paineensäädin, 24 voltin turvaluokiteltu pääventtiili, haaroitus sekä voitelulaite hiomakoneita varten. Paineilman huoltolaitteessa olevaa turvaluokiteltua pääventtiiliä kytkee turvarele. Koneen paineilmakaavio on liitteessä 2.

Lineaarijohteilla sijaitsevia lukkoja ohjataan jalkapoljinventtiilillä, sillä leveydensäätöön tarvitaan kahta kättä. Kun jalkapoljinta painetaan, vapauttaa se lukon lineaarijohteesta, jolloin työstöleveyttä voidaan säätää. Leveys lukittuu, kun jalka nostetaan polkimelta ja lukot avannut paineilma purkautuu venttiilistä ulos. Leveydensäätö



suunniteltiin suoritettavaksi siten, että ensimmäinen työkappale asetetaan kuljettimien väliin ja kuljettimen sivurullat painetaan työkappaletta vasten. Tässä vaiheessa hiomakoneet ja veto täytyy olla kytkettynä pois päältä.

Kulmahiomakoneiden käyttökytkin on yksinkertainen lukittuva paineilmaventtiili, jonka jälkeen on pehmeäkäynnistin, joka hidastaa koneiden käynnistymistä ja pienentää niiden voimaa käynnistymishetkellä. Pehmeäkäynnistin antaa käyttäjälle mahdollisuuden reagoida, mikäli tapahtuu yllättävä käynnistyminen. Kulmahiomakoneiden painamiseksi työkappaletta vasten suunniteltiin kaksisuuntaisiin paineilmasylintereihin perustuva ratkaisu. Sylintereiden voimaa voidaan säätää paineen-säätimin sylinterikohtaisesti. Hiomakoneiden oikea-aikaisesta liikkeestä huolehtivat rullavivulla varustetut venttiilit, joilla ohjataan sylintereiden suuntaventtiilejä. Sylintereiden liikenopeuksia voidaan säätää vastusventtiilein. Kaikissa venttiileissä, joista paineilma purkautuu ulos järjestelmästä, käytetään äänenvaimentimia.

Paineilman lisäksi ohjauksessa käytetään myös sähköisiä osia. Tällaisia osia ovat turvarele, hätä-seis-kytkin, rajakytkin, taajuusmuuttajalla säädettävä moottori, 24V virtalähde sekä pääkytkin ja sulake. Pääkytkimen tarkoituksena on luotettava erotus sähköön syötöstä. Turvasulake on yleinen sähköjärjestelmien komponentti, jonka tarkoituksena on erottaa järjestelmä syötöstä ylikuormituksen tapahtuessa. 24V virtalähde tarvitaan, koska sekä turvareleen että paineilman pääventtiiliin käyttöjännite on 24 voltia tasavirtaa. Turvareleeseen on tarkoitus kytkeä sarjaan sekä hätä-seis-painike että rajakytkin. Kytkimen tai painikkeen katkaistessa hätä-seis-piirin turvarele erottaa koneen energian syötöistä.

Veto toteutetaan siten, että työkappaletta on tarkoitus syöttää kahden kumirullan välistä, joista toista pyöritetään sähkömoottorikäytöllä. Rullat sijoitetaan toisiinsa nähden noin puolen millin päähän, jolloin niiden välistä voidaan syöttää kappaleita, jotka ovat paksuudeltaan 0,8 mm – 2 mm. Vetonopeutta on tarkoitus säätää moottorin pyörimisnopeutta taajuusmuuttajalla säätäen. Sillä voidaan lisäksi käynnistää ja sammuttaa moottori. Taajuusmuuttajassa on sisäänrakennettuna turvallisuusominaisuudet, jotka estävät moottorin odottamattoman käynnistymisen.

#### 4.1.1 Turvarele

Turvareleeksi valitaan pysäytysluokan 0 turvarele. Releen tulee täyttää vähintään standardin SFS-EN 12100 vaatimukset sekä olla CE-merkitty. Soveltuva rele on Allen-Bradleyn MSR127TP (kuva 8), jonka liitännät riittävät yksinkertaiseen rajakytkin ja hätä-seis-toteutukseen. Tähän releeseen on mahdollista kytkeä kahdennettu hätä-seis-piiri, jonka kanssa kytketään sarjaan kahdennettu kosketukseton magneettikytkin. Releestä löytyy kolme NO- (normally open) lähtöä, joista voidaan ohjata taajuusmuuttajaa sekä paineilman pääventtiiliä. Releen lähdön tehonkesto vaihtovirralla on 1150 W. Koska taajuusmuuttaja ja siihen liitettävä moottori ovat tehoiltaan pieniä, voidaan niitä kytkeä suoraan turvareleeseen yli ilman erillistä kontaktoria. (Movetec Oy, [Viitattu 7.4.2016].)



Kuva 8. Allen-Bradleyn valmistama turvarele. (Movetec Oy.)

#### 4.1.2 Hätä-seis-piiri

Standardissa SFS-EN 13850 sanotaan hätäpysäytyslaitteen sijoittelusta seuraavaa:

##### 4.3.2 Hätäpysäytyslaitteen on sijaittava:

- jokaisessa käyttäjän ohjauspaikassa, paitsi kun riskin arviointi osoittaa, että se ei ole tarpeen
- jokaisessa riskin arvioinnin määrittämässä muussa kohdassa, esim:

- koneen sisään- ja ulosmenokohdissa
- kohdissa, joissa koneen toimintaan puuttumista tarvitaan, esim. pakkokäyttötoiminnolla tehtävät työvaiheet
- kaikissa paikoissa, joissa ihmisen ja koneen välistä vuorovaikutusta on odotettavissa koneen rakenteen vuoksi (esimerkiksi lastaus-/purkualue).

Hätäpysäytyslaitteet on sijoitettava siten, että ne ovat suoraan saavutettavissa ja että käyttäjä tai muut, joilla voisi olla tarve vaikuttaa niihin, voivat vaikuttaa niihin ilman vaaraa.

Hätäpysäytyslaitteen, johon on tarkoitus vaikuttaa kädellä, hallintaelin olisi kiinnitettävä 0,6m ... 1,7m korkeudelle kulkutasosta (esim. lattiataso, hoitotaso).

Jalkapolkimet olisi kiinnitettävä kiinteästi suoraan kulkutasoon (esim. lattiataso).

Hätä-seis-kytkin halutaan sijoittaa koneen sille reunalle, jossa käyttäjä pääsääntöisesti työskentelee. Painikkeen sijoittelulla pyritään parantamaan pysäyttämisen mahdollisuutta, jos konetta syötettäessä työntekijä takertuu kiinni työkappaleeseen. Painike tulee olla erikseen koteloitu, kahdella kytkimellä varustettu painokytkin, joka on vapautettavissa kiertämällä. Kytkin halutaan kahdennettuna, jotta voidaan käyttää turvareleen kahdennettua valvontaa. Lisäksi kahdennuksella pyritään välttämään koskettimien kiinnihitsautumisesta johtuvia vaaratilanteita, joissa pysäytyskäsky ei välity ohjausjärjestelmässä. Hätäpysäytyslaitteen hallintaelimen värin tulee olla punainen ja jos sillä on tausta, tulee taustan värin olla mahdollisuuksien mukaan keltainen. Kuvassa 9 määräysten mukainen hätä-seis-painike. (SFS-EN ISO 13850, 12-13.)



Kuva 9. Pizzato Elettrican valmistama hätä-seis-painike. (Movetec Oy.)

Koska purseenpoistohiomakoneeseen halutaan selkeä huoltoluukku, tarvitaan tämän luukun valvontaan hyväksytty rajakytkin. Rajakytkintä kutsutaan standardissa toimintaankytkentälaitteeksi. Rajakytkimelle saadaan vaatimuksia standardin SFS-EN ISO 14119 kohdasta 5.4, jossa sanotaan seuraavaa:

Kun yhtä tyyppin 1 tai tyyppin 2 toimintaankytkentälaitetta käytetään pysäytyskäskyn aikaan saamiseksi, siihen on vaikutettava suojuksen, vaihtajan tai vaikutusjärjestelmän välisen suoran mekaanisen vaikuttamisen välityksellä ja koskettimien on oltava pakkoavautuvia (katso kohdat 3.10 ja 3.11 sekä taulukko 2).

Käytännössä tarvitaan vähintään tyyppin 2 kytkin, sillä tyyppin 1 kytkin on oletettavasti liian helposti ohitettava. Tämä siis tarkoittaa sellaisen kytkimen käyttöä, jonka vastinkappale soveltuu vain ko. kytkimeen. Pakkoavautuvilla koskettimilla tarkoitetaan sellaisia, jotka avautuvat samalla voimalla kuin suojuskin. Näin varmistutaan seisäskyn toteutumisesta, vaikka koskettimet olisivat hitsautuneet yhteen. Samasta syystä rajakytkimenä ei pitäisi käyttää omalla jousella avautuvaa kytkintä. Kuvassa 10 esimerkkinä standardin vaatimukset täyttävä rajakytkin, jota voidaan käyttää yksinään turvatoimintojen toteuttamiseen. (SFS-EN ISO 14119, 34.)

Koneen toimintaan kytketyt suojukset ja niiden rajakytkimet täytyy suunnitella siten, että houkutus niiden mitätöimiseen on mahdollisimman pieni. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että rajakytkin ei saa haitata koneella toimimista sen käyttöiän vaiheiden (varsinainen käyttötarkoitus, huolto) aikana. Lisäksi toimintaankytkentälaitteet tulee asentaa siten, että ne ovat poistettavissa vain erillisin työkaluin. Asennukseen suositellaan käyttämään sellaisia ruuveja ja muttereita, joiden avaamiseen vaaditaan erityistyökalu tai ruuvin rikkominen. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää kiinnitystä, joka ei ole avattavissa, esimerkiksi hitsaus tai niittaus. (SFS-EN ISO 14119, 48, 52.)



Kuva 10. Allen-Bradleyn valmistama sähköisellä lukituksella ja RFID-koodauksella varustettu rajakytkin. (Movetec Oy.)

## 4.2 Polykarbonaattisuojukset

Riskianalyysin tulosten pohjalta havaittiin, että hiomakoneet tulee suojata asianmukaisilla suojuksilla. Suojukset sijoitetaan koneen jokaiselle sivulle sekä yläpuolelle. Yläpuolinen suojuksen osa saranoidaan kanneksi ja se toimii samalla huoltoluukuna. Kansi kytketään koneen toimintaan turvareleen ja rajakytkimen avulla, jotta kone ei käynnisty huoltotoimenpiteiden aikana. Standardin SFS-EN ISO 14119 kohdassa 3.2 sanotaan toimintaankytketyistä suojuksista seuraavaa:

Suojus, joka on yhdistetty toimintaankytkentälaitteeseen siten, että seuraavat toiminnot toteutetaan yhdessä koneen ohjausjärjestelmän kanssa:

- suojuksen vaikutusalaan kuuluvia koneen vaarallisia toimintoja ei voida suorittaa ennen kuin suojus on suljettuna
- jos suojus avataan koneen vaarallisten toimintojen aikana, syntyy pysäytyskäsky
- kun suojus on suljettuna, sen vaikutusalaan kuuluvat vaaralliset toiminnot voidaan suorittaa (suojausten sulkeminen ei itsessään käynnistä koneen vaarallisia toimintoja).

Huom. 1 Toimintaankytkettyyn suojukseen voi kuulua yksi tai useampia toimintaankytkentälaitteita. Nämä toimintaankytkentälaitteet voivat olla erilaisia tyyppisiä.

Suojukset tullaan valmistamaan polykarbonaatista, jotta koneen käyttäjällä on hyvä näköyhteys koneen toimintaan. Suojusten paksuus säädetään standardin SFS-EN 13218 liitteessä A1. Liitteen kohdan A.3.4.2 mukaan tulee polykarbonaatin olla paksuudeltaan 0,5 kertaa taulukon (liite 4)  $t_p$  arvo, mutta kuitenkin vähintään 3 mm, kun hiomatyökalu on varustettu omalla suojuksella. Ilman työkalun suojusta tulee paksuuden olla 2,5 kertaa taulukon arvo. (SFS-EN 13218, 104.)

Hiomakoneessa on suunniteltu käytettävän sidesaineista hiontalaikkaa, jonka halkaisija on 125 mm. Suunnitellun kulmahiomakoneen suurin kierroslukumäärä on 10 000 kierrosta minuutissa. Hiomalaikan kehänopeus voidaan laskea kaavasta  $V = \frac{D \times \pi \times n}{60 \times 1000}$ , jossa V on kehänopeus (metriä sekunnissa), D on hiomatyökalun ulkohalkaisija (millimetriä) ja n on pyörimisnopeus (kierroksia minuutissa). Taulukon (liite 4) mukaan suojuksen paksuuden on oltava siis vähintään joko 3 mm tai 7,5 mm. Paksumpi suojus tarvitaan, mikäli kulmahiomakoneella ei ole omaa erillistä suojusta. (SFS-EN 13218, 20.)

Suojuksiin tehdään koneen käyttämistä varten syöttö- ja purkuaukot, joista työkalupale on tarkoitus syöttää koneeseen. Aukon leveys tulee olla yli 300 mm, koska koneella on tarkoitus työstää jopa 300 mm leveitä listoja. Aukot toteutetaan standardin SFS-EN 13857 mukaisesti, jotta niihin ei tarvita erillisiä valvontalaitteita. Tarkoituksena on toteuttaa aukko, josta ei mahdu kättä pidemmälle koneen sisään. Standardin kohdan 4.2.4.1. taulukon 4 (liite 5) mukaan tällaisen säännöllisen muotoisen aukon kapeimman kohdan mitta pitää olla alle 20 mm. Syöttö- ja purkuaukkojen

korkeudeksi tulee täten 20 mm tai vähemmän. Tällöin vaadittava kohtisuora turvaväily vaaravyöhykkeeseen on 120 mm. (SFS-EN ISO 13857, 22.)

## 5 YHTEENVETO JA POHDINTA

Opinnäytetyö tehtiin Pohjanmaan rakennuspelti Oy:n toimeksiantona. Yrityksen tarpeena on saada tuotantoon entistä parempi ja luotettavampi hiontakone lattiarajalistojen viimeistelyhiontaan, joten aihe on hyvin ajankohtainen. Tämä työ on osa uuden koneen suunnittelua ja toteutusta. Koneenrakennus on laaja-alainen projekti, josta turvallisuuden suunnittelu ja toteutukset ovat vain yksi osa-alue. Kokonaisuudessaan projekti vaatii pitkän ajan täysin toimivan koneen aikaan saamiseksi. Opinnäytetyöprosessin aikana konetta ei ehditty rakentaa valmiiksi, vaikka otin opinnäytetyön aiheen vastaan sillä ajatuksella, että ehtisin päästä itse kokoonpanemaan konetta.

Opinnäytetyössä esitellään koneturvallisuuden yleisiä vaatimuksia, joiden perusteella tarvittavien ratkaisujen valinta on helppo perustella. Opinnäytetyö onnistui hyvin, sillä työn tuloksena saatiin suunniteltua koneturvallisuuden vaatimukset täyttävä purseenpoistohiomakone. Työn tarkoituksena oli perustella valitut ratkaisut, joka toteutui kun vaadittavat toiminnot, suojat ja ohjaimet ovat nyt suunniteltu esiteltyjen standardien vaatimusten mukaisesti.

Koneenrakennus jatkuu tämän työn jälkeen komponenttien tarjouskilpailutuksella, jonka jälkeen alkaa koneen kokoonpaneminen. Tarkoituksena olisi tulevaisuudessa toteuttaa suunniteltu kone, joka täyttää CE-merkinnän vaatimukset. Koottu kone ei kuitenkaan ole heti käyttövalmis, vaan sen toimivaksi saaminen vaatii paljon käyttöönottoon liittyvää testausta ja koeajoa. CE-merkinnän vaatimusten täyttämiseksi täytyy projektin jatkajien tehdä myös koneen käyttö- ja huolto-ohjeet, kokoonpanemisen ja käyttöönoton lisäksi. Tulevaisuudessakin projektia olisi mielestäni hyvä jatkaa oppilastyönä, jotta saataisiin aina tuorein tieto ja uusin osaaminen muun muassa voimassa olevista standardeista ja säädöksistä. Käytännön toteutus vaatii laaja-alaista osaamista sekä konetekniikan että sähkö- ja automaatiotekniikan aloilta, joten projektin jakaminen eri koulutusaloille voisi tuottaa parempia tuloksia. Projektin alkuvaiheessa koneeseen kaavailtiin toteutettavaksi jossain vaiheessa automatisoitu syöttö- ja purkulaitteisto, mutta se jätettiin työmäärän paisumisen pelossa tulevaisuuden projektiksi. Nyt suunnitellun koneen yksinkertaisuuden olisi tarkoitus helpottaa koneen täysautomatisointia tulevaisuudessa.



Työturvallisuuteen kiinnitetään nykyisin entistä enemmän huomiota, jonka vuoksi työkoneiden turvallisuus on myös yhä tärkeämpää. Koneturvallisuuden standardeja tutkittaessa huomattiin, että ne päivittyvät nopeaan tahtiin ja turvallisuuden vaatimukset kasvavat koko ajan. Tämä näkyi turvakomponenttien tarjouksissa, kun komponentteja myyvät yrityksetkään eivät aina oletuksena tarjonneet viimeisimmän standardin vaatimuksia täyttäviä tuotteita. Oikeiden komponenttien valitseminen on siis haastavaa, koska toimittajilta on saatavana myös suuri määrä komponentteja, jotka eivät täytä vaatimuksia.

Opinnäytetyön tekemisen myötä havaittiin, että koneturvallisuuden lähtökohtana tulisi olla oletuksena turvalliseksi suunniteltu kone. Kuitenkin usein tuntuu siltä, että turvallisuuden ratkaisut työpaikoilla ovat jälkikäteen tehtyjä. Koneturvallisuuteen olisi hyvä kiinnittää huomiota myös valmiita koneita investoitaessa, sillä niiden asennuksessa voidaan vaikuttaa huomattavasti työpaikan kokonaisturvallisuuteen. Esimerkiksi hätä-seis-painikkeiden sijoittamisen suunnittelu tulisi tehdä aina tila- ja tapauskohtaisesti, eikä välttämättä laitetoimittajan yleisen tavan mukaan. Tapauskohtaisesti suunnittelemalla turvatoiminnosta saadaan irti maksimaalinen hyöty.

Koneturvallisuuden suunnittelu oli haastavampaa työtä kuin opinnäytetyön alussa oletettiin, koska direktiivejä ja standardeja on niin paljon. Lisäksi etenkin C-tyypin standardit ovat hyvin pikkutarkkoja vaatimustensa osalta. Ajoittain tuli vastaan standardi, jonka vaatimusten perusteella ratkaisua suunniteltiin, kunnes vastaan tuli seuraava standardi, jonka vaatimuksien mukaan suunniteltu ratkaisu olisi ollutkin puutteellinen. Kaiken kaikkiaan kuitenkin löydettiin purseenpoistohiomakoneeseen sopivat ratkaisut, jotka ovat kaikkien sitä koskevien standardien vaatimusten mukaisia.

## LÄHTEET

Movetec Oy. 2014. [Verkkosivusto]. [Viitattu 7.4.2016]. Saatavana: <http://www.movetec.fi/>

Pohjanmaan rakennuspelti Oy. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. [Viitattu 16.1.2016]. Saatavana: <http://www.prp.fi/yritys.html>

SFS-EN 13218 + A1. 2009. Metallintyöntökoneet. Turvallisuus. Kiinteät hiomakoneet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

SFS-EN ISO 13850. 2015. Koneturvallisuus. Häätäpysäytys. Suunnitteluperiaatteet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

SFS-EN ISO 13857. 2008. Koneturvallisuus. Turvaetäisyydet yläraajojen ja alaraajojen ulottumisen estämiseksi vaaravyöhykkeille. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

SFS-EN ISO 14119. 2013. Koneturvallisuus. Suojusten kytkentä koneen toimintaan. Suunnittelu ja valinta. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

Siirilä, T. 2008a. Koneturvallisuus: EU-määräysten mukainen koneiden turvallisuus. 2. uud. p. Espoo: Inspecta Oy.

Siirilä, T. 2008b. Koneturvallisuus: EU:n direktiivien ja standardien soveltaminen käytännössä. 2. uud. p. Espoo: Inspecta Oy.

Siirilä, T. 2009. Koneturvallisuus: Ohjausjärjestelmät ja turvalaitteet. 2. uud. p. Espoo: Inspecta Oy.

Siirilä, T. & Kerttula, T. 2009. Koneturvallisuuden perusteet. 2. uud. p. Espoo: Opiks-tiimi Oy.

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (TUKES). 12.10.2015. Koneet. [Verkkosivu]. [Viitattu 30.1.2016]. Saatavana: [http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kuluttajaturvallisuus/Tavaroiden-turvallisuusvaatimuksia/Kuluttajakayttoiset\\_koneet/](http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kuluttajaturvallisuus/Tavaroiden-turvallisuusvaatimuksia/Kuluttajakayttoiset_koneet/)

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (TUKES). 2015. ATEX Räjähdyksivaarallisten tilojen turvallisuus. [Verkkosivusto]. [Viitattu 1.4.2016]. Saatavana: [http://tukes.fi/Tiedostot/vaaralliset\\_aineet/esitteet\\_ja\\_oppaat/ATEX\\_opas.pdf](http://tukes.fi/Tiedostot/vaaralliset_aineet/esitteet_ja_oppaat/ATEX_opas.pdf)

Turvatekniikan keskus (TUKES). Ei päiväystä. TUKESOPAS: Painelaitteet. [Verkkosivusto]. [Viitattu 31.1.2016]. Saatavana: [http://tukes.fi/Tiedostot/painelaitteet/esitteet\\_ja\\_oppaat/painelaitteopas.pdf](http://tukes.fi/Tiedostot/painelaitteet/esitteet_ja_oppaat/painelaitteopas.pdf)

## LIITTEET

Liite 1. Riskianalyysi

Liite 2. Paineilmakaavio

Liite 3. SFS-EN 13218 + A1 Seinämän paksuudet

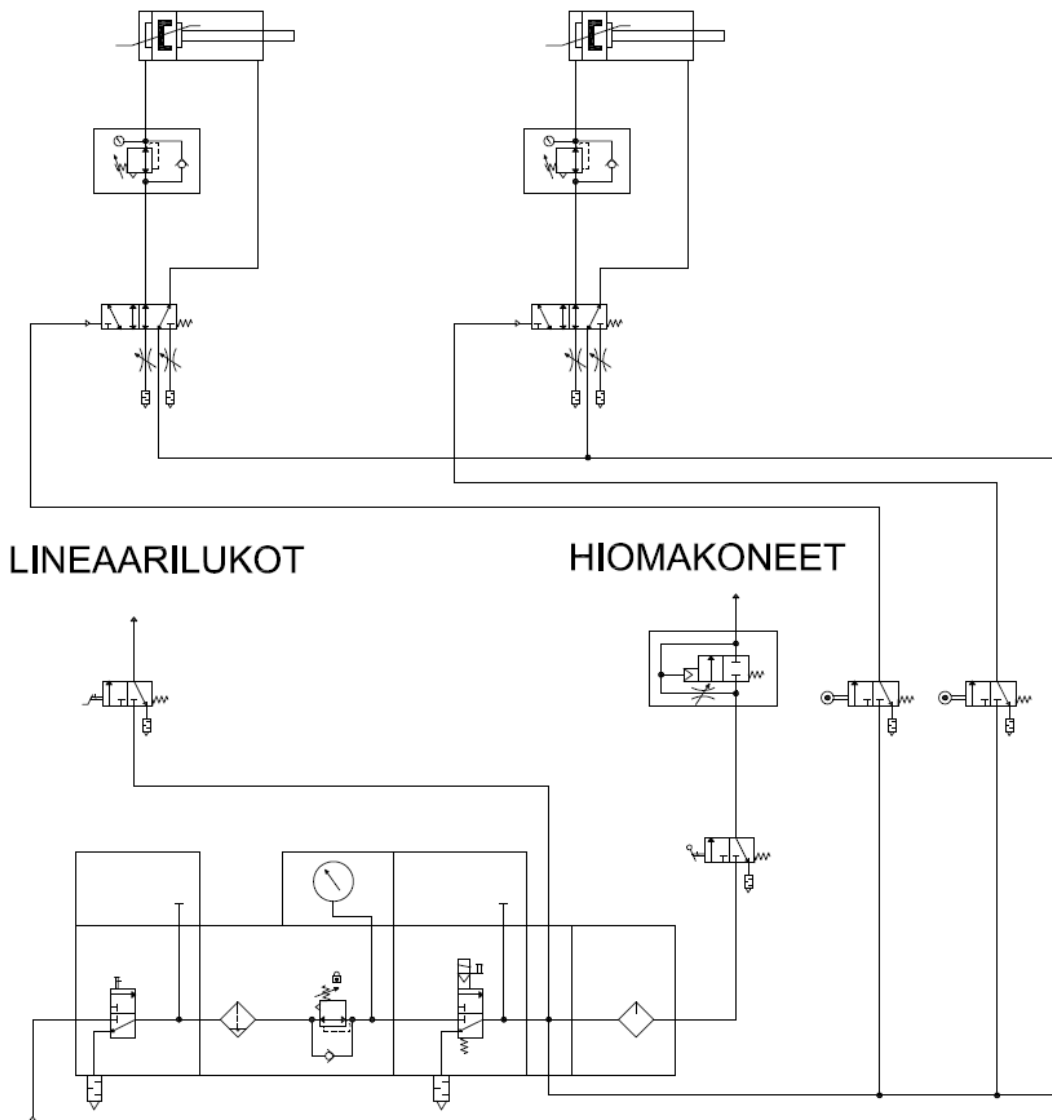
Liite 4. SFS-EN 13857 Ulottuminen säännöllisen muotoisten aukkojen läpi – vähintään 14-vuotiaat henkilöt

## Liite 1. Riskianalyysi

Vaaratekijät	RISKI ALKUJAAN			Toteutettavat turvatoimenpiteet	RISKI TOTEUTETTAVIEN TOIMENPITEIDEN JÄLKEEN		
	Seuraukset (0-100)	Todennäköisyys (0-1)	Riski		Seuraukset (0-100)	Todennäköisyys (0-1)	Riski
Hiomakoneen melu	69	0,4	24	Kiinteät suojat, Suojavälineiden käyttö ja opastus.	10	0,2	2
Paineilmaletkin piiskautuminen hajotessa	15	0,5	7,5	Kiinteät suojat, Koneen toimintaan kytketyt suojat, energian syötöstä irrottaminen, huolto-ohjeet.	2	0,5	1
Säteilyvaarat	20	0,3	6	CE-merkityt komponentit.	20	0,3	6
Syntyvä hiontapöly	60	0,8	48	Kiinteät suojat SFS-EN 13218, Suojavälineiden käyttö ja opastus.	25	0,5	12,5
Paineilmalaitteiden voiteluöljyn sumuuntuminen ja syttyminen	20	0,4	8	Öljyvalinta, Kiinteät suojukset SFS-EN 13218, Paloturvallisuusohjeistukset.	20	0,3	6
Huono työergonomia	30	0,3	9	Koneen mitoitus työergonomia huomioon ottaen.	30	0,2	6
Muut työntekijät	75	0,3	22,5	Työtilan rajaaminen, Trukkiliikenteen minimoiminen layout-suunnittelulla.	50	0,2	10
Irtotavarasta johtuva kompastuminen	30	0,4	12	Ohjeistus, Työtilan siisteys.	20	0,3	6
Käsien joutuminen vetävien tai ohjauksellisten väliin	35	0,4	14	Kiinteät suojukset SFS-EN 13218, Aukkojen mitoitus SFS-EN 13857.	35	0,2	7
Paineilmahiomakoneiden pyörivät osat ja liike-energia	70	0,6	42	Kiinteät suojukset SFS-EN 13218, Hiomakonestandardin mukainen PC-suojaus.	40	0,3	12
Paineilmasyylintereiden iskut, puristuminen	30	0,4	12	Kiinteät suojukset SFS-E 13218, Huolto-ohjeet.	30	0,2	6
Paineilmaan varastoitunut energia	30	0,7	21	Paineilmajärjestelmän paineettomaksi saattaminen SFS-EN 983. Huolto-ohjeet.	30	0,3	9
Työkappaleen viiltäminen	20	0,8	16	Ohjeistukset suojavälineiden käytöstä.	20	0,5	10
Pyörien päällä siirrettävän koneen liikkuminen tai kaatuminen	45	0,2	9	Lukolliset renkaat ja koneen mekaaninen vakavuus.	45	0,1	4,5
Sähköisku	100	0,9	90	Asennukset komponenttien ohjeiden mukaisesti, Koteloinnit ja eristykset, Energian irroitus.	90	0,1	9
Sähköstä johtuvat vaarat (pl. Sähköisku)	100	0,4	40	CE-merkityt komponentit, komponenttien dokumentit.	70	0,2	14
Sähkömoottorin lämpeneminen	20	0,3	6	Selkeä merkintä, Huolto-ohjeet, Lisäpuhallin viilentämään moottoria.	20	0,1	2

0,1 ... 5	Vähäinen riski
6 ... 15	Siedettävä riski
16 ... 28	Kohtalainen riski
29 ... 48	Merkittävä riski
49 ... 100	Sietämätön riski

## Liite 2. Paineilmakaavio



## Liite 3. SFS-EN 13218 + A1 Seinämän paksuudet

Taulukko A.1 Teräksisten hiomatyökälun suojusten seinämien paksuudet käytettäessä sideaineisia hiomatyökäluja, katkaisulaikkoja lukuun ottamatta

Mitat mm

Rakenneaine <sup>1)</sup>	Suurin käyttönopeus $v_s$ m/s	Hiomatyökälun paksuus $T$	Hiomatyökälun ulkohalkaisija $D$																					
			125		200		315		406		508		610		762		914		1 067		1 250			
			Seinämän vähimmäispaksuus <sup>2), 3)</sup>																					
$t_p$	$t_s$	$t_p$	$t_s$	$t_p$	$t_s$	$t_p$	$t_s$	$t_p$	$t_s$	$t_p$	$t_s$	$t_p$	$t_s$	$t_p$	$t_s$	$t_p$	$t_s$	$t_p$	$t_s$	$t_p$	$t_s$			
1 2 3	32	25	1,5	1,5	2,5	2	3	2,5	4	3	4,5	3,5	5	4	6	4,5	7	5	8	6	8,5	6,5		
		50	2	1,5	3	2	4	3	5	3,5	6	4,5	6,5	5	8	6	9	6,5	10	7,5	11	8,5		
		100	2,5	2	4	3	5	4	6,5	5	7,5	5,5	8,5	6,5	10	7,5	11,5	8,5	13	10	14,5	11		
		160	3	2,5	4,5	3,5	6	4,5	7,5	5,5	9	6,5	10	7,5	12	9	13,5	10,5	15	11,5	17	13		
		200	3,5	2,5	5	3,5	7	5	8	6	9,5	7	11	8	13	10	15	11	16,5	12,5	18,5	14		
		250	4	3	5,5	4	7,5	5,5	9	6,5	10,5	8	12	9	14	10,5	16	12	18	13,5				
		315					8	6	10	7	11,5	8,5	13	10	15,5	11,5	17,5	13						
		400							10,5	8	12,5	9,5	14	10,5	17	12,5	19	14,5						
		500									13,5	10	15,5	11,5	18	13,5								
600									15,5	12	16,5	12,5	19,5	14,5										
1 2 3	40	25	2,0	1,5	2,5	2	3,5	3	4,5	3,5	5,5	4	6	4,5	7	5,5	8	6	9	7	10,5	7,5		
		50	2,5	2	3,5	2,5	5	3,5	6	4,5	7	5	8	6	9	7	10,5	8	12	9	13	10		
		100	3	2,5	4,5	3,5	6	4,5	7,5	5,5	9	6,5	10	7,5	12	9	13,5	10	15	11,5	17	13		
		160	3,5	3	5	4	7	5,5	9	6,5	10,5	8	12	9	14	10,5	16	12	18	13,5	20,5	15		
		200	4	3	5,5	4,5	8	6	9,5	7	11,5	8,5	13	10	15,5	11,5	17,5	13	19,5	14,5	22	16,5		
		250	4,5	3,5	6	5	8,5	6,5	10,5	8	12,5	9	14	10,5	16,5	12,5	19	14,5	21,5	16				
		315					9,5	7	11,5	8,5	13,5	10	15,5	11,5	18	13,5	20,5	15,5						
		400							12,5	9,5	14,5	11	17	12,5	20	15	22,5	17						
		500									16	12	18	13,5	21,5	16								
600									17	12,5	19,5	14,5	23	17										
1 2 3	50	25	2,5	1,5	3	2,5	4,5	3,0	5	3,5	6	4,5	7	5,5	8,5	6,5	9,5	7	11	8	12	9		
		50	3	2	4	3	5,5	4,5	7	5	8	6	9	7	11	8	12,5	9,5	14	10,5	15,5	11,5		
		100	3,5	2,5	5	4	7,5	5,5	9	6,5	10,5	8	12	9	14	10,5	16	12	18	13,5	20	15		
		160	4,5	3	6	4,5	8,5	6,5	10,5	8	12,5	9	14	10,5	16,5	12,5	19	14	21,5	16	24	18		
		200	5	3,5	6,5	5	9,5	7	11,5	8,5	13,5	10	15,5	11,5	18	13,5	20,5	15,5	23	17,5	26	19,5		
		250	5	4	7	5,5	10	7,5	12	9	14,5	11	16,5	12,5	19,5	14,5	22,5	17	25	19				
		315					11	8,5	13,5	10	15,5	12	18	13,5	21,5	16	24,5	18,5						
		400							14,5	11	17	13	20	15	23,5	17,5	26,5	20						
		500									18,5	14	21,5	16	25,5	19								
600									20	15	23	17	27	20										

jatkuu...

Rakennearine <sup>1)</sup>	Suurin käyttönopeus $v_s$ m/s	Hiomatyökalun paksuus $T$	Hiomatyökalun ulkohalkaisija $D$																					
			125		200		315		406		508		610		762		914		1 067		1 250			
			Seinämän vähimmäispaksuus <sup>2), 3)</sup>																					
			$t_p$	$t_s$	$t_p$	$t_s$	$t_p$	$t_s$	$t_p$	$t_s$	$t_p$	$t_s$	$t_p$	$t_s$	$t_p$	$t_s$	$t_p$	$t_s$	$t_p$	$t_s$	$t_p$	$t_s$		
1 2 3	63	25	2,5	2	3,5	3	5	4	6	4,5	7,5	5,5	8,5	6,5	10	7,5	11,5	8,5	12,5	9,5	14,5	11		
		50	3,5	2,5	5	3,5	6,5	5	8	6	9,5	7	11	8	13	9,5	14,5	11	16,5	12,5	18,5	14		
		100	4,5	3,5	6	4,5	8,5	6,5	10,5	8	12	9	14	10,5	16,5	12,5	19	14	21	16	24	18		
		160	5	4	7	5,5	10	7,5	12,5	9	14,5	11	16,5	12,5	19,5	15	22,5	17	25	19	28,5	21,5		
		200	5,5	4,5	8	6	11	8,5	13,5	10	16	12	18	13,5	21,5	16	24,5	18,5	27,5	20,5				
		250	6	4,5	8,5	6,5	12	9	14,5	11	17	13	20	15	23	17,5	26,5	20						
		315					13	10	16	12	18,5	14	21,5	16	25,5	19								
		400								17,5	13	20,5	15	23,5	17,5	27,5	20,5							
		500										22	16,5	25,5	19									
600											23,5	17,5	27	20										
1 2 3	80	25	3	2,5	4,5	3,5	6	4,5	7,5	5,5	9	6,5	10	7,5	12	9	13,5	10	15	11,5	17	13		
		50	4	3	5,5	4	8	6	9,5	7	11,5	8,5	13	10	15,5	11,5	17,5	13	19,5	14,5	22	16,5		
		100	5	4	7,5	5,5	10,5	7,5	12,5	9	14,5	11	17	12,5	20	15	22,5	17	25,5	19	28,5	21,5		
		160	6	4,5	8,5	6,5	12	9	14,5	11	17,5	13	20	15,5	23,5	17,5	27	20						
		200	6,5	5	9,5	7	13	10	16	12	19	14	21,5	16,5	25,5	18								
		250	7,5	5,5	10,5	7,5	14,5	11	17,5	13	20,5	15	23,5	17,5	28	21								
		315					15,5	11,5	19	14	22	16,5	25,5	19										
		400							20,5	15,5	24,5	18	28	21										
1 2 3	100	25	3,5	3	5	4	7,5	5,5	9	6,5	10,5	7,5	12	9	14	10,5	16	12	18	13,5	20	15		
		50	4,5	3,5	6,5	5	9,5	7	11,5	8,5	13,5	10	15,5	11,5	18	13,5	20,5	15,5	23	17,5	26	19,5		
		100	6	4,5	8,5	6,5	12	9	14,5	11	17	13	20	15	23,5	17,5	26,5	20						
		160	7,5	5,5	10,5	7,5	14,5	11	17,5	13	20,5	15	23,5	17,5	27,5	21								
		200	8	6	11	8,5	15,5	11,5	19	14	22	16,5	25,5	19										
1 2 3	125	25	4,5	3	6	4,5	8,5	6,5	10,5	7,5	12	9	14	10,5	16,5	12,5	19	14						
		50	5,5	4	8	6	11	8	13,5	10	15,5	12	18	13,5	21,5	16	24,5	18,5						
		100	7	5,5	10	7,5	14	10,5	17	13	20	15	23,5	17,5	27,5	21								
		160	8,5	6,5	12	9	17	12,5	20,5	15	24	18	27,5	21										

<sup>1)</sup> Rakennearineen kuvaus, ks. taulukko A.7.  
<sup>2)</sup>  $t_p$  Seinämän paksuus kehän kohdalla  
 $t_s$  Seinämän paksuus sivulla.  
<sup>3)</sup> Seinämän paksuuden määrittäminen, ks. kohta A.4.3.

Liite 4. SFS-EN 13857 Ulottuminen säännöllisen muotoisten aukkojen läpi – vähintään 14-vuotiaat henkilöt

4.2.4.1 Ulottuminen säännöllisen muotoisten aukkojen läpi – vähintään 14-vuotiaat henkilöt

Taulukossa 4 esitetään säännöllisen muotoisten aukkojen säteittäinen turvaetäisyys,  $s_r$ , vähintään 14-vuotiaille henkilöille.

Aukon mitta,  $e$ , vastaa neliömäisen aukon sivua, pyöreän aukon halkaisijaa ja pitkänomaisen aukon kapeimman kohdan mitta.

Suuremmille kuin 120 mm aukoille on käytettävä kohdan 4.2.2 mukaisia turvaetäisyyksiä.

Taulukko 4 Ulottuminen säännöllisen muotoisten aukkojen läpi – vähintään 14-vuotiaat henkilöt

Mitat millimetreissä

Kehon osa	Kuva	Aukko	Turvaetäisyys, $s_r$		
			Pitkänomainen	Nellö	Pyöreä
Sormenpää		$e \leq 4$	$\geq 2$	$\geq 2$	$\geq 2$
		$4 < e \leq 6$	$\geq 10$	$\geq 5$	$\geq 5$
Sormi rystyseen asti		$6 < e \leq 8$	$\geq 20$	$\geq 15$	$\geq 5$
		$8 < e \leq 10$	$\geq 80$	$\geq 25$	$\geq 20$
		$10 < e \leq 12$	$\geq 100$	$\geq 80$	$\geq 80$
		$12 < e \leq 20$	$\geq 120$	$\geq 120$	$\geq 120$
Käsi		$20 < e \leq 30$	$\geq 850^a$	$\geq 120$	$\geq 120$
		$30 < e \leq 40$	$\geq 850$	$\geq 200$	$\geq 120$
Käsivarsi olkapäähän saakka		$40 < e \leq 120$	$\geq 850$	$\geq 850$	$\geq 850$

Taulukon leveät viivat osoittava sen kehon osan, jota aukon koko rajoittaa.

<sup>a</sup> Jos pitkänomaisen aukon pituus on  $\leq 65$  mm, peukalo toimii rajoittimena ja turvaetäisyyttä voidaan lyhentää 200 mm asti.