



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Ville Valtteri Salonen

HYLLYSTÖHISSIN TURVAJÄRJESTELMÄ

Tekniikka ja liikenne
2010

ALKUSANAT

Opinnäytetyö on tehty tekniikan ja liikenteen yksikön kone- ja tuotantotalouden koulutusohjelmalle Vaasan ammattikorkeakouluun. Työn toimeksiantajana toimi AutoMaint, joka toimii Hämeen ammattikorkeakoulun Valkeakosken Aikuisopiskelu yksikön yhteydessä. Työ on suoritettu keväällä ja osittain kesän 2010 aikana.

Työn ohjaajana toimi Vaasan ammattikorkeakoulun yliopettaja Reijo Mäkelä, jota haluan kiittää hänen antamastaan avusta.

Työn alussa oli hieman epäselvää mitkä olivat mahdolliset resurssit ja tavoitteet työlle, mutta näistä ongelmista selvitettiin palavereiden avulla. Standardoinnista itselläni ei juuri ollut tietoa etukäteen, mutta niistä löytyi todella kattavasti tietoa Internetistä, kirjastoista ja koulujen SFS- standardikokoelmista. Haluan erityisesti kiittää AutoMaintin henkilökuntaa ja toimeksiantajaa edustavaa ohjaaja Sami Federleytä rennosta ja avuliaasta otteesta työn aikana.

Opiskelutovereita haluan myös muistaa, kiittämällä heitä ja toivottamalla hyvää jatkoa.

7.9.2010 Vaasa

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Ville Salonen
Opinnäytetyön nimi	Hyllystöhissin turvajärjestelmä
Vuosi	2010
Kieli	suomi
Sivumäärä	41 + 9 liitettä
Ohjaaja	Reijo Mäkelä

Työn tarkoituksena oli suunnitella ja rakentaa teollisuudelle määrättyjen konedirektiivin mukainen turvajärjestelmä hyllystöhissille, joka kuljettaa ja käsittelee erilaisia paletteja. Työssä on käytetty useita teollisuusstandardeja ja koneturvallisuuden liittyvää kirjallisuutta.

Työssä käytiin tarkasti läpi valoverhosovellusta ja erinäisiä teollisuusstandardien esittämiä vaatimuksia koko turvajärjestelmälle, joka sisältää valoverhon ja erillisen aitauksen. Turvajärjestelmä koostuu Sick M2000-mallisesta valoverhosovelluksesta, joka oli valmiiksi hankittu Automaintille sekä turva-aitauksesta, joka tilattiin erikseen OEM:ltä.

Työssä on hyödynnetty yleisiä tutkimustyö-, suunnittelu- ja valmistusmenetelmiä. Tutkimustyö kohdistui teollisuusstandardeihin ja konedirektiiviin. Suunnittelu on toteutettu AutoCAD Mechanicalia käyttäen, joilla on tehty HAMKIn laboratoriotiloista 2-D layoutmalli.

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Kone-ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

ABSTRACT

Author	Ville Salonen
Title	Rail Dependent Storage and Retrieval Equipment Safety System
Year	2010
Language	Finnish
Pages	41 + 9 Appendices
Name of Supervisor	Reijo Mäkelä

The purpose of this thesis was to design and build an industrial standardized security system for rail dependent storage and retrieval equipment that uses and transports different kind of pallets. In this thesis several industry standardial and literature relating to machine safety standards were used.

In this thesis multiple light beam safety barrier application and requirements set by the industrial standards for the whole security system and elevator were carefully studied. The industrial standardized security system built in this thesis includes multiple light beam safety barriers and a separate enclosure. The security system consists of Sick M2000 multiple light beam safety barrier application, which was already purchased for Automaint and also of safety enclosure, which was ordered from OEM.

The research work concentrated on industrial standards and on machine directives. The methods used in this thesis were common research methods, design methods and manufacturing methods. The design was conducted with AutoCAD-Mechanical, with which 2D layout model of the HAMK laboratory premises has been created.

Keywords	Rail Dependent Storage and Retrieval System, Multiple Light Beam Safety Barrier, Standards, 2-D Layout
----------	--

SISÄLLYS

ALKUSANAT	2
TIIVISTELMÄ.....	3
ABSTRACT	4
LIITELUETTELO.....	7
1 JOHDANTO	8
2 AUTOMAINIT	9
3 KONEDIREKTIIVI.....	10
3.1 Konedirektiivi yleisesti	10
3.2 Suojaaminen mekaanisilta vaaroilta.....	12
3.3 Suojuksilta ja turvalaitteilta vaadittavat ominaisuudet.....	13
3.4 Kiinteät suojukset.....	13
3.5 Toimintaankytketyt avattavat suojukset.....	13
4 STANDARIT.....	15
4.1 Standardit yleisesti	15
4.2 SFS-EN 528, hyllystöhissit/turvallisuus	15
4.3 SFS-EN ISO 13857, koneturvallisuus/turvaetäisyydet yläraajojen ja alaraajojen ulottumisen estämiseksi vaaravyöhykkeelle	16
4.4 SFS-EN 999 + A1, koneturvallisuus/turvalaitteiden sijoitus ottaen huomioon kehon osien lähestymisnopeudet	16
4.5 SFS-EN 1037+A1, koneturvallisuus/odottamattoman käynnistymisen estäminen	16
5 VALOVERHO.....	18
5.1 Valoverhot yleisesti.....	18
5.2 Valoverhon vaatimukset.....	18
6 HYLLYSTÖHISSI	20
6.1 Tarkastelu konedirektiivin ja standardien määräysten mukaan	20
6.2 Standardin SFS EN-528 todentaminen	20
6.3 Konedirektiivin todentaminen.....	22
6.3.1 Suojaaminen mekaanisilta vaaroilta	22
6.3.2 Suojuksilta ja turvalaitteilta vaadittavat ominaisuudet.....	23

7	HYLLYSTÖHISSIN SIJAINTI	24
7.1	Hyllystöhissin lopullinen sijainti ja turvallisuus näkökannat.....	24
7.2	Alkuasento.....	25
7.3	Lopullinen asento	26
8	TURVAJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU	28
8.1	Valoverho	28
8.2	Aitaus	28
8.3	Aitaus ja valoverho.....	28
8.4	Turvajärjestelmän layout.....	29
9	TURVAJÄRJESTELMÄN VALINTA.....	31
9.1	Valoverho	31
9.2	Aitaus	32
9.3	Kustannusarvio.....	32
10	TURVAJÄRJESTELMÄN KOKOAMINEN	34
11	YHTEENVETO.....	41
12	LÄHDELUETTELO	42

LIITELUETTELO

LIITE 1 Valoverhon etäisyyden määrittely

LIITE 2 Layout 1

LIITE 3 Layout 2

LIITE 4 Layout 3

LIITE 5 Layout 4

LIITE 6 Valoverhon nostojalusta, versio 1

LIITE 7 Valoverhon nostojalusta, versio 2

LIITE 8 Valoverhon nostojalusta, versio 3

LIITE 9 Valoverhon nostojalusta, versio 4

1 JOHDANTO

Työn alussa kerrotaan yrityksestä, johon opinnäytetyö tehtiin. Työssä on käytetty aineistona turvajärjestelmissä käytettävien laitteiden ja muiden osien määritettyjä standardeja, joita ovat hyllystöhissille SFS-EN 528 ja koneturvallisuudelle standardeja SFS-EN ISO 13857 ja SFS-EN 999. Kirjallisuutta on käytetty tukemaan teoriaa käytännön esimerkein, lähteinä Koneturvallisuus: ohjausjärjestelmät ja turvalaitteet, Koneturvallisuuden perusteet ja Internetistä löytyvää uusittua konedirektiiviä.

SFS 999-standardi sisälsi tietoa ja säädöksiä valoverhoista ja muista koskematta tunnistavista aktiivisista valosähköisistä turvalaitteista. Aitaus on tehty standardien SFS 999 ja SFS-EN ISO 13857 mukaan. Aitauksen teossa huomioitiin ihmisen ylä- ja alaraajoihin liittyvät standardit SFS-EN ISO 13857, joissa määriteltiin ala- ja yläraajojen eri asennot ja kansainvälisesti määritellyt turvarajat.

Työssä on perehdytty tarkasti hyllystöhissin ominaisuuksiin ja standardin SFS-EN 528 asettamiin vaatimuksiin, samalla hyllystöhissille on valittu optimaalinen sijainti. Työssä on käsitelty valoverhoja yleisesti ja niiden asettamia vaatimuksia. Turvajärjestelmän eri osien valinta on selitetty ja lopullisesta turvajärjestelmästä on tehty kustannusarvio. Työn alkupuolella kerrotaan tarkemmin konedirektiivin vaatimuksista, yleisestä käyttötarkoituksesta ja standardien tyypeistä. Turvajärjestelmän ja koko projektin rakentamisen etenemisestä ja siinä ilmenneistä ongelmista kerrotaan luvussa 10. Lopuksi tarkastellaan valmista turvajärjestelmää ja sitä täyttääkö se asetetut vaatimukset käytön suhteen.

2 AUTOMAINT

AutoMaint toimii Valkeakoskella ja sijaitsee Hämeen ammattikorkeakoulun yhteydessä. AutoMaint alkoi kehityshankkeena vuonna 2000 ja on nykyään pysyvä toimintatapa. Yrityksessä työskentelee vakituisten työntekijöiden lisäksi opiskelijoita, jotka tekevät erilaisia projekteja, tutkimuksia ja opinnäytetöitä.

AutoMaint on tutkimus- ja kehitysyksikkö, joka tarjoaa käynnissä- ja kunnossapitoautomaation huippuammattitaitoa, sekä liiketalouden ja erityisesti markkinoinnin kehityspalveluita. AutoMaint tarjoaa yrityksille suoraa tutkimuspalvelua sekä tuotannon ja tiedonhallinnan kehittämispalveluja että liiketoiminnan ja markkinoinnin kehitystoimia. Palvelujen avulla tehostetaan yritysten teollisuuden palveluliiketoimintaa, tuotantotoimintaa ja edesautetaan uusien tuotteiden syntymistä.

Pääkohderyhmänä on suomalainen teollisuus ja sitä palveleva yritystoiminta. Toiminnan tavoitteena on tuotantotoiminnan tehostaminen automaation ja tietojärjestelmien avulla sekä liiketalouden erityisosaamisen kautta tuottaa markkinaselvityksiä, markkinointimateriaalin uudistuksia, neuvoa / palvelua sekä kehittää yrityksen imagoa / brandia.

Yritysyhteistyöllä ja synergiaedulla automaation, tuotantotalouden ja liiketalouden kansainvälisten koulutusohjelmien kanssa, HAMK:n ja AutoMaintin yhteistyön kautta valmistuu yritysrajapinnassa työskenteleviä ammattitaitoisia teollisuuden palveluliiketoiminnan osaajia joiden tietotaito on jatkuvasti kehittyvillä aloilla ajan ja tarpeen tasalla. /1/

3 KONEDIREKTIIVI

3.1 Konedirektiivi yleisesti

Konedirektiivi on laadittu EU:n säännösten yhtenäistämiseksi ja kaupan esteiden poistamiseksi. Suomessa se on otettu käyttöön vuoden 1995 alussa, kun Suomi liittyi Euroopan Unioniin ja sen näkyvin ominaisuus oli CE merkintä. Ensimmäinen konedirektiivi, joka laadittiin 1989, kumottiin vuonna 1998 voimaan tulleella versiolla. Uusin versio luotiin 2006 ja tämän avulla saatiin yksinkertaistettua valmistajalle asetettuja vaatimuksia ja poistettiin vanhan direktiivin ongelmakohtia. Konedirektiiviin liittyvä standardointi tehdään eurooppalaisten standardoimisjärjestöjen CENin ja CENELECin teknisissä komiteoissa.

Konedirektiivin periaate on oma valvonta, jonka mukaan koneen valmistaja vastaa siitä, että kone on suunniteltu ja rakennettu konedirektiivin mukaan. Konedirektiivin tärkeimpiä tavoitteita on taata turvalliset koneet ja turvakomponentit EU:n markkina-alueella ja varmistaa turvallisten komponenttien vapaa markkinointi ja markkinoijien tasavertainen asema.

Konedirektiiviin on määritelty tarkasti turvallistamisen periaatteet, joihin kuuluu useita eri vaiheita. Kone tulee suunnitella ja rakentaa siten, että henkilöillä jotka käyttävät, säätävät ja huoltavat konetta ei ole vaaraa, eli koneet suunnitellaan tiettyjä töitä varten konedirektiivin ja standardien avulla. Tässä vaiheessa täytyy huomioida kohtuudella ennakoitavissa oleva väärinkäyttö ja että kone soveltuu tarkoitukseensa. Näiden vaiheiden tarkoituksena on riskin poistaminen koko koneen ennakoitavana käyttöaikana, huomioiden myös kuljetus-, kokoonpano-, purkamis-, käytöstäpoisto- ja romuttamisvaihe.

Valmistajan tai tämän valtuutetun edustajan on noudatettava seuraavia periaatteita seuraavassa järjestyksessä, kun valitaan tarkoituksenmukaisempia ratkaisuja koskien koneen turvallisuutta:

- turvallisella suunnittelulla ja rakenteella on poistettava ja pienennettävä riskejä mahdollisimman paljon
- jos riskejä ei voida poistaa, tehdään tarvittavat suojaustoimenpiteet
- koneen käyttäjälle on ilmoitettava mahdollisista jäännösriskeistä, joita jää toteutettujen suojaustoimenpiteiden mahdollisista vajavaisuuksista. Näistä vajavaisuuksista on oltava selkeä ilmoitus ja kerrottava henkilösuojaajien tarve käyttäjälle, myös tarvittaessa erikoiskoulutuksesta on ilmoitettava.

Suunniteltaessa ja rakennettaessa konetta ja sen käyttöohjeita laadittaessa valmistajan tai tämän valtuutetun edustajan on huomioitava tarkoitettun käytön lisäksi myös kohtuudella ennakoitavissa oleva väärinkäyttö. Koneita ei saa käyttää epätavallisella tavalla, jos tällaisesta käytöstä aiheutuu riskejä. Koneen käyttäjälle pitää käyttöohjeissa ilmoittaa huomiota herättävästi sellaisista käyttötavoista, jotka ovat mahdollisia käytännössä ja joilla konetta ei saisi käyttää. Koneen liikkuvien osien liikeratoihin täytyy olla mahdollisimman hyvä näkyvyys koneen ohjaustilasta, jotta vältetään mahdolliset törmäykset henkilöihin, laitteisiin ja muihin koneisiin, jotka saattavat olla toiminnassa samaan aikaan ja saattavat aiheuttaa vaaraa. Konedirektiivin todentamiseen tarvitaan neljä toimenpidettä.

- selvitetään kuuluuko laite konedirektiivin soveltamisalaan
- suunnitellaan kone tai turvakomponentti oleellisten terveys- ja turvallisuusvaatimusten mukaisesti ja luodaan tekninen dokumentointi
- tarkastetaan pitääkö koneelle tai turvakomponentille tehdä tyyppitarkastus ja tehdään se tarvittaessa
- laaditaan vaatimustenmukaisuusvakuutus ja kiinnitetään koneeseen CE-merkintä. /2/, /3/, /6/, /7/

3.2 Suojaaminen mekaanisilta vaaroilta

Kone on suunniteltava ja rakennettava siten, että henkilösuojaajien välttämättömästä tai ennakoitavissa olevasta käytöstä johtuvat käyttäjää rajoittavat tekijät otetaan huomioon. Koneen mukana on toimitettava kaikki erikoisvarusteet ja – laitteet, jotka ovat välttämättömiä, jotta konetta voidaan säätää, huoltaa ja käyttää turvallisesti.

Koneessa olevien liikkuvien osien aiheuttamien riskien torjuntaan suunniteltujen suojusten ja turvalaitteiden on oltava valittu riskien arvioinnin perusteella. Seuraavia asioita on käytettävä niiden valinnan helpottamiseksi. Henkilöiden suojaamiseen tarkoitettujen suojusten on oltava voimansiirron liikkuvien osien aiheuttamilta vaaroilta, joko kappaleessa 3.3.1 tarkoitettuja, tai kappaleessa 3.3.2 tarkoitettuja. Jos käytön ennakoitaan näihin osiin olevan toistuvaa, olisi käytettävä toimintaan kytkettyjä avattavia suojuksia.

Prosessissa olevien liikkuvien osien suojusten ja turvalaitteiden, jotka on tarkoitettu henkilöiden suojaamiseen, on oltava

- joko 3.3.1 kappaleessa tarkoitettuja kiinteitä suojuksia, tai
- 3.3.2 kappaleessa tarkoitettuja toimintaan kytkettyjä avattavia suojuksia, tai
- 3.3 kappaleessa tarkoitettujen erityisvaatimusten mukaisia.

Jos prosessiin suoraan liittyviä liikkuvia osia ei voida kokonaan sijoittaa toiminnan aikana ulottumattomiin siksi, että toimintojen suorittaminen vaatii käyttäjän toimenpiteitä, varustetaan ne kiinteillä suojuksilla tai toimintaan kytketyillä avattavilla suojuksilla, jotka estävät ulottumisen osien niille alueille, joita ei käytetä työssä. /3/

3.3 Suojuksilta ja turvalaitteilta vaadittavat ominaisuudet

Yleisiä vaatimuksia suojuksille ja turvalaitteille on asetettu siten, että niiden rakenteiden pitää olla kestäviä, niiden on pysyttävä paikallaan ja niistä ei saa aiheutua lisävaaraa. Suojuksia ja turvalaitteita ei saa helposti ohittaa tai tehdä toimimattomiksi, niiden on sijaittava riittävällä etäisyydellä vaaravyöhykkeestä ja estettävä mahdollisimman vähän työprosessin tarkkailua. Työkalujen asettamisen, vaihdon sekä kunnossapidon edellyttämät toimenpiteet on sallittava, siinä määrin kuin työ edellyttää ja jos mahdollista ilman, että suojusta poistetaan tai turvalaitetta kytketään pois. Erityisvaatimuksina turvalaitteille on määritelty, että liikkuvat osat eivät saa käynnistyä, kun ne ovat käyttäjän ulottuvilla, henkilöt eivät saa ylettyä liikkuviin osiin niiden ollessa liikkeessä ja yhdenkin turvalaitteessa olevan komponentin vikaantumisen tai poistamisen on estettävä käynnistyminen ja pysäytettävä liikkuvat osat. /3/

3.4 Kiinteät suojukset

Suojukset määritellään kiinteiksi, kun niiden kiinnitysjärjestelmien avaaminen tai irrottaminen on mahdollista vain työkaluilla. Kiinnitysjärjestelmien on pysyttävä kiinnitettyinä suojuksiin tai koneeseen kun suojukset irrotetaan. Suojusten pitää mahdollisuuksien mukaan olla sellaisia, että ne eivät pysy paikallaan ilman kiinnitystä. /3/

3.5 Toimintaan kytketyt avattavat suojukset

Toimintaan kytketyt avattavat suojukset on mahdollisuuksien mukaan jäätävä kiinni koneeseen, kun ne ovat auki ja oltava suunniteltu ja rakennettu siten, että niiden säätö voidaan tehdä ainoastaan tarkoituksellisin toimin. Näissä suojuksissa on oltava myös toimintaankytkentälaitte, joka estää koneen vaarallisten toimintojen käynnistymisen, kunnes suojus on kiinni ja antaa pysäytyskäskyn kun suojus ei ole enää kiinni. Kun käyttäjä ulottuu vaaravyöhykkeelle, ennen kuin

koneen vaarallisista toiminnoista aiheutuva riski on poistunut, avattavissa suojuksissa on toimintaankytkentälaitteen lisäksi oltava suojuksen lukituslaite. /3/

4 STANDARIT

4.1 Standardit yleisesti

Standardit jaotellaan konedirektiivissä kolmeen ryhmään, nämä ryhmät ovat A-, B- ja C-tyyppin standardit. A-tyyppissä määritellään koneturvallisuuden perusfilosofiaa, joka sisältää perusterminologian, riskin arvioinnin ja turvallisuussuunnittelun periaatteet. B-tyyppin standardissa käsitellään suunnittelijoiden tarvitsemaa perustietoa horisontaalisesti, kuten tärinän ja melun hallintaa ja mittausta, ergonomiaa, turvalaitteita, suojuksia, kulkuteitä ja turvaetäisyyksiä. C-tyyppin standardit ovat yksittäisiin koneisiin tai koneryhmiin liittyviä turvallisuusvaatimuksia, joita osittain toteutetaan viittaamalla A- ja B-tyyppin standardeihin. /6/

4.2 SFS-EN 528, hyllystöhissit/turvallisuus

Tämä on C-tyyppin standardi, joka määrittää tietynlaiselle teolliselle koneelle ominaisuudet ja vaatimukset turvallisuuden kannalta. SFS-EN 528 standardi kohdistuu hyllystöhisseihin ja se määrittää tarkasti millainen koneen täytyy olla ja mitä ominaisuuksia koneessa tulee olla. Mikäli hyllystöhissi täyttää standardin määritykset, ei tarvitse tehdä erillistä riskianalyysia. Kuitenkin jos vaarat ja vaaratilanteet ovat suuria tai niitä ei ole huomioitu standardissa, täytyy tehdä vielä erillinen riskianalyysi. Standardia voidaan soveltaa laitteille, jotka liikkuvat hyllykäytävissä ja hyllykäytävien ulkopuolella kisko-ohjatusti ja jotka käyttävät nostoliikkeitä tai mahdollisesti sivuttaisliikkeitä tarkoituksenaan varastoida, purkaa tai säilyttää materiaalia varastossa. Laitteiden ohjaustavoissa on otettu huomioon kaikki vaiheet aina käsinohjauksesta automaattiajoon. /4/

4.3 SFS-EN ISO 13857, koneturvallisuus/turvaetäisyydet yläraajojen ja alaraajojen ulottumisen estämiseksi vaaravyöhykkeelle

SFS-EN ISO 13857 on B-tyyppin standardi, jota voi tarvittaessa täydentää C-tyyppin standardeilla. Standardissa esitetään menetelmiä poistaa tai pienentää turvallisuusriskejä turvaetäisyyksillä, joilla estetään ylä- ja alaraajojen ulottuminen vaaravyöhykkeelle. Standardissa on esitetty hyvin selkeästi eri raajojen mahdolliset normaalit asennot, kun ne ovat vaaravyöhykkeellä. Standardissa on annettu selkeät taulukot ja yksinkertaiset kuvat, joista lukija voi käsittää kyseiset arvot. Ylimääräisiä jatkopaloja, kuten putkia, keppejä ja jakkaroita ei oteta standardeissa huomioon. /4/

4.4 SFS-EN 999 + A1, koneturvallisuus/turvalaitteiden sijoitus ottaen huomioon kehon osien lähestymisnopeudet

Standardissa käsitellään turvalaitteiden sijoitusta, ottaen huomioon kehon osien nopeudet. SFS-EN 999 + A1 on B1-tyyppin standardi, joka täydentää standardia EN ISO 12100. Standardissa esitetään tietyn tyyppisten turvalaitteiden tehokkuus riskin pienentämisessä. Se perustuu osittain siihen, että näiden laitteiden asiaankuuluvat osat on sijoitettu oikein vaaravyöhykkeeseen nähden. Laitteiden sijoittelun kannalta tärkeitä seikkoja ovat vaarojen tunnistaminen ja riskien arviointi, käytettävien laitteiden tyypit, turvalaitteiden vasteajat, koneen pysähtymisnopeus ja vaaravyöhykkeelle pääsy ilman turvalaitteen huomaamista. /4/

4.5 SFS-EN 1037+A1, koneturvallisuus/odottamattoman käynnistymisen estäminen

Tässä standardissa käsitellään odottamattoman käynnistymisen estämistä, kyseinen standardi on luokiteltu B1-tyypiksi. Koneiden tärkeimpiin ominaisuuksiin kuuluu, että ne pysyvät pysähtyneenä ihmisen ollessa koneen

vaaravyöhykkeellä. Automaatio on asettanut omat haasteensa tämän toiminnon toteuttamiseksi ja tätä todistaa myös koneiden odottamattomasta käynnistymisestä johtuvien tapaturmien kasvu, kun konetta on huollettu, korjattu tai palautettu häiriöstä. Standardissa on huomioitu paljon erilaisia sovelluksia, joissa toiminto on mahdollista, kuten

- tehonsyöttö (esim. sähkö, hydraulikka ja paineilma)
- varastoitunut energia (esim. painovoima tai kokoonpuristuneet jouset)
- ulkoiset vaikutukset (esim. tuuli). /4/

5 VALOVERHO

5.1 Valoverhot yleisesti

Valoverhoja käytetään yleensä tilanteissa, joissa tarvitaan jatkuvaa ja esteetöntä pääsyä vaara-alueelle ja kun mekaaninen suoja on epäkäytännöllinen ja ergonomisesti sopimaton. Valoverhon käytössä pitää riskien kannalta ottaa huomioon alimman säteen ali ryömiminen, ylimmän säteen yli kurkottaminen ja säteiden välistä kurkottaminen. Valoverhot jaotellaan kahteen eri ryhmään, jotka ovat tyyppin 4 ja tyyppin 2 valoverhot. Tyyppi 4 sietää tyyppiä 2 paremmin sähkömagneettisia häiriöitä ja sen optiset ominaisuudet ovat paremmat. Tyyppissä 4 laitteen vikaantuminen paljastuu välittömästi, tyyppissä 2 ajoittain tehtävässä automaattisessa testissä. /6/

Ihmisen tunnistamiseen tarkoitetuissa valoverhoissa on yleensä kahdesta neljään sädettä. Tähän turvajärjestelmään valoverhoksi on valittu kolmella säteellä oleva versio, jossa säteet ovat 300, 700, 1100 millimetrin korkeudella. Nämä korkeudet ja säteiden välit tunnistavat ihmisen silloin, kun kuljetaan valoverhon läpi. /6/

5.2 Vaatimukset valoverholle

Tässä sovelluksessa ei ole tarvetta tyyppin 4 valoverholle, koska valoverholla suojataan sellaisia koneen kohtia, joissa ei ole paljon liikkuvia osia tai ne ovat liikkeiltään hitaita. Valoverhosovellus toteutetaan siis tyyppin 2 valoverhosovelluksella. Valoverho estää hyllystöhissille pääsyn, kun sen säteistä jokin katkaistaan, koneen energia syöttö lakkaa ja kone pysähtyy. Sovelluksessa täytyy ottaa huomioon riski, että koneen parissa työskentelevä ihminen yrittää laittaa raajaa tai raajoja säteiden välistä, korjatakseen tai säätääkseen konetta. Tämä on estetty määrittelemällä sopiva etäisyys vaaravyöhykkeen ja valoverhon välille alla olevalla laskukaavalla. Valoverhon ja vaaravyöhykkeen etäisyys toisistaan on määritelty SFS 999-standardissa.

Standardi määrittää kaavan $S=(K*T) + C$ (1), jossa

S= vähimmäisetäisyys (mm), joka mitataan vaaravyöhykkeestä -linjaan, -tasoon tai -vyöhykkeeseen.

K = muuttuja (mm/s), joka saadaan kehon tai kehonosien liikenopeustiedoista.

T = kokonaispysähtymisaika (s).

C = lisäetäisyys (mm), jossa otetaan huomioon ennen turvalaitteen vaikuttamista tapahtuva kehon tai kehonosan lähestyminen kohti vaaravyöhykettä.

Arvolle K, ihmisen lähestymisnopeudeksi annetaan standardissa SFS 999 yleensä käytettävien määritelmien mukaan 1600 mm/s tai 2000 mm/s.

Tämän työn laskelmissa on käytetty ihmisen lähestymisnopeutta 1600 mm/s, koska valoverhon ympärillä ei ole tarvetta isoille ja nopeille liikkeille. Arvo T on turvalaitteen reagoimiseen ja koneen todelliseen pysähtymiseen kuluva kokonaisaika $T=t_1+t_2$ (2). Turvalaitteiden vasteajat ovat yleensä luokkaa 20...80 ms ja koneiden pysähtymisajat riippuvat aina konejärjestelmien suuruudesta ja monimuotoisuudesta. Standardissa SFS 999 määritellään erikseen, että uudesta koneesta mitattuun aikaan on lisättävä 10 %, koska koneen kuluessa sen pysähtymisaika pitenee koneen osien kulumisen vuoksi. Tätä ei ole huomioitu laskelmissa, koska kone on jo ollut aikaisemmin käytössä pitkään ja osat ovat kuluneita. /4/, /6/

6 HYLLYSTÖHISSI

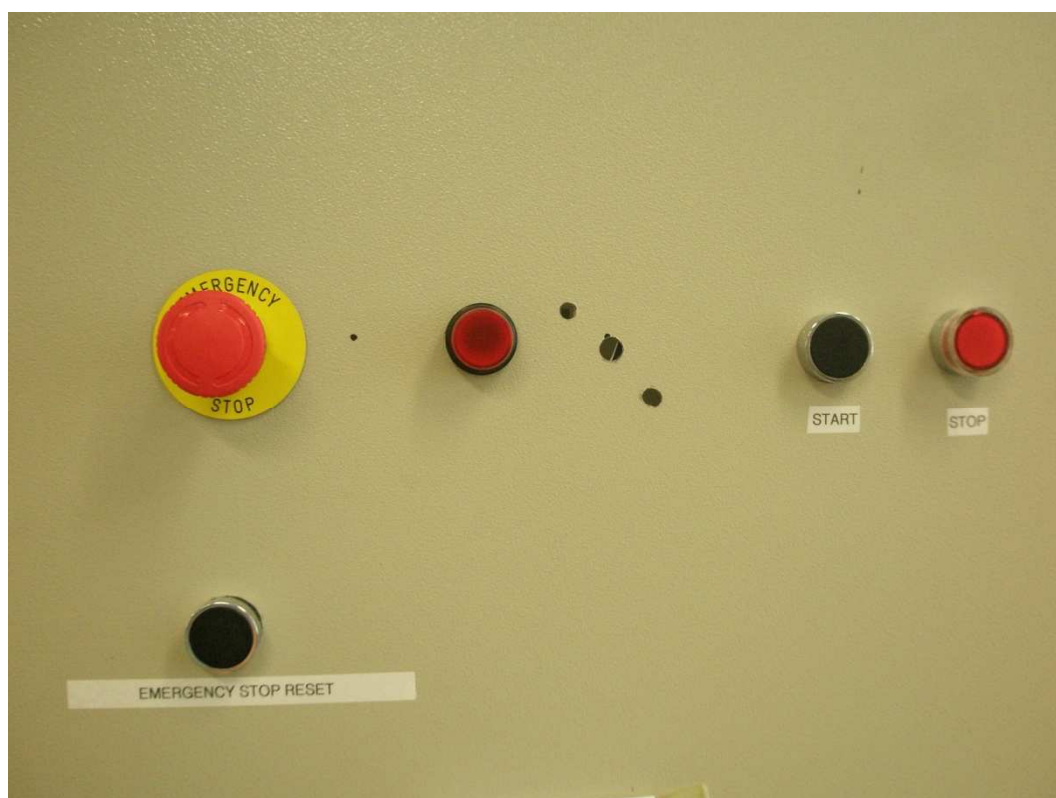
6.1 Tarkastelu konedirektiivin ja standardien määräysten mukaan

Tarkastelu aloitettiin tutustumalla konedirektiiviin ja hyllystöhissille erikseen tehtyyn SFS EN 528-standardiin. Hyllystöhissistandardi SFS EN 528 määrittelee tarkkaan minkälainen laite hyllystöhissin tulisi olla, jotta sitä voitaisiin turvallisesti käyttää. Standardista tarkastettiin vaatimukset, jotka kohdistuivat kyseiseen koneeseen. Näitä olivat turvallisuusvaatimukset ja/tai suojaustoimenpiteet kaikille hyllystöhisseille, erityisvaatimukset käsinohjatuille hisseille, asennus- ja turvallisuusvaatimusten ja/tai suojaustoimenpiteiden todentaminen. Konedirektiivissä kerrotaan, kun suunnittelijalla on C-tyypin standardi käytettävissä, joka on lisäksi yhdenmukaistettu, omaa yksityiskohtaista turvallisuusanalyysia standardin käsittelemien vaarojen osalta ei tarvitse tehdä. Tämä johtuu uuteen menettelyyn liittyvästä periaatteesta, että yhdenmukaistetun standardin mukainen tuote katsotaan automaattisesti direktiivin vaatimukset täyttäväksi. /3/, /4/

6.2 Standardin SFS EN-528 todentaminen

Ohjauspaikka on hyllystöhissin sivulla, paikassa josta nähdään koko järjestelmä ja sen ympäristö. Tämän avulla vaaratilanteet on minimoitu käynnistys- ja häiriöpalautumisvaiheessa. Asiattoman käynnistyksen estoa ei otettu huomioon, koska kyseinen kone on opetuskäyttöön tarkoitettu ja laboratoriotiloissa on koneiden käyttö kielletty ilman asianmukaista valvontaa. Konetoimiset liikkeet suoritetaan ohjauspaikalta, näin on varmennettu helppo ja yksinkertainen koneen käyttö, samalla on pienennetty riskiä käyttää konetta väärin. Ohjaustapana käytetään ainoastaan automaattiajaja, tällöin ohjelma tehdään tietokonesovelluksella ja tarkastetaan samalla tietokoneella, ennen logiikalle lataamista. Laitteiston pysäytystoimintoja ohjataan ohjauspaikalta, myös hätäseispainike on sijoitettu ohjauspaikalle (Kuva1). SFS-EN 528-standardi

määrittää, että hätäpysäytystoiminnon hallintaelimet on sijoitettava ainakin koneen ohjauspaikkoihin ja koneen koosta ja mahdollisista riskeistä riippuen niitä tulee lisätä. Kyseisessä sovelluksessa on ainoastaan yksi hätäseispainike, koska kone on kohtalaisen pieni ja sen riskit ovat vähäiset. Pysäytysluokka on 0. Tässä pysäytysluokassa kone katkaistaan energiasyötöstä ja koneen liikkeet pysähtyvät itseksensä tai esimerkiksi jousivoimalla toimivien jarrujen avulla. Hätäpysäytys on toteutettu pysäytysluokkaa 0 käyttäen, tällöin hyllystöhissin laitteet pysähtyvät välittömästi ja kone eristetään energiasyötöstä. Hätäseistilasta palaututaan kuitauspainikkeella, joka sijaitsee ainoastaan koneen ohjauspaikalla, mistä on näkymä koko alueelle.



Kuva 1. Ohjauskaappi.

Hississä on erikseen manuaalisesti käytettävä jarru, jolla voidaan vapauttaa hissi tai hidastaa sen laskuliikettä. Hissien nosto- ja laskuliikkeet on rajoitettu

päätevastuksilla ja rajakatkaisimilla. Rajakatkaisimet estävät hissien kielletyt liikesuunnat ylä- ja ala-asevilla. Jos rajakatkaisimet eivät jostain syystä estä hissien liikettä on ylä- ja ala-aseville erilliset kumi tai metallipäätevastukset, jotta hissien kelkka ei törmää koneen runkoon. Hissien kelkat liikkuvat hihnavedolla ja hihnat ovat standardien mukaiset. Hissien hihnoille on määritelty vähimmäismurtokuorma, jonka pitää olla kaikille hihnoille vähintään 5 kertaa suurin staattinen voima hyöty- ja lisäkuormilla, joita voi esiintyä kussakin hihnassa. Hihnoille on määritelty erillinen silmämääräinen tarkastus, jossa hihna pitää voida tarkastaa ilman sen irrottamista tai rakenteiden irrotusta. Hihna ei myöskään saa irrota tai löystyessään päästä pois paikaltaan. Hyllystöhissi täytti standardeissa määritellyt yksityiskohdat järjestelmän ominaisuuksien osalta ja näin ollen riskianalyysiä ei ole tarvetta tehdä erikseen. Koneessa ei kuitenkaan ole CE-merkintää, joka voi johtua koneen iästä. CE-merkintää ei kuitenkaan voitu tarkistaa mistään, koska minkäänlaisia konetta koskevia dokumentteja ei löytynyt.

/4/

6.3 Konedirektiivin todentaminen

Standardin todentamisessa on käynyt ilmi, että hyllystöhissi täyttää SFS EN-528:n vaatimukset. Tämän johdosta ei konedirektiiviä tarvitse käydä sen tarkemmin läpi, koska konedirektiivi määrittää aikaisemmin mainitut eritasoiset standardit, joihin lukeutuu myös C-tyyppin standardi. Tässä C-tyyppin standardissa SFS EN 528 on erikseen määritelty hyllystöhissille ominaiset riskit ja vaatimukset. Koska työssä käsiteltiin turvallisuutta ja turvalaitteita, on kuitenkin erikseen käyty konedirektiivin asettamat vaatimukset näiltä osin läpi kappaleissa 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3 ja 3.1.4.

6.3.1 Suojaaminen mekaanisilta vaaroilta

Mekaanisilta vaaroilta suojaaminen toteutettiin tässä sovelluksessa suoja-aidalla ja valoverholla. Ne ovat sellaisilla etäisyyksillä (suoja-aita ≤ 345 mm ja valoverho 1439 mm) mistä ei ole mahdollista päästä käsiksi mekaanisiin osiin koneen

ollessa liikkeessä. Hyllystöhissin käytössä, huollossa ja säädössä ei tarvita erillisiä henkilösuojaimia tai muita erikoisvarusteita ja – laitteita, kun otetaan huomioon mekaaniset vaarat. Suoja-aita on valittu sovellukseen siksi, että se vähentää huomattavasti riskiä jäädä hissien alle ja samalla turvalaitteen korkeus nousee niin korkeaksi (1900 mm), että sen yli ei ole mahdollista laittaa käsiä koneen vaarallisiin paikkoihin. Valoverho on valittu sovellukseen, koska sen rajoittamalla alueella ei ole suurta vaaraa joutua hissien alle ja se helpottaa havainnoimaan koneen liikkeitä, koska siitä ei tule mitään näköesteitä. Suoja-aita määritellään kiinteäksi turvalaitteeksi, josta kerrotaan lisää kappaleessa 3.1.3. Turva-aidan ovesta on turvakytkin. Turvakytkin auetessaan katkaisee virransyötön laitteelle ja se pysähtyy. Samalla periaatteella toimii myös valoverho, jos valoverhon säde katkaistaan, se katkaisee virransyötön koneelle ja se pysähtyy. Kytkin ja valoverho määritellään konedirektiivissä toimintaankytketyksi avattavaksi suojukseksi, tällaiset turvalaitteet on määritelty kappaleessa 3.1.4.

6.3.2 Suojuksilta ja turvalaitteilta vaadittavat ominaisuudet

Kappaleessa 3.1.2 on määritelty ominaisuuksia, joita suojuksilta ja turvalaitteilta vaaditaan. Tässä turvajärjestelmässä käytettävät turvalaitteet ja suojukset ovat rakenteeltaan kestäviä, ne on pultattu lattiaan, joten ne pysyvät paikallaan ja niistä ei synny lisävaaraa. Ainoa osa, joka turvalaitteesta voidaan ohittaa, on oven turvakytkin. Tämän tyyppisiä turvaytkimiä ohitetaan teollisuudessa usein, koska ovesta kuljetaan paljon ja koneen sammuttaminen hidastaa prosessia. Tässä sovelluksessa turvaytkimen kiertäminen ei kuitenkaan ole mahdollista, koska sovellusta käyttävät oppilaat opetuksessa ja aina opettajien valvonnassa. Sovellus on myös sellainen, että ovesta kulkeminen ei hidasta työprosessia, koska prosessi on ajallisesti ja ohjelmallisesti lyhyt verrattuna teollisiin versioihin. Hyllystöhissi ei myöskään lähde liikkeelle, ennen kuin valoverhoa ja/tai turvaytkintä on kuitattu ohjauspaikalta ja oven turvakytkin on suljettu. Turvaytkimen tai valoverhon ollessa epäkunnossa prosessi ei käynnisty ja liikkuvat osat pysähtyvät.

7 HYLLYSTÖHISSIN SIJAINTI

7.1 Hyllystöhissin lopullinen sijainti ja turvallisuusnäkökannat

Hyllystöhissille piti määritellä optimaalinen sijainti laboratoriotiloihin. Koneen paikoittamisessa täytyi huomioida katosta roikkuvat lamput, koska hissit nousivat sellaiselle korkeudelle, että ne olisivat voineet rikkoa katossa olevat lamput. Turvaetäisyydet oli määritelty SFS-EN 13587 ja SFS 999-standardeissa, mutta joitakin mittoja, kuten valoverhon turvaetäisyys piti täydentää laskukaavalla. Standardeissa määriteltyihin mittoihin kuuluivat aitauksen ja valoverhon etäisyys hyllystöhissistä. Valoverholle täytyi erikseen laskemalla määrittää minimietäisyys koneesta. Ihmisen liikkussa koneen välittömässä läheisyydessä voi tapahtua tapaturma, joka syntyy kun ihminen pääsee koneelle sen ollessa liikkeellä. Tämä estettiin tarkastamalla valoverhon reaktioaika ja koneen pysähtymisaika ja sijoittamalla nämä arvot standardeissa annettuun kaavaan saatiin valoverhon minimietäisyys. Standardeissa on määritelty turva-aitaukselle omat arvot, jotka piti tarkastaa taulukoista. Aitauksessa oleville rei'ille on myös määritelty edellä mainituissa standardeissa turvaetäisyydet erilaisille aukkotyypeille, valitulle aukkotyypille silmäkoko 20x100 (mm) etäisyys oli määritelty ≥ 120 mm. Turvaetäisyydet tuottivat ongelmia laboratorion tilan suhteen, koska erilaisia sovelluksia oli hyllystöhissin lähistöllä. Tästä johtuen valoverho oli liian lähellä viereistä sovellusta ja jos molempia sovelluksia käytetään yhtä aikaa, oli mahdollista, että valoverho katkeaa huomaamatta koko ajan, johtuen viereisellä koneella työskentelevistä ihmisistä. Viereistä sovellusta siirrettiin tästä syystä ja tilaa syntyikin tarpeeksi hyllystöhissille ja sen turvajärjestelmälle.

7.2 Alkuasento

Hyllystöhissi oli tuotu paikalleen kesällä 2009 ja johdotettu samaan aikaan. Hissi oli sijoitettu niin, että sen rullaradat olivat laboratoriotiloihin päin (Kuva2). Tässä asennossa erinäiset tekniset laitteet jäivät koneen taakse ja koska kone on tarkoitettu opiskelijoiden projekti- ja opiskelukäyttöön, olisi tärkeä nähdä mitä laitteet tekevät kun kone käy. Myös yritysvieraita



Kuva 2. Koneen alkuperäinen sijainti ja asento.

kiinnostaa usein koneiden yksittäiset tekniset toteutukset, ei niinkään koneen toiminta yleisesti. Koneen edestä näki ainoastaan rullaratojen ja muutamien antureiden toiminnan. Hyllystöhissin sijainti oli katossa olevien lamppujen

kannalta huonossa kohdassa, hisseille oli asennettu valmiiksi erilliset raja-anturit, jotta se ei nousisi lamppuihin, jotka sijaitsevat koneen takana. Tämän takia koko nostomatkaa ei pystytty hyödyntämään ja ylin varastointihylly jäi käyttämättä.

7.3 Lopullinen asento

Turvallisuusriskit ja koneen teknisten komponenttien näkymättömyys tuottivat ongelmia suunnitelmissa, koska koneen taakse piti päästä tutkimaan näitä teknisiä komponentteja koneen ollessa käynnissä. Koneen taakse pääsy oli mahdotonta valoverhojen käytön vuoksi, koska turvaetäisyydet olisivat estäneet sen ja aitauksen kanssa olisi ongelmaksi muodostunut teknisten laitteiden huoltaminen ja korjaaminen, aidan ollessa melko lähellä konetta. Pitkän mietinnän ja suunnittelun tuloksena syntyi idea kääntää konetta 180°, suunnitelma hyväksyttiin laboratorio- ja layoutvastaavalla. Käännöksen (Kuva3) johdosta koneen tekniset sovellukset tulivat esille ja turvallisuudenkin kannalta hyöty oli suuri. Myös koneen täysi kapasiteetti saatiin käyttöön, koska kone sijoitettiin niin, että se ei törmää valoihin. Samalla tekniset komponentit saatiin näkyville ja nyt niille on helppo pääsy valoverhon läpi, samalla tilaa on reilusti, mikäli tarvitaan huoltoa tai suurempaa korjausta hisseille. Rullaratojen ollessa seinää kohti pienenee turvallisuusriski huomattavasti, koska hissien alle ei voi enää päästä suoraan kävellen tai juoksemalla. Ylimääräiset raja-anturit saatiin samalla poistettua, koska katosta roikkuvat lamput eivät enää tuottaneet ongelmia. Samalla johdotus suunniteltiin uudestaan ja se saatiinkin tehtyä siistimmin, koska se vietiin suoraan laitteelta lamppukuiluihin toisin kuin ennen.



Kuva 3. Koneen lopullinen asento.

8 TURVAJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU

8.1 Valoverho

Ensimmäisessä turvajärjestelmän suunnitelmassa oli käytössä vain valoverho, tällöin kone oli vielä alkuperäisessä asennossaan. Valoverhoilla olisi suojattu koko hyllystöhissin ympäristö ja näin ollen ulkonäkö olisi ollut siisti ja klininen. Pelkästään valoverhon käyttö ei poistanut kaikkia turvallisuusriskejä, joiksi muodostui hissien alle pääsy. Tämä johtui valoverhon turvaetäisyydestä, jota ei voitu kasvattaa halutulle etäisyydelle, koska standardien määrittelemällä etäisyydellä oli jo toinen sovellus. Kun kone oli käännetty, valoverhon käyttö ainoana suojana oli mahdotonta, koska valoverholle määrätty turvaetäisyys on suurempi kuin etäisyys ohjauskaapin ja hissien välissä.

8.2 Aitaus

Seuraavassa turvajärjestelmän suunnitelmassa käytössä oli ainoastaan aitaus. Pelkällä aitauksella suojaaminen olisi helppo ja turvallinen valinta, mutta se tulisi kustannuksiltaan suureksi. Aitaus olisi myös ulkonäöltään hieman kolkko ja opiskeluympäristönä hankala, koska koneen vaara-alueelle tulisi olla helppo pääsy koneen huoltoa varten. Aitauksen kanssa ovi olisi pakollinen ja opiskelussa se olisi koko ajan käytössä ja koneelle pääsy olisi hankalaa. Ovien käyttöä ei voitu välttää, koska aitaukseen piti päästä sisälle ja sen täytyy suojata ohjauspaikalla työskentelevää ihmistä.

8.3 Aitaus ja valoverho

Yllämainittujen haasteiden takia päädyttiin suunnitelmaan, jossa käytetään sekä aitausta että valoverhoa. Aitausta ja valoverhoa käyttämällä saa tehtyä useamman erilaisen layoutin (LIITE 2 - LIITE 5). Kun ajatellaan hyllystöhissiä opiskeluvälineenä, paras vaihtoehto on, että valoverholla suojataan koneen etuosa

ja toinen sivu, aitauksella sen sijaan suojataan mahdollisimman vähän konetta. Aitauksella suojataan käytännössä hissi, joka on ohjauspaikan vieressä, aitauksen ollessa korkea voi turvaetäisyys olla kohtuullisen pieni. Valoverholla suojataan koneen etuosa, jossa on tekniset komponentit ja tällöin näitä päästään säätämään helposti, koska edessä ei ole ovia tai aitauksia. Koneen syöttörata on myös suojattu valoverholla, jolloin aitauksen käyttö vähentyy. Rullaradaksi piti valita pidempi yksikkö, koska valoverho täytyy olla hissistä 1,439 metrin päässä. Lyhyempi rata on 1,4 metriä pitkä ja se olisi jäänyt valoverhon sisään. Tällä tavalla kokonaisuudesta on saatu myös ulkoisesti siisti.

8.4 Turvajärjestelmän layout

Lopulliset layoutit tehtiin vasta kun kone oli käännetty ja kiinnitetty lopulliselle paikalleen. Layouteissa kuvataan aitauksen ja valoverhon käyttöä hyllystöhissin ympärillä. Layouteista tehtiin yksinkertaisia ja selkeitä, jotta niitä oli helppo lukea. Erilaisia toteutustapoja turvajärjestelmälle on tehty neljä, näistä valittiin paras toteutus opetuksen ja kustannuksien kannalta.

Ensimmäisessä layoutissa (LIITE 2) ongelmana oli koneen taakse pääsy, ilman koneen sammuttamista. Positiivista suunnitelmassa oli kustannusten minimaalisuus, koska ainoastaan aitaus piti hankkia ja se oli hyvin pieni osa järjestelmän kustannuksista. Tässä suunnitelmassa jäi myös hyvä kulkuväylä ohjauskaapin ja aitauksen välistä tietokoneelle, mutta koneen taakse pääsy oli mahdotonta ja se haittaisi opetusta.

Toisessa layoutissa (LIITE 3) kustannukset kaksinkertaistuisivat, verrattuna ensimmäiseen versioon ja valoverhon käyttö ei ollut järkevää sen yksinkertaisen käytön takia. Tässä sovelluksessa kustannukset eivät nouse merkittävästi lisää, jos valoverho poistetaan edestä ja koko järjestelmä aidoitettaisiin. Tässä suunnitelmassa oli ongelmana edelleen koneen taakse pääsy ilman koneen sammuttamista. Aitauksien käyttö molemmin puolin pienentää tarvittavaa tilaa, jolloin koneen käyttämä kokonaistila jäi paljon pienemmäksi.

Kolmannessa layoutissa (LIITE 4) kone oli aidoitettu takaa ja ohjauskaapin puolelta. Aitaus oli koneesta irti puoli metriä, jotta huolto ja korjaus on mahdollista suorittaa koneen häiriötilanteessa. Tässä suunnitelmassa ohjauskaapin ja aitauksen väliin kulkuväylälle jää lähes metri tilaa, se tuottaa ongelmia suurelle ryhmälle, mutta opetuksessa ryhmät ovat kuitenkin pieniä. Koneen taakse pääsy on mahdollista tässä suunnitelmassa ja se tuo käytön ja opetuksen kannalta lisää tilaa ja helpottaa kulkua koneen toiselle puolelle.

Viimeisessä layoutissa (LIITE 5) käytettiin valoverhoa vain koneen edessä, tämä suunnitelma oli kustannuksiltaan kallein, koska aitaus kiertää koko koneen pois lukien koneen etuosan. Sovellus oli kuitenkin parempi kuin toinen versio, koska koneen taakse jäi tilaa kulkemiselle ja koneen tarkastelulle.

Kustannuksia ja käytäntöä ajatellen valittiin layouteista kolmas (LIITE 4), koska sen tilan tarve oli kohtuullinen, aitausta ei tarvitsisi tilata paljoa ja samalla selvittäisiin yhdellä ovella. Valoverhon käytölle on tässä sovelluksessa myös järkevä selitys, se turvaa puolet koneesta ja sen avulla koneen tärkeät osat näkyvät selvästi. Näiden seikkojen pohjalta aloitettiin aitauksen tilaus ja muu järjestelmän suunnittelutyö tarkemmin.

9 TURVAJÄRJESTELMÄN VALINTA

9.1 Valoverho

Valoverhosovellus toteutettiin Sick M2000 mallilla (Kuva 3), joka on määritelty standardin EN 61 496-2 mukaan tyypin 2 valoverhoksi. Virransyöttö on tuotu tasajännitteellä $24\text{ V} \pm 20\%$, virrankulutus on $\leq 5,0\text{ W}$. Tässä mallissa on kolme lasersädettä, yhden säteen halkaisija on 13 mm ja ne ovat 300, 700 ja 1100 millimetrin korkeudessa. Niiden vasteaika on $\leq 6,5\text{ ms}$ tunnistinta kohden, näiden kokonaisvasteaika on siis $3 \times 6,5\text{ ms} + 3,3\text{ ms} = 19,5\text{ ms}$, kyseinen kaava on merkitty valoverhon kyljessä $T_R=R_1+R_2+R_3+3,3\text{ ms}$ (3). Käyttöalue on 0...6 m tai 2...25 m riippuen ohjelman versiosta, tässä mallissa version mukainen käyttöalue on 2...25 m. /5/



Kuva3. Valoverho Sick M2000

9.2 Aitaus

Aitaus on OEM:ltä tilattua Tivox-mallista teollisuuteen tarkoitettua suoja-aitausta. Aitaus koostuu kolmesta T12 1900x1000, neljästä T12 1900x1500 ja yhdestä T10 1900x1000 kokoisesta aitapalasta ja ovipaketista. T10-malli on erillinen ovielementti, joka on varustettu kuulasaranalukituksella. Aitauksen seinämät kiinnitettiin erillisiin tolppiin, jotka kiinnitettiin lattiaan, näin saatiin aitauksesta tukeva. Tolppia on kuusi suorille seinämille ja kolme kulmatolppaa. Tarkempi kuvaus layoutista (LIITE 4), johon on merkitty valoverho ja aitaus sekä niiden mitat.

9.3 Kustannusarvio

Varoitusteippi:	7,50 €
-----------------	--------

YHTEENSÄ:	7,50 €
-----------	--------

Valoverhon johdot:

Johtosarja:	43,50 €
-------------	---------

Alv: 23,00%	10,00 €
-------------	---------

YHTEENSÄ:	53,50 €
-----------	---------

Valoverhon nostopalkki:

Valoverhon nostopalkki:	284,00 €
-------------------------	----------

Alv: 23,00%	65,32 €
-------------	---------

YHTEENSÄ:	349,32 €
-----------	----------

Aitaus:

Seinäelementti 1900x1000 T12	3 kpl	á 40,50 €	121,20 €
------------------------------	-------	-----------	----------

Seinäelementti 1900x1500 T12	4 kpl	á 60,40 €	241,60 €
Seinäelementti 1900x1000 T10	1 kpl	á 68,10 €	68,10 €
Tolppa 60x60 H=2100, suora	6 kpl	á 44,00 €	264,00 €
Tolppa 60x60 H=2100, kulma	3 kpl	á 44,00 €	132,00 €
Ovipaketti, käyntiovi max 1000 mm	1 kpl	á 47,85 €	47,85 €
Kuulalukko käyntiovelle	1 kpl	á 46,20 €	46,20 €
Kiila-ankkurit M8x75	36 kpl	á 1,10 € (45% ale)	21,78 €
Tivox/puulava 2200x1600	1 kpl	á 55,00 €	55,00 €
Toimitus ja pakkauskulut			176,00 €

Tavara-arvo: 998,03 € Tilaus yht.: 1174,03 €

Alennus: 17,82 € Alv: 270,04 €

YHTEENSÄ: 1444,07 €

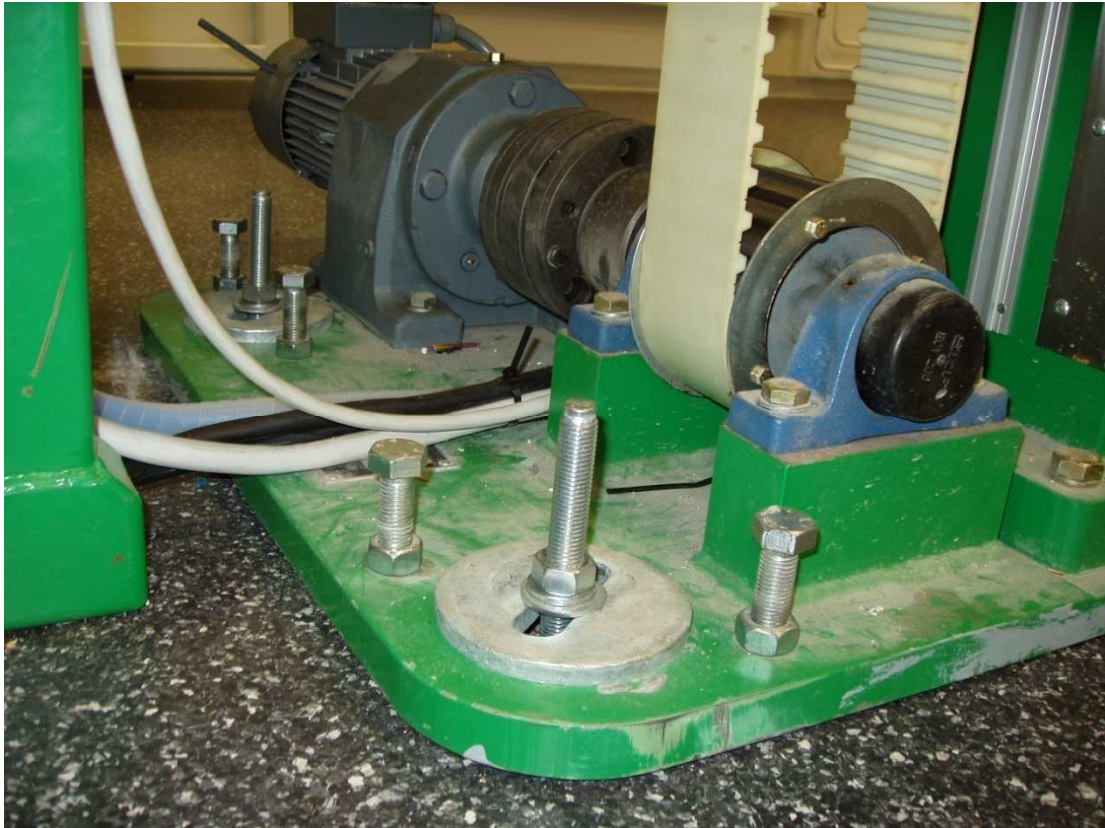
YHTEENSÄ: 1444,07 € + 349,32 € + 53,50 € + 7,50 € = 1854,39 €

10 TURVAJÄRJESTELMÄN KOKOAMINEN

Turvajärjestelmän asennus alkoi johdotuksien purulla, koska koneeseen oli turvakytkimet ja ohjauslaatikko johdotettu jo kesällä 2009. Koneen kääntäminen suoritettiin siten, että hyllystöä käännettiin paikallaan 180°, hissiyksiköiden paikkaa piti vaihtaa keskenään ja samalla kääntää ne ympäri. Syöttörata ja ohjauspaikka olivat alun perin samalla puolella. Johdotuksien kannalta

ohjauspaikkaa siirrettiin samalla toiselle puolelle konetta kuin syöttörata, jolloin ei tarvinnut jatkaa johtoja tai kokonaan vetää niitä uudestaan. Hyllystöyksikkö pystytettiin kääntämään pumppukärryjen avulla paikallaan ja hissiyksiköt siirrettiin miesvoimin. Koneen kääntyttyä alkoi sen mitoittaminen seinän suuntaiseksi, joka tehtiin karkeasti rullamitalla. Lattiaan merkittiin hyllystöyksikön kiinnityskohdat ja hyllystö nostettiin sivuun porauksen ajaksi. Ennen porausta piti tarkistaa, ettei lattiassa mene vesi- ja sähköputkia, nämä tarkistettiin talon virallisista rakennuspiirustuksista. Kun poraus oli suoritettu, imuroitiin reiät tyhjiksi betonipölystä ja vasarointiin ankkuripultit reikiin. Ankkuripultit olivat sen verran pitkiä, että niitä jouduttiin katkomaan ja tekemään niihin uudet kierteenalut kierrepakalla. Kierteityksen jälkeen hyllystöyksikkö nostettiin omalle paikalleen ja pultattiin kiinni lattiaan.

Hissiyksiköiden paikoitus ja pulttaus lattiaan toteutettiin samalla menetelmällä, kuin hyllystöyksikössä (Kuva 4). Hissit siirrettiin kohdalleen siten, että hissien ja

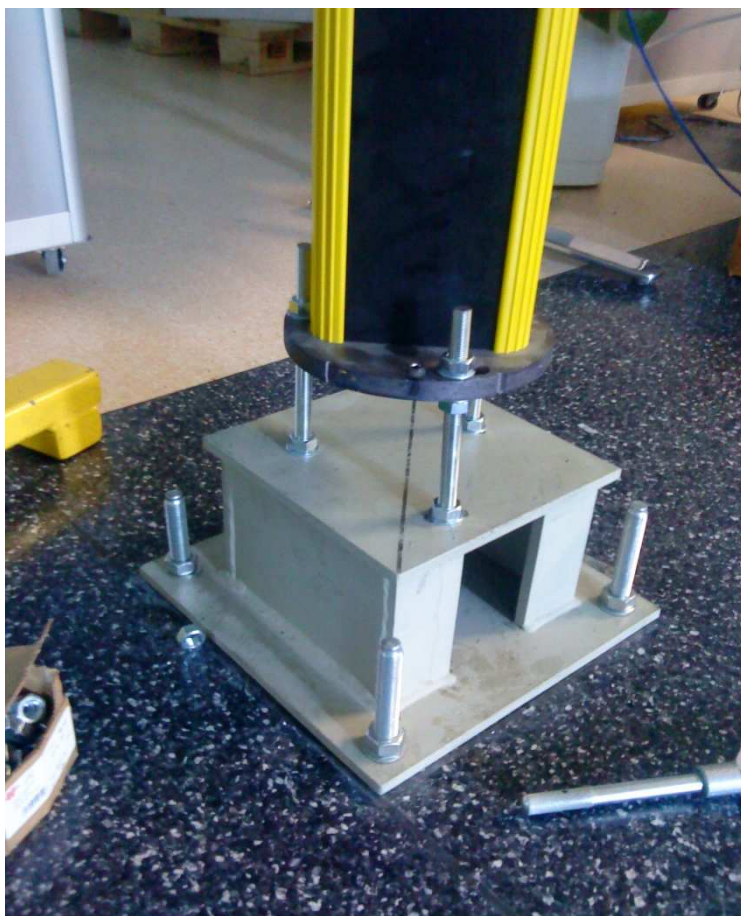


Kuva 4. Hissien ankkuripulttaus ja hissien vaakauspultit.

hyllykön väliin jäi pieni rako jotta hissi ei törmää noustessaan hyllykköön. Hissit jouduttiin vielä tarkastamaan ja säätämään vaakaan vatupassilla. Vaaitus toteutettiin erillisillä pulteilla, jotka olivat valmiiksi hississä kiinni. Syöttöradalle tehtiin reiät lattiaan samalla tavalla kuin hyllystölle ja hisseille, syöttörata kiinnitettiin kahdella ankkuripultilla lattiaan kiinni. Syöttöradan kiinnitys on tehty ainoastaan kahdella pultilla, koska siihen ei kohdistu minkäänlaista tärinää tai muuta voimaa, mikä voisi sitä liikuttaa. Lopuksi johdotus toteutettiin vetämällä turvakytkimille tulevat johdot katonrajaan lamppukuiluun ja kiinnittämällä ne nippusiteillä siihen. Ohjauslaatikon johdotus vietiin eripuolelta konetta olevassa lamppukuilussa turvallisuussyistä. Turvallisuus huomioiden johdot vietiin eri

reittiä koneelle, jos esimerkiksi johdotus katkeaa jostain syystä jää joko ohjaukselle tai turvarajoille virta päälle.

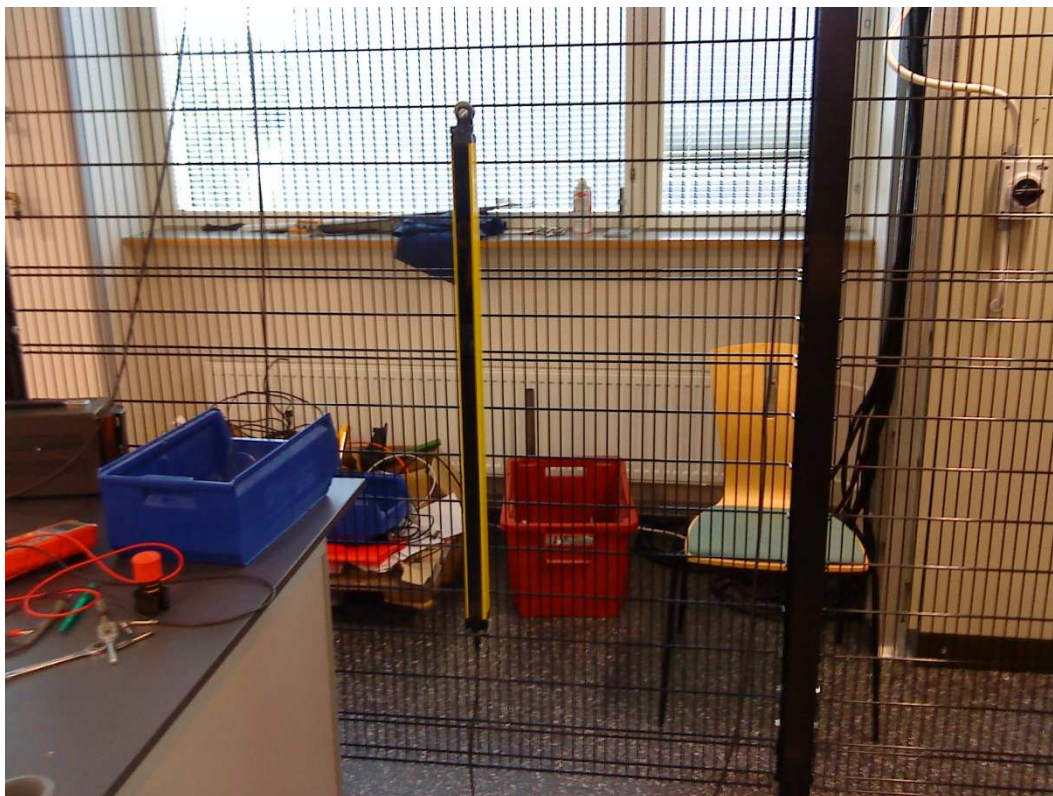
Seuraavaksi piti mitata koneen ympäristöä ja katsoa, ettei mikään ympärillä olevista sovelluksista olisi tiellä. Valoverhon määrittelystä, turvaetäisyydestä johtuen, piti vieressä olevaa moottoripyöräsovellusta kääntää ja siirtää hieman kauemmaksi, näin saatiin hyvä kulkuväylä hyllystöhissin ohjauspaikalle, joka näkyy layout- (LIITE 4) kuvasta. Turvajärjestelmän eri vaihtoehdoista päätettiin toteuttaa kolmas malli, jossa käytetään valoverhoa ja aitausta. Palaverieihin osallistuivat Automaintilta projekti-insinöörit Jari Mattila, Sampo Seppälä ja kehitysinsinööri Sami Federley. Valoverhon kanssa ongelmaksi muodostui keskimmäisen säteen osuminen syöttöradan kohdalle, tämä ongelma ratkaistiin



Kuva 5. Nostopalkin korkeus 150 mm ja nostopultit, joilla valoverhon korkeutta säädetään.

nostamalla koko valoverhoa 15 cm:ä ylöspäin. Nosto toteutettiin teettämällä erillinen nostojalusta (Kuva 5) Konepaja Laikolla Ylöjärvellä. Jalusta suunniteltiin mahdollisimman yksinkertainen ja helppo valmistaa. Ensimmäinen versio nostopalkista (LIITE 6) hylättiin, koska se olisi tullut liian kalliiksi ja 250 mm paksua pyörötankoa ei löytynyt mistään. Seuraavissa versioissa käytettiin U-palkkia kahdessa eri asennossa, jotka olisi ollut halpoja ja yksinkertaisia rakentaa. Toisessa (LIITE 7) oli ongelmia kiinnityksen kanssa, koska ankkuripultit olisi pitänyt porata lattiaan nostopalkin läpi. Pystyssä olevalla U-palkilla (LIITE 8) oli ongelmana palkin taipuminen, jos palkki ei olisi tarpeeksi paksua ja ulkonäköllisesti se olisi ollut ruma. Neljäs versio (LIITE 9) oli ulkoisesti siisti ja tukeva, samalla se saatiin helposti kiinnitettyä lattiaan. Muotonsa takia nostopalkin ei tarvitse olla paksua levymetallia, koska se saatiin hitsaamalla tukevaksi ja todella kantavaksi. Kustannuksiltaan versio neljä olisi tullut kalliimmaksi kuin versiot 2 ja 3, mutta ulkoisesti ja kannattelevuudeltaan se oli parempi.

Aitauksen kokoaminen oli yksinkertaista ja nopeaa, koska sen mukana tulivat selkeät ohjeet aitauksen pystyttämistä varten. Aitauksen kokoaminen aloitettiin nostamalla koko aidoitus pystyyn ja asentamalla ovi aitaan kiinni. Kun vieressä oleva moottoripyöräsovellus oli siirretty sivumpaan, aloitettiin aitauksen kohdistaminen oikeaan kohtaan. Aitauksen sijaintia ei tarvinnut määrittellä millimetrin tarkkuudella, koska se ei olisi vaikuttanut lopputulokseen merkittävästi. Kun aitaus oli kohdallaan, merkittiin sen tukipalkeille kohdat. Näiden merkkien kohtaan porattiin lattiaan reiät, joista aitaus kiinnitettiin lattiaan samalla tavalla kuin hyllystöhissi. Aitaus asennettiin lattiaan kahdella pultilla neljän sijaan, koska se tuntui olevan jo kahdella tarpeeksi jäykkä ja kestävä sivuttaispaineelle, joka syntyy ihmisen nojaamisella aitaan. Kun aitaus oli lattiassa kiinni, jatkettiin työtä valoverhon kanssa. Valoverhon vastaanotin ja lähettäjä tulivat aitaukseen kiinni (Kuva 6) ja peiliosuus tuli vastaanottimen ja lähettimen väliin, koneen sille puolelle missä ei ollut aitausta, jolloin valosäteille syntyi 90° kulma (LIITE 4).



Kuva 6. Valoverhon kiinnitys aitaukseen.

Valoverhoja paikalleen asentaessa ilmeni muutamia ongelmia, jota ei ollut huomioitu valoverhon korkeutta ja asentamista suunniteltaessa. Rullaradalle syötettävä kappale, jota hyllystöhissi käsittelee, ei voinut olla 20 mm:ä korkeampi. Tämä ongelma ratkaistiin nostamalla valoverhoa sen verran, että valoverhon alasäde ei osunut rullaradan pohjaan. Tällä tavalla kappale, jota käsitellään hyllystöhississä voi olla maksimissaan 40 mm korkea. Tämä korkeus todettiin maksimiksi joka tapauksessa, johtuen hyllystöhissin sisällä olevien rullaratojen korkeudesta, joka oli 50 millimetriä. Valoverhon noston takia piti peilausalusta nostaa samalle tasolle valoverhon kanssa, tämä päätettiin toteuttaa pulteilla, jotka asennettiin peilausalustan yläpintaan (Kuva 5). Näillä pulteilla saa säädettyä tarvittaessa myöhemminkin valoverhon korkeutta, nyt peilaajaa nostettiin 90 mm:ä.

Toinen ongelma oli seinät, joihin valoverho asennettiin. Aitauksen elementit olivat niin pitkiä, että aita pääsi heilumaan. Aitauksen seiniä heiluttamalla säde

saatiin katkaistua, tosin säteen katkaisu vaati melko kovaa ravistelua, mikä ei normaali tilanteessa olisi edes mahdollista. Näillä tiedoilla päätettiin, ettei seinämää tarvitse vahvistaa. Koska ilman tahallista aidan heiluttamista aitaus ei heilu niin paljon, että säde katkeaisi. Aitauksen oveen asennettiin induktiivinen

anturi, joka toimi oven turvarajana. Turvarajaksi mietittiin useampia vaihtoehtoja, mutta erillisten raja-antureiden asentaminen järjestelmään olisi vaatinut jonkinlaisen alustan tekoa. Yleensä käytettyä sokkamallista turvarajaa ei löytynyt valmiiksi, eikä yhtä rajaa ollut järkevä tilata toimituskustannuksien takia ja ajallisesti se oli viivästyttänyt työn tekoa. Tämän takia päädyttiin induktiiviseen anturiin, joka on kytketty suoraan järjestelmää ohjaavaan logiikkaan. Sitä ohjataan hätäseis tyyppisesti, jolloin auetessaan se pysäyttää koko koneen. Anturiksi valittiin ensin kokonsa puolesta pieni anturi, koska se saatiin asennettua valmiisiin reikiin, aitauksen kulmatolpassa. Ongelmaksi muodostui kuitenkin sen huono



Kuva 7. Oven turvakytin.

tunnistuskkyky, joten anturi vaihdettiin isompaan ja tarkempaan. Sille kuitenkin jouduttiin poraamaan uusi reikä kulmatolppaan, johon se asennettiin ja johto

vietiin katon rajassa olevassa lamppukiskossa. Turvakytkintä varten asennettiin lisäksi erillinen metallipala (Kuva 7). Lattiaan liimattiin huomioteipillä valoverhon kulkukohta, näin koneen kanssa työskentelevä ja työskentelyä seuraavat huomioivat valoverhon.

11 YHTEENVETO

Työn lähtökohtana oli saada hyllystöhissille turvajärjestelmä, jotta se saataisiin opetuskäyttöön. Turvajärjestelmän tehtävänä on suojata henkilöitä joutumasta vaaraan koneen ollessa käynnissä. Varsinaisia ongelmia ei työssä ollut, mutta työtä aloitettaessa ei tiedetty millainen turvajärjestelmän tulisi olla. Standardeja ja konedirektiiviä tutkimalla selvisi mitä vaatimuksia hyllystöhissille on asetettu.

Turvajärjestelmää suunniteltaessa tehtiin useita vaihtoehtoja koko järjestelmälle ja sen yksittäisille osille, näin saatiin paras mahdollinen lopputulos. Turvajärjestelmä koostuu aitauksesta, joka sijaitsee koneen takana ja valoverhosta, joka suojaa koneen etuosaa.

Opinnäytetyön teon aikana on suunnitelmia esitetty toimeksiantajan edustajille ja samalla hyväksytetty tehdyt ratkaisut. Ideoita tuli myös toimeksiantajan puolelta ja niitä onkin osaksi käytetty työssä. Lopullinen turvajärjestelmä on yrityksen vaatimusten ja erillisissä palavereissa sovitun mukainen ja hyllystöhissi ja sen turvajärjestelmä soveltuukin opetustyöhön hyvin sen käytännöllisyyden takia.

12 LÄHDELUETTELO

/1/ Automaint. [online]. [Viitattu 11.5.2010]. Saatavilla www-muodossa:

<URL:http://portal.hamk.fi/portal/page/portal/HAMK/Tutkimus_ja_kehitys/Osaamiskeskittymat/AutoMaint/>

/2/ Kivistö-Rahnasto, Jouni & Mattila, Markku & Ala-Risku, Mervi 1997. Koneturvallisuus ja EU:n konedirektiivi. Saarijärvi. ISBN.

/3/ MetSta ry. [online]. [Viitattu 28.5.2010]. Saatavilla www-muodossa:

<URL:<http://www.metsta.fi/ipubs/html/machinery/links/index.html#1.1>>

/4/ SFS-standardikokoelma, Hämeen ammattikorkeakoulu & Vaasan ammattikorkeakoulu. [online]. Saatavilla www-muodossa:

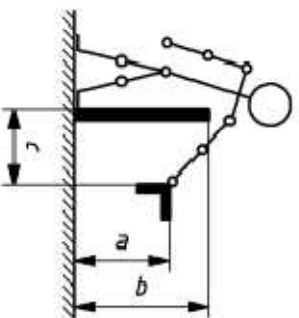
<URL:<http://sales.sfs.fi/index.jsp?forwardPage=userContracts>>

/5/ Sick Automation. [online]. [Viitattu 25.5.2010]. Saatavilla www-muodossa:

<URL:http://www.sick-utomation.ru/images/File/pdf/DIV02/C2000_M2000.pdf>

/7/ Siirilä, Tapio & Kerttula, Tuiri 2007. Koneturvallisuuden perusteet. Keuruu. ISBN

/6/ Siirilä, Tapio 2005. Koneturvallisuus, ohjausjärjestelmät ja turvalaitteet. Keuruu. ISBN.

Valoverhon ja vaarallisenlaitteen välinen pituus

- a) vaaravyöhykkeen korkeus
- b) suojarakenteen korkeus
- c) vaakasuora etäisyys vaaravyöhykkeeseen

Pieni riski

Suojarakenteen korkeus 450-1250 mm

Vaaravyöhykkeen korkeus 700-1800 mm

Vaakasuora turvaetäisyys vaaravyöhykkeeseen

min

600 mm

max

1400 mm

Suuri riski

Suojarakenteen korkeus 450-1250 mm

Vaaravyöhykkeen korkeus 700-1800 mm

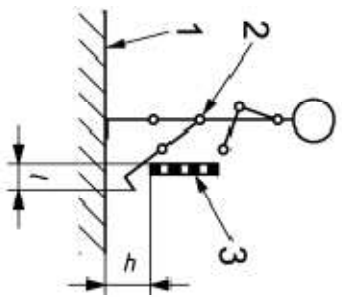
Vaakasuora turvaetäisyys vaaravyöhykkeeseen

min

1100 mm

max

1500 mm

Alaraajojen vapaatapääsyä rajoittavat etäisyydet

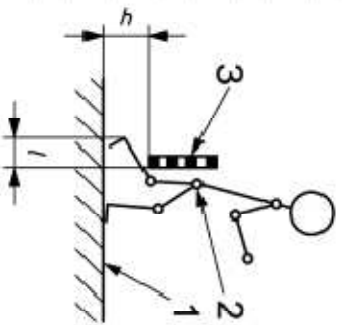
Tapaus 1

Suojarakenteen alareunan korkeus

Valoverho 450 mm

Etäisyys ≥ 850 mm

Aitaus 250 mm

Etäisyys ≥ 550 mm

Tapaus 2

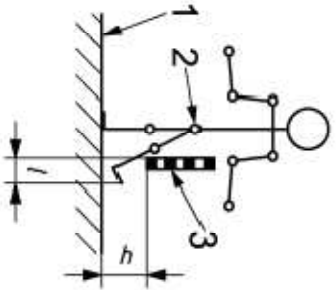
Suojarakenteen alareunan korkeus

Valoverho 450 mm

Etäisyys ≥ 950 mm

Aitaus 250 mm

Perustuu SFS-EN ISO 13857



Tapaus 3

Suojarakenteen alareunan korkeus

Valoverho 450 mm

Etäisyys ≥ 800 mm

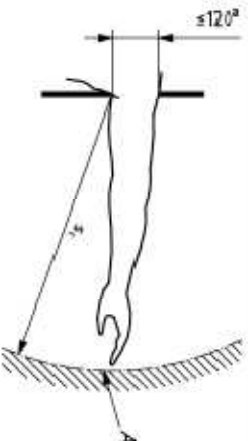
Aitaus 250 mm

Etäisyys ≥ 615 mm**Aitauksen reikäkoko**

Liikettä rajoitetaan olkapään ja kainalon kohdalta

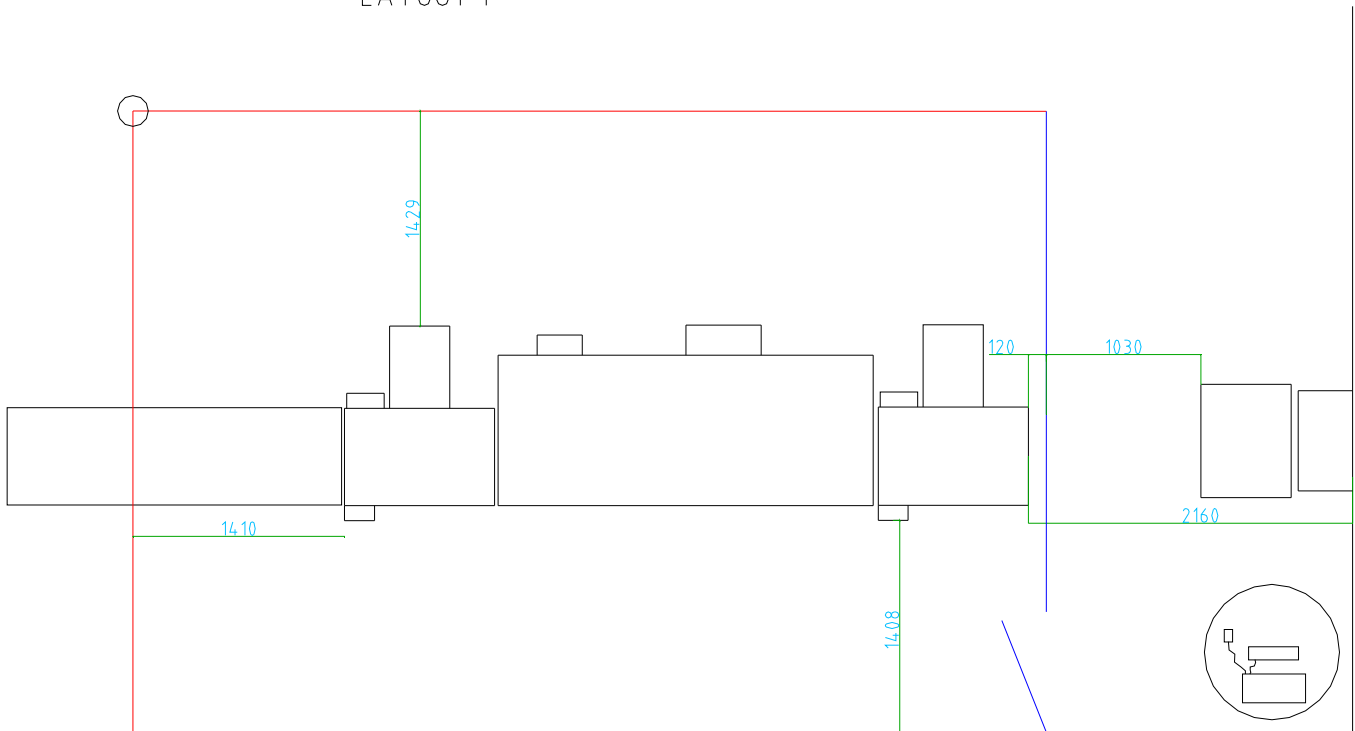
Reijän halkaisija ≤ 120 Turvavälisyys $s \geq 850$ mm

Aitauksen silmäkoko on 20×100 mm, tällä koolla on turvavälisydeksi määrätty 120 mm SFS-EN 294 standardissa.



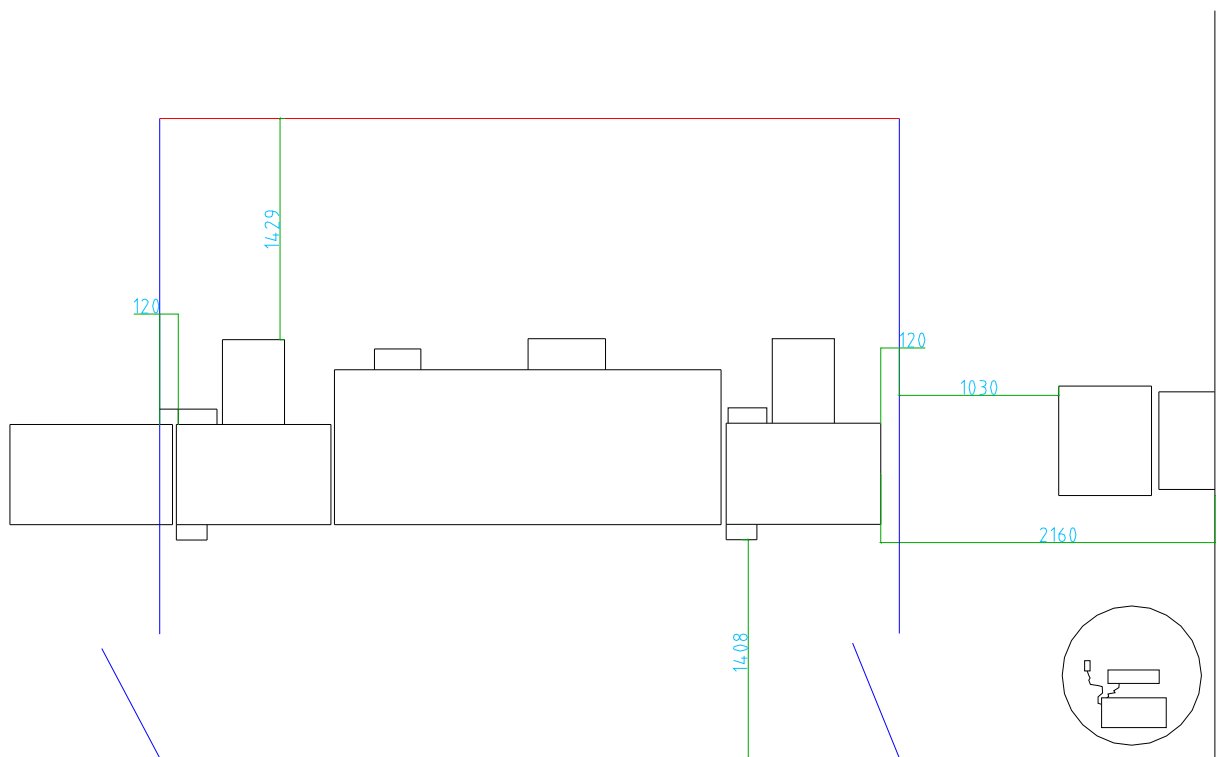
LIITE2

LAYOUT 1



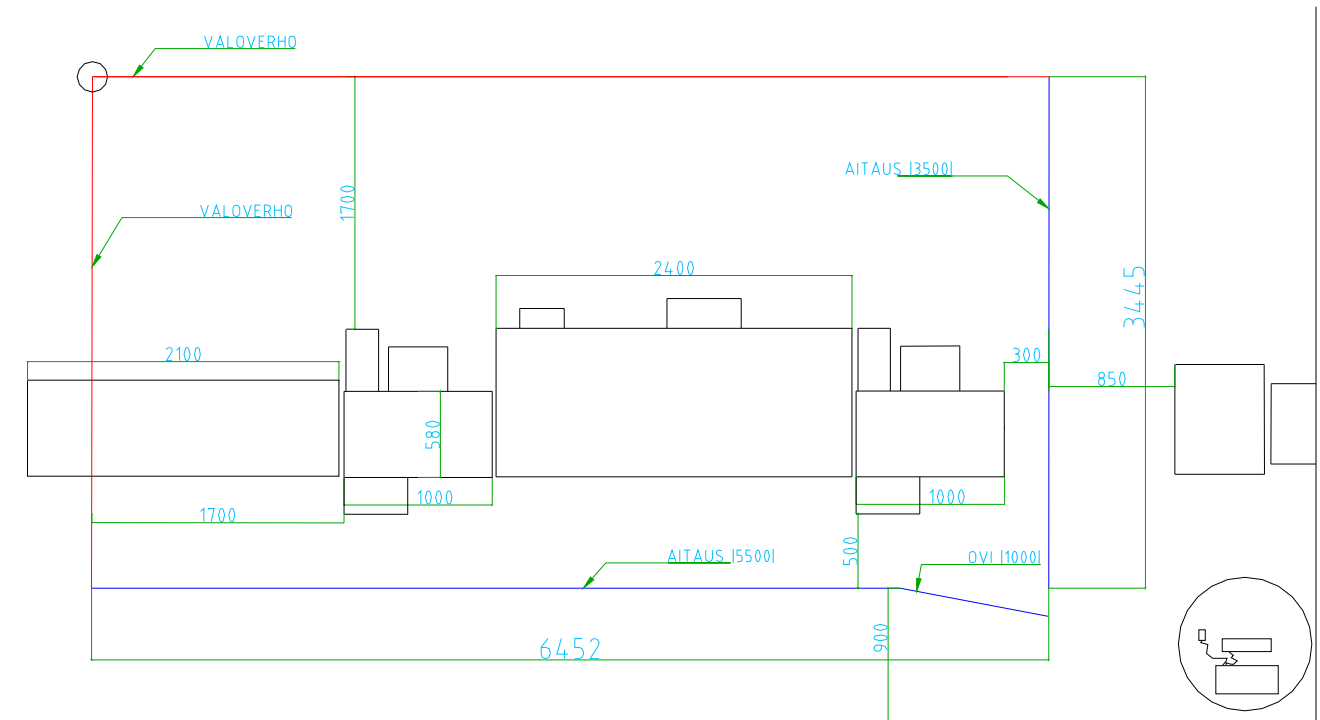
LIITE3

LAYOUT 2



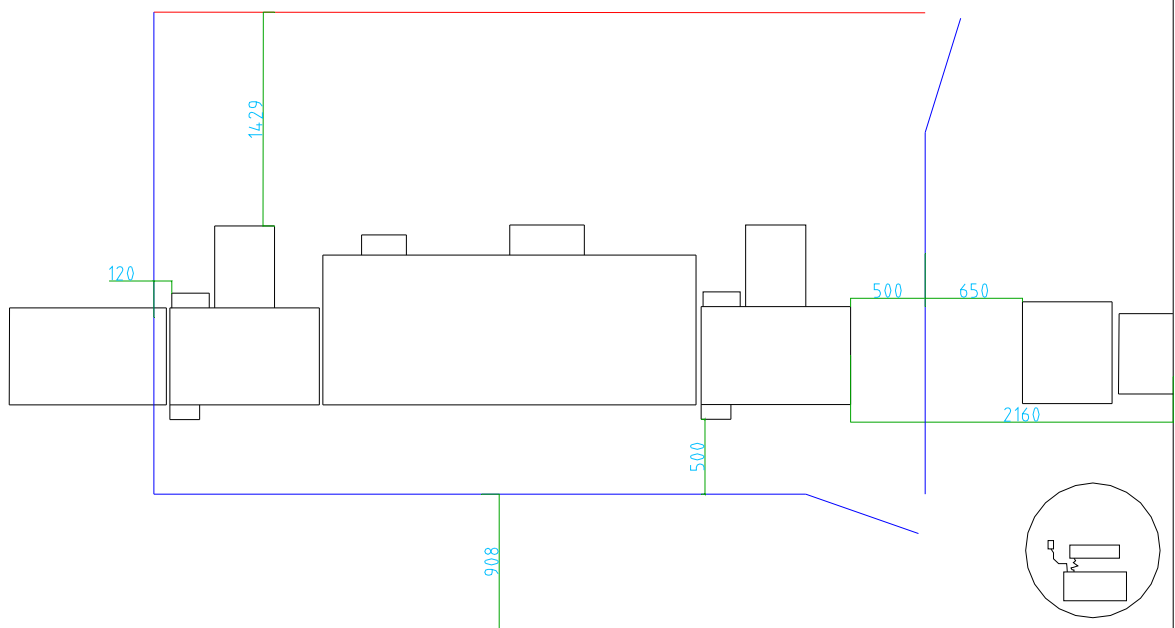
LIITE4

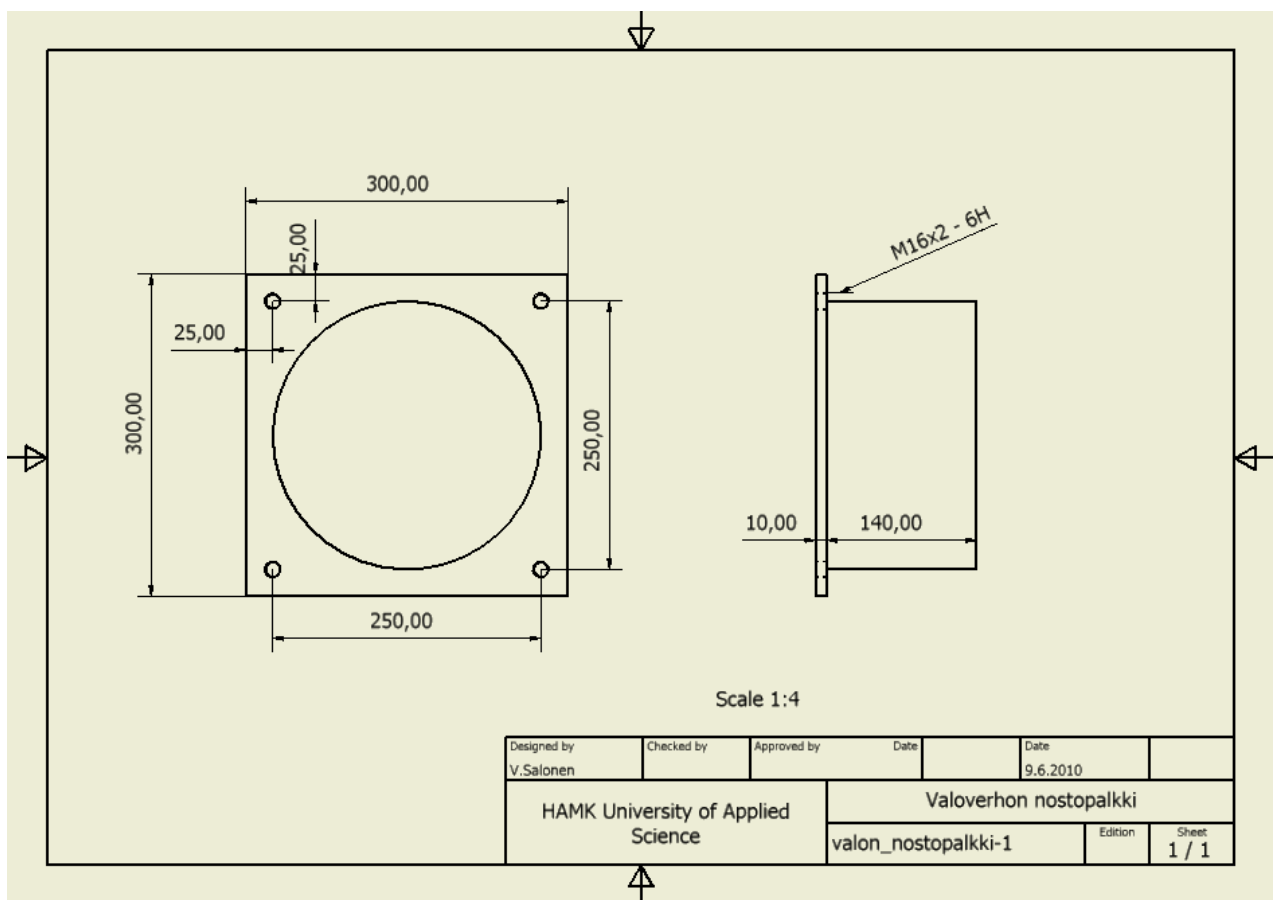
LAYOUT 3



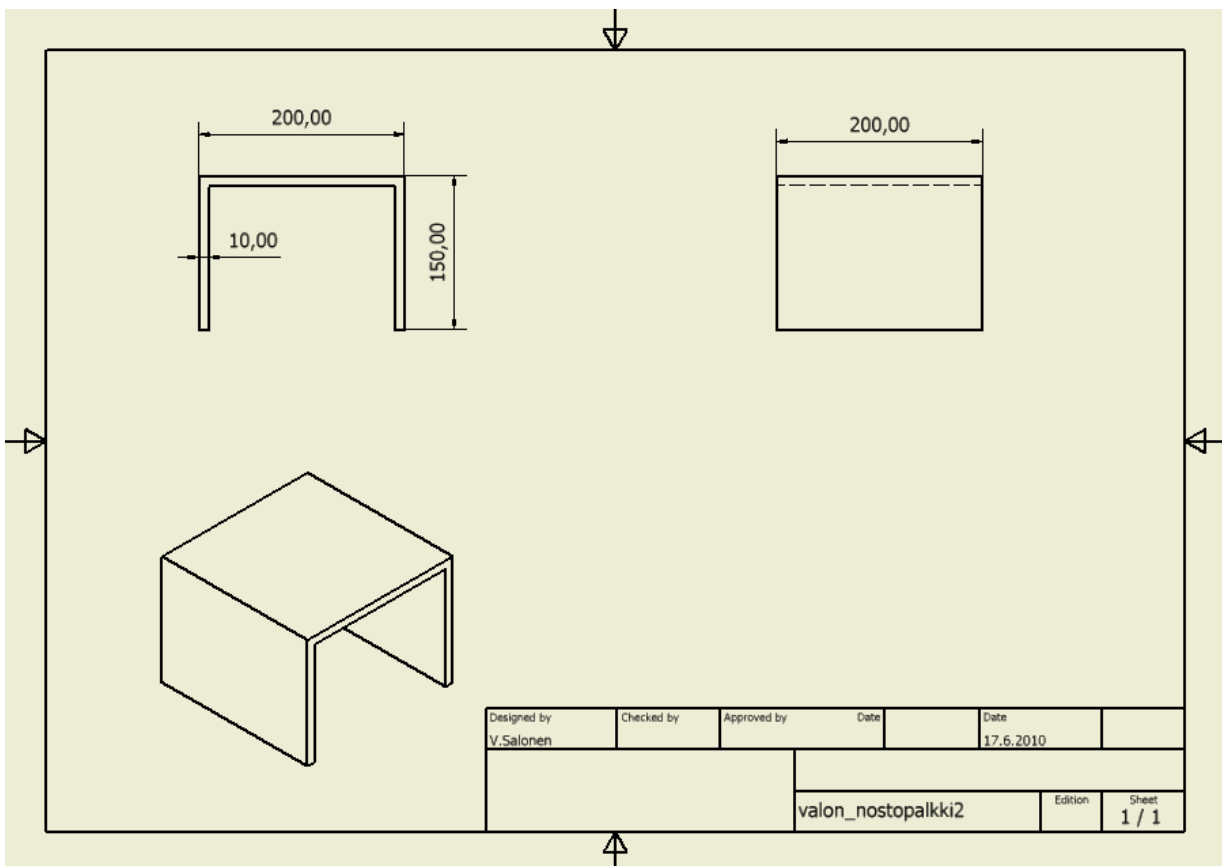
LIITE5

LAYOUT 4



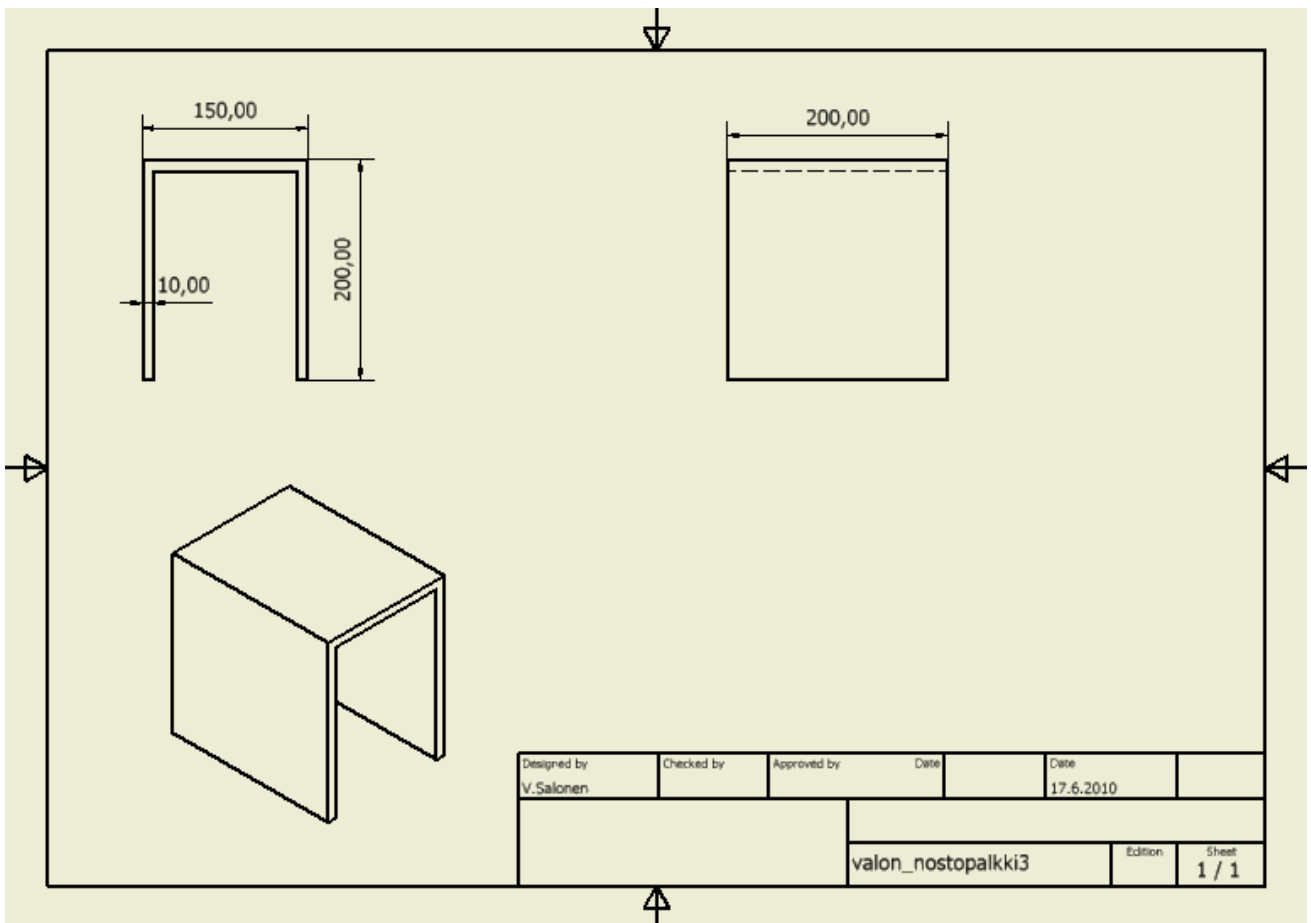


LIITE7



Designed by	Checked by	Approved by	Date	Date	
V.Salonen				17.6.2010	
valon_nostopalkki2				Edition	Sheet
					1 / 1

LIITE8



LIITE9

