
HITSAUSKAASUN POISTO ROBOTISOLUSTA



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Kone- ja tuotantotekniikka

Riihimäki, 18.11.2011

Antti Uusi-Illikainen



RIIHIMÄKI
Kone- ja Tuotantotekniikka

Tekijä	Antti Uusi-Illikainen	Vuosi 2011
Työn nimi	Hitsauskaasun poisto robottisolusta	

TIIVISTELMÄ

Työn keskeisenä tavoitteena oli parantaa hitsaamon ilmanlaatua poistamalla hitsausrobotin halliin tuottamat hitsauskaasut ja säteily. Näiden haittavaikutusten poistamiseksi suunniteltiin suojakupu. Kuvun suunnittelu toteutettiin ProE WildFire 5.0 3D-cad ohjelmalla.

Nämä haittavaikutukset, jotka poistetaan suojakuvulla, vaikuttavat eri tavoin hitsaajan terveyteen. Sen takia työturvallisuuslainsäädännön mukaan niitä on mahdollisuuksien mukaan poistettava. Hitsauksen tuottamia pahimpia haittavaikutuksia ovat ultraviolettisäteily ja hitsaustapahtumasta syntyvät kaasut. Ultraviolettisäteily muuttaa ihmisen ihon solurakennetta. Ihorakenteen muuttuessa riski sairastua ihosyöpään kasvaa. Hitsauskaasut kulkeutuvat hengitysteiden kautta verenkiertoon ja aiheuttavat erilaisia muutoksia eri elimissä. Näistä tunnetuin haitta on astma. Koska hitsauskaasujen vaikutukset ovat monitahoiset, niitä kaikkia ei vielä tarkasti tunneta.

Työn tuloksena syntyi sivuun siirrettävä teräsrakenteinen suojakupu. Kuvun pintamateriaalina on käytetty ultraviolettisäteilyä läpäisemätöntä ja kuumuutta kestävää pressua. Suojakupu voidaan ajaa joko vasemmalle tai oikealle sivulle kupuun kiinnitettyjen servomoottorien avulla. Suojan siirtäminen ei vaikeuta robottiasemalla työskentelyä sen mahdollisen automatisoinnin ansiosta.

Tulevaisuudessa voitaisiin tutkia millä tavalla hitsausrobotin tuottamaa melua voitaisiin vähentää. Toinen lisäselvityksen kohde olisi suojakuvun valmistettävyyden kehittäminen.

Avainsanat Hitsausrobotti, Suojakupu, Hitsauskaasu, Hitsaussäteily.

Sivut 36 s, + liitteet 11 s



RIIHIMÄKI

Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

Author	Antti Uusi-Illikainen	Year 2011
Subject of Bachelor's thesis	Welding gas extraction from a robot cell	

ABSTRACT

The central aim of this thesis was to improve air quality in a welding hall by removing a welding robot's welding gases and radiation. To remove adverse effects caused by welding gasses and radiation a protective dome was designed. The dome design was made with ProE Wildfire 5.0 3D CAD software.

These adverse effects, which are removed by the protective dome affects a welder's health in various ways and this is why work safety legislation demands the removal of adverse effects if possible. The worst side effects that welding produces are welding gases and ultraviolet radiation. Ultraviolet radiation changes human skin cell structure, which increase the risk of getting skin cancer. Welding gases are transported via airways into the bloodstream and cause a variety of changes in various organs. The best known affect from these is asthma. Since the effects of welding fumes are complex, all of them are not yet accurately known.

The result of this thesis was a side-movable protective dome made from a steel structure. Tarpaulin was used as the dome's surface material which is impenetrable by ultraviolet radiation and can stand heat. The protective dome can be pushed aside to the left or right with servo motors which are attached to dome. Moving the dome does not make working on the robot cell complicated because of its possible automation.

In the future how to reduce noise emitted by welding robot could be investigated. Another investigation would be improving manufacturability of the protective dome.

Keywords Welding robot, Protective dome, Welding gas, Welding radiation

Pages 36 p + appendices 11 p



SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	TYÖN ESITTELY JA TAVOITTEET	2
2.1	Aiheen valinta	2
2.2	Aiheen esittely.....	2
2.3	Työn tavoitteet.....	3
3	TYÖ- JA KONETURVALLISUUS.....	3
3.1	Hitsauksen työturvallisuus	3
3.1.1	Kaasut	3
3.1.2	Hitsauskaasujen terveysvaikutukset	5
3.1.3	Hitsauskaasujen torjunta ja työtilan ilmanvaihto	7
3.1.4	Säteily	7
3.2	Koneturvallisuus.....	8
3.2.1	Riskinarviointi	9
3.2.2	Koneen turvallisuuden huomioon ottaminen suunnittelussa.....	9
3.2.3	Tekninen tiedosto	10
4	HITSAUSSOLUN KAASUNPOISTO	11
4.1	Solun toiminta ja ympäristö	11
4.1.1	Robottiasema hallin seinän vieressä.....	12
4.1.2	Robottiasema keskellä hallia	14
4.2	Layout-suunnittelu	15
4.2.1	Kohdepoisto robotin käsivarressa.....	16
4.2.2	Kupu puominosturin alapuolella	17
4.2.3	Kupu siltanosturin ja puominosturin välissä	18
4.3	Vaihtoehtojen analysointi.....	20
4.4	Valitun vaihtoehdon suunnittelu	21
4.4.1	Suunnittelu.....	21
4.4.2	Kuvun siirtokomponentit.....	24
4.4.3	Siirrettävien moduulien rakenne ja valmistettavuus.....	28
4.4.4	Tukirungon rakenne ja valmistettavuus.....	31
4.4.5	Vaaranarviointi	33
5	LOPPUTULOKSET JA POHDINTA.....	34
5.1	Tulevaisuus.....	35
	LÄHTEET	36

Liite 1	PÄÄKUVA
Liite 2	RUNKO
Liite 3	RUNGON TERÄSRAKENNE
Liite 4	OIKEA KUPUMODUULI
Liite 5	OIKEAN KUPUMODUULIN TERÄSRAKENNE
Liite 6	KESKIMMÄINEN KUPUMODUULI
Liite 7	KESKIMMÄISEN KUPUMODUULIN TERÄSRAKENNE
Liite 8	VASEN KUPUMODUULI
Liite 9	VASEMMAN KUPUMODUULIN TERÄSRAKENNE
Liite 10	ISOMMAN OVEN JATKE
Liite 11	PIENEMMÄN OVEN JATKE

1 JOHDANTO

Robottihitsaustyö on mekaanisten laitteiden kanssa toimimista. Työstä syntyy monenlaisia vaaroja ja haittoja. Automaattisesti toimiva hitsausrobottisolu aiheuttaa suurien liikenopeuksien takia suojaamattomana suuren puristumis- ja törmäysriskin työntekijöiden kanssa. Itse hitsaustapahtumasta aiheutuu säteily-, kaasu- ja meluhaittoja. Kuumat roiskeet ja hitsauksessa kuumenevat kappaleet voivat aiheuttaa myös palovammoja. Näitä työstä syntyviä vaaroja ja haittoja on työturvallisuus ja koneturvallisuus lainsäädännön ja asetusten nojalla poistettava tai vähennettävä. Tähän haittojen poistoon ei keskisuurien robottiasemien osalta ole mitään valmiita ratkaisuja. Valmiiden suojien puuttuminen kaasunpoistonosalta johtuu siitä, että eri yritysten robottiasemat ja tarpeet ovat niin erilaisia.

Tässä työssä tullaan käsittelemään hitsaustyön tuottamia vaaroja ja haittoja, jotta ymmärretään, minkä takia hitsaustyötä suorittavat robotit olisi hyvä koteoida omaan osioonsa. Työssä keskitytään vähentämään hitsauskaasujen ja säteilyn aiheuttamia haittoja, koska robottiaseman toimittajat velvoittavat vain sen, että työntekijät eivät pääse soluun automaattisen työkierron aikana ilman robotin pysähtymistä. Eli kullekin yritykselle jää omaksi asiaksi, millä tavalla suojaa käyttäjät muilta hitsausrobotin tuottamilta haitoilta.

Haittojen poistamiseksi tarvitaan suojaustoimenpiteitä. Työn keskeisenä tavoitteena onkin saada suojalaitteella poistettua robottihitsaustyöstä aiheutuvat kaasuhaitat ja mahdollisesti muut haitat, kuten säteily. Näin hitsaustyön turvallisuus paranee. Kun hallin ilmanlaadusta saadaan poistettua hitsauksen tuottamat haitat, niin tämä parantaa hallin ilmanlaatua, joka on keskeinen ongelma hitsaustyötä tekevässä yrityksessä. Lisäksi turvallisuuden parantuessa työn tuottavuus ja mielekkyys paranee. Vaikka suojaustoimenpiteistä aiheutuu kustannuksia, niin nämä kustannukset saadaan monin veroin takaisin työn tuottavuuden ja turvallisuuden kautta. Opinnäytetyö antaa valmiin mallin, jota muokkaamalla kukin yritys voi ratkaista oman yrityksensä haittojen torjuntaongelman.

2 TYÖN ESITTELY JA TAVOITTEET

Aiheena tässä työssä on hitsausrobotin tuottamien haittojen poisto. Työn keskeisenä asiana on hallin sisäilman parantaminen. Luvussa käydään läpi, miksi kyseiseen aiheeseen on päädytty, mitä työ pitää sisällään ja mihin tällä työllä pyritään.

2.1 Aiheen valinta

Tähän aiheeseen päädyttiin, koska kyseiseen kohteeseen ei ole saatavilla valmista ratkaisua hitsauskaasun poistamiseksi. Toinen syy aiheen valintaan on työsuojelulain täyttäminen. Työsuojeluasetuksen mukaan työstä aiheutuvat haitat pitää poistaa tai minimoida. Päädyttiin siis suunnittelemaan kupu, jolla tämä asetus voidaan täyttää. Samalla voidaan parantaa työntekijöiden työoloja ja tätä kautta saadaan mahdollisia sairauslomia vähemmäksi ja työn tehokkuutta parannettua.

Itselleni aiheen valinta oli luonnollinen, koska olen työskennellyt hitsausrobottien parissa useamman vuoden ajan. Aika usein isommilla roboteilla kaasunpoisto jää huomioimatta, koska sen toteuttaminen sitoo monesti yrityksen vähäisiä voimavaroja. Tämän takia haluan luoda yhden ratkaisumallin, jonka pohjalta kukin yritys voi toteuttaa oman kaasunpoistonsa. Lisäksi minua kiinnostaa uusien tuotteiden suunnittelu.

2.2 Aiheen esittely

Työn kohteena on robotin tuottamien hitsauskaasujen poistaminen hallin sisäilmasta. Työ käsittää kaasunpoistokuvun suunnittelun ja pääkuvien tuottamisen. Työn vaativuutta lisää se, että robotille tulevat hitsattavat tuotteet tuodaan nostimella tai nosturilla robotin kääntöpöydälle. Työstä rajattiin pois mahdollisesti tuleva automaatio-/sähköistyksen suunnittelu. Lisäksi työstä rajattiin pois osakuvien tekeminen. Tämä sen takia, että työ olisi muuten paisunut liian laajaksi.

Työssä käsitellään robottiaseman sijainnin vaikutuksia kaasunpoistokuppuun. Huomioon otetaan myös muut robotin tuottamat haitat. Työssä käsitellään laaja-alaisesti hitsauksen haittavaikutuksia. Näistä haittavaikutuksista melu on jätetty huomioimatta, koska konepajassa työskentelevien henkilöiden tulee työssään aina käyttää kuulosuojaimia.

Suunnitteluvaiheen alussa ei rajattu mitään vaihtoehtoja pois vaan kaikki vaihtoehdot käsiteltiin. Näistä valittiin paras vaihtoehto ja siitä tehtiin suunnitelmat ja riskin arviointi mekaanisten komponenttien osalta. Suunnittelutyö tehtiin ProE WildFire 5.0 3D-cad ohjelmalla.

2.3 Työn tavoitteet

Työn keskeinen tavoite on saada hitsausrobotin tuottama hitsauskaasu kerättyä poistoilmakanaviistoon tai ilmansuodatusyksikköön. Lisäksi kuvun pitää olla helppokäyttöinen sekä mekaaniset komponentit tulee pystyä valmistamaan nykyaikaisilla valmistusmenetelmillä levystä leikkaamalla, särmäämällä ja hitsaamalla. Kuvulla pyritään myös vähentämään haitallisen ultraviolettisäteilyn heijastumista halliin. Lisäksi hitsausrobotiasema koteloituna mahdollisesti vähentää robotin tuottamaa ääntä.

Omana tavoitteenani tässä työssä on saada luotua mahdollisimman hyvä ja toimiva ratkaisu, jota muokkaamalla voidaan soveltaa kaikissa vastaavissa tiloissa.

3 TYÖ- JA KONETURVALLISUUS

Tässä luvussa käsitellään niiltä osin työ- ja koneturvallisuutta, mikä koskee hitsausrobotin tuottamien haittojen poistamista. Työturvallisuuteen vaikuttavista tekijöistä otetaan esille hitsauskaasut ja säteily. Melu jätetään huomioimatta, koska sen vähentäminen ei onnistu ilman massiivisia suojaseiniä.

Koneturvallisuutta käsitellään kolmevaiheisella mallilla suunnittelijan näkökulmasta. Mallissa käydään läpi koneturvallisuuslaissa asetettuja vaatimuksia, jotka tulisi ottaa huomioon suunnittelussa. Tällä tavalla koneista ja laitteista saadaan turvallisia. Tähän sisältyy koneturvallisuussäädöksissä määritetty riskin arviointi.

3.1 Hitsauksen työturvallisuus

Työturvallisuuden kannalta tämä insinöörityö on tarpeen, sillä tällä hetkellä robotin tuottamat hitsauskaasut menevät koko halliin. Tämän lisäksi nykyisten suoja-aitojen yli ja hallin katon kautta heijastuu valokaari eli säteilyä muualle halliin. Kun nämä haitat saadaan poistettua, niin työympäristö, työmielekkyyks ja sisäilman laatu paranevat.

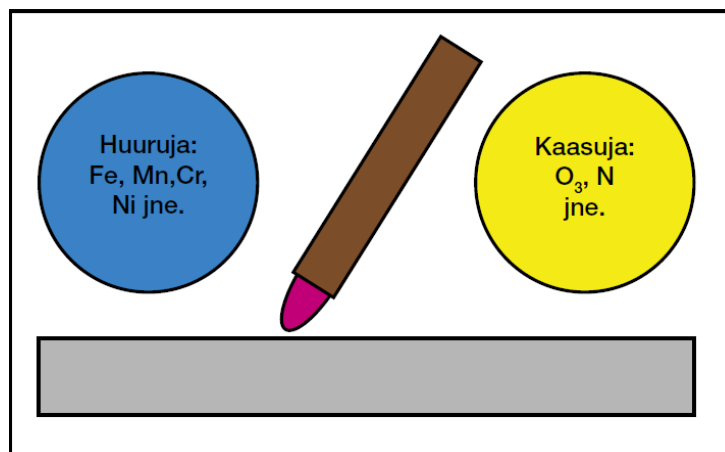
3.1.1 Kaasut

Hitsaus on työtä, jossa altistutaan hitsauksen työilman tuottamille metallihiukkasille ja kaasuille eli hitsaussavulle. Hitsaussavua pidetään hitsauksen suurimpana haittana ja se on myös kaikkein helposti havaittavissa. (Lukkari 2006a, 60.) Hitsaustapahtuman aikana syntyneiden savujen hengittäminen saattaa aiheuttaa lyhytaikaisia ärsytysoireita hengityselimissä. Useiden vuosien työskentely huonosti ilmastoiduissa työtiloissa voi aiheuttaa muun muassa muutoksia keuhkoissa, astmaa, hermostovaurioita ja lisääntyneen keuhkosityöpäriskin. (Lukkari 2006, 6.) Vaikka savujen aiheuttamia haittoja tiede-

tään, niin kuitenkin niiden kaikkia haittavaikutuksia ja mekanismeja ei tiedetä. Tästä syystä maailmalla tutkitaan koko ajan erityisesti savuissa olevia huu-ruja ja eri aineiden vaikutusmekanismeja ja haittavaikutuksia.

Hitsauskaasujen osalta monissa kansallisissa tutkimuksissa suurimmaksi huolen aiheeksi on noussut pieni kohonnut keuhkosityövän riski. Tämä riski koskee niin ruostumattoman kuin ”mustan” teräksen hitsaajia. Tämä on hieman yllättävää, sillä aikaisemmin on luultu, että vain ruostumattomassa teräksessä oleva runsas nikkeli ja kromi aiheuttaisivat kohonnutta syöpäriskiä. Lisäänty-nyttä syöpäriskin aiheuttajaa ei kuitenkaan oikein tiedetä. Kohonneeseen keuhkosityöpäriskiin antaa erinomaisen ja viimeisimmän katsauksen uusin IIW:n dokumentti VIII 1988–05. (Lukkari 2006a, 60.)

Hitsaussavu koostuu erilaisista partikkeleiden ja hiukkasten muodostamasta seoksesta, jota kutsutaan kaasuksi ja huu-ruiksi (Lukkari 2006, 18). Suurin osa hitsaussavusta on peräisin hitsauslisäaineesta. Myös hitsausprosessilla ja perusaineella on vaikutusta hitsaussavun koostumukseen. (Lukkari 2006a, 61). Hitsauksen tuottamaan hitsaussavun määrään ja koostumukseen vaikuttavat hitsausprosessi, hitsauslisäaine, perusaine, suojakaasu, hitsausarvot sekä perusaineen mahdollinen pinnoite (Pääkkönen & Rantanen 2008, 96–98).



Kuva 1 Hitsauksessa syntyvät hurut ja kaasut (Lukkari 2006, 17)

Hitsaushuuru on koostumukseltaan hyvin pieniä höyrystä kondensoituneita metalliyhdisteiden hiukkasia. Huurussa suurin osa hiukkasista on alle 1µm kokoisia. (Lukkari 2006, 18.) Hiukkasten syntymekanismeja on kaksi. Pienemmät hiukkaset syntyvät valokaaren höyrystämiä alkuaineiden kondensoituessa ja oksidoituessa kiinteiksi hiukkasiksi valokaaren. Eli tästä muodostuu niin sanottua hengittävää pölyä, joka kulkeutuu keuhkoihin. Suurimmat hiuk- kaset syntyvät hitsausroiskeiden jähmettyessä. (Lukkari 2006a, 62.)

Tavallisia hitsausavussa esiintyviä aineita ovat

- lisäaineesta ja perusaineesta syntyvät huuрут, jotka sisältävät esimerkiksi rautaa, mangaania, kromia, nikkeliä, kuparia ja alumiinia
- fluoridit, jotka tulevat hitsauspuikon päällysteestä tai täytelangan täytteestä
- pinnoitetun perusaineen pinnoitteesta syntyvät aineet, kuten sinkitty teräs
- suojakaasusta tulevat aineet: argon, hiilidioksidi, happi ja/tai helium yksinään tai seoksena
- valokaaren läheisyydessä ilmassa syntyvät kaasut: hiilimonoksidi, typen oksidit ja otsoni. (Lukkari 2006a, 61–62.)

3.1.2 Hitsauskaasujen terveysvaikutukset

Arvioidaan, että hengitysilman mukana keuhkoihin kulkeutuvista hitsausavun hiukkasista noin puolet takertuisi keuhkoihin. Takertuneista hiukkasista elimistön tehokas puhdistusmekanismi kuljettaa suurimman osan nielun kautta ruuansulatuskanavaan. Sieltä niistä osa siirtyy verenkiertoon ja loput poistuvat elimistöstä ulosteiden mukana.

Keuhkoihin jäävästä hiukkasista nopeasti liukenevat siirtyvät lyhyessä ajassa vereen ja kulkeutuvat verenkierron mukana eri sisäelimiin. Hitaasti liukenevat voivat olla keuhkoissa useita kuukausia tai vuosia ennen kuin poistuvat sieltä. Siitä seuraa, että metallit kertyvät vähitellen hitsaajan keuhkoihin ja muihin sisäelimiin. Metallien kertyminen elimistöön näyttelee olennaista osaa hitsausuurujen vaikutuksissa hetkellisten ja kroonisten oireiden synnyssä. (Lukkari 2006a, 73.)

Lyhytaikaisia terveysvaikutuksia ovat

- yskä
- limannousu
- ahdistava tunne rinnassa
- vinkuva hengitys
- metallikuume.

Nämä oireet yleensä lievittyvät työpäivän jälkeen ja vapaa-aikana niitä ei esiinny.

Kroonisia vaikutuksia ovat

- pölykeuhkosairaus eli pneumokonioosi
- krooninen hengitysteiden ärsytys
- astmariski
- syöpäriski
- krooninen keuhkoputken tulehdus.

On muistettava, että hyvin ilmastoiduissa tiloissa työuransa tehneiltä hitsaajilta ei ole todettu näitä kroonisia sairauksia pitkänkään työuran jälkeen. (Lukkari 2006a, 74–76.)

Tällä hetkellä ei vielä tarkasti tiedetä, mitä vaikutuksia hitsausavulla on muihin sisäelimiin kuin keuhkoihin. Muiden sisäelinten osalta käytettävissä oleva tutkimustieto on osittain ristiriitaista. Tämä johtuu siitä, että tutkimustietoa ei ole vielä riittävästi.

Seuraavassa taulukossa on koottu hitsaushuuruissa esiintyvien yksittäisten aineiden mahdolliset haittavaikutukset. Näiden terveysvaikutusten synty riippuu altistuksen voimakkuudesta ja kestosta. Lisäksi haittavaikutukseen vaikuttaa altistuvan henkilön taipumukset eli perimä. Osa taulukossa mainituista vaikutuksista on hyvin harvinaisia tai niitä syntyy pitkään työskenneltäessä huonoissa työoloissa. On tärkeä huomata, että käytännössä hitsaustyön tuottamat monimutkaiset moniaineseokset ovat pitoisuuksiltaan kuitenkin aika pieniä.

Taulukko 1 Hitsaushuuruaineiden mahdollisia haittavaikutuksia (Lukkari 2006a, 74)

Huurun sisältämä aine	Mahdollinen haittavaikutus
Alumiinioksidi	Haitallisuus hermostolle, pneumokonioosi (alumiinoksi), otsonin muodostus alumiinin hitsauksessa.
Barium (liukoiset yhdisteet)	Silmien ja hengityselinten ärsytys. Imeytynyt aine voi olla haitallista hermostolle ja sydämen toiminnalle, mm. sydämen rytmihäiriöt.
Fluori (liukoiset fluoridit)	Hengityselinten ärsytys.
Kadmiumoksidi	Äkillinen vakava keuhkotulehdus, krooninen keuhkolaajentuma, keuhkosyöpä riski.
Koboltti (oksidit)	Hengityselinten ärsytys, astma, eräiden kobolttiyhdisteiden on todettu aiheuttavan syöpäriskiä.
Kromi (liukoiset kromaattit)	Hengityselinten ärsytys, nenän väliseinän syöpymä, astma, keuhkosyöpä.
Kupari (oksidit)	Hengityselinten ärsytys, metallikuume.
Magnesium (oksidit)	Hengityselinten ärsytys, metallikuume.
Mangaani (oksidit)	Haitallisuus hermostolle, hengityselinten ärsytys.
Molybdeeni (oksidi)	Hengityselinten ärsytys, virtsahapon lisääntynyt muodostus, mikä voi myötävaikuttaa kihdin oireiden syntyyn.
Nikkeli (oksidi)	Hengityselinten syöpä.
Rautaoksidi	Pneumokonioosi (sideroosi).
Sinkkioksidi	Metallikuume.
Tina (oksidi)	Metallikuume, pneumokonioosi (stannoosi).

Hitsaussavujen haitallisuuksia arvioidaan haitalliseksi tunnettujen pitoisuuksien avulla eli HTP-arvoilla. Nämä arvot julkaisee sosiaali- ja terveysministeriö määrää ajoin turvallisuustiedotteessaan. Arvot ovat arvioita hengitysilman pienimmistä pitoisuuksista, jotka voivat aiheuttaa haittaa. (HTP-arvot 2009, 13.) Suomessa ei tällä hetkellä ole määritetty hitsaushuuruille omaa HTP-rajaa (Lukkari 2006a, 81). Mutta yksikään pitoisuus ei saa ylittää sille annettua raja-arvoa. Tällä hetkellä uusien raja-arvojen julkaisu on HTP-arvot 2009.

3.1.3 Hitsauskaasujen torjunta ja työtilan ilmanvaihto

Hitsauksen siirtäminen automatisoituun tuotantoon mahdollistaa hitsauksen koteloinnin tai ainakin savun lähteen siirtymisen kauemmaksi hitsaustyötä suorittavasta henkilöstöstä. Tällöin altistus pienenee olennaisesti. Lisäksi on huolehdittava tilan tehokkaasta ilmanvaihdosta ja tarkoituksenmukaisesta kohdepoistosta (Lukkari 2006a, 89). Kaikkein paras olisi, jos hitsaustyötä suorittavat henkilöt/robotit voitaisiin siirtää omaan osastoon hallista, mutta tämä ei monestikaan pienissä yrityksissä ole tilojen ja resurssien puolesta mahdollista. Tästä syystä tilojen ilmastointiin ja hitsauspaikkojen suojalaitteisiin ja kohdepoistoihin on kiinnitettävä erityistä huomiota, jotta ei turhaan altisteta henkilöstöä hitsauksen tuottamille kaasuille ja muille haitoille.

3.1.4 Säteily

Kaarihitsauksessa valokaaren palaessa syntyy säteilyä, joka jaetaan kolmeen säteilylajiin. Näistä ultraviolettisäteily on ihmiselle kaikkein haitallisinta. (Lukkari 2006a, 99.) Hitsaustapahtumassa syntyvät säteilyt ovat

- ultraviolettisäteily, aallonpituus 100–400 nm
- infrapunasäteily, aallonpituus 780 nm–1 mm
- näkyvä valo, aallonpituus 400–780 nm

Huom. $1 \text{ nm} = 10^9 \text{ m} = 10^6 \text{ mm}$. (Pääkkönen & Rantanen 2008, 62.)

Ultraviolettisäteily on silmille näkymätöntä sähkömagneettista säteilyä, jonka aallonpituus on 100–400 nm. Tämä säteily on monta kertaa voimakkaampaa valokaaren sytytyshehkellä kuin hitsauksen aikana syntyvä säteily. (Lukkari 2006a, 99.)

Ultraviolettisäteilylle altistuminen voi vahingoittaa silmiä. Tämä ilmenee tulehduksena, johon liittyy silmien punoitus, valonarkuus, kyynelvuoto ja kipu. Tämän lisäksi ultraviolettisäteily voi vahingoittaa sarveiskalvoja. (STUK 2008, 5.) Sarveiskalvon vauriot paranevat yleensä parissa päivässä. Yleensä oireet ilmenevät noin 6-12 tunnin jälkeen altistumisesta.

Ultraviolettisäteilyllä on todettu olevan vaikutuksia myös harmaakaihin syntyyn. Kuitenkaan vielä ei tunneta harmaakaihin kehittymiseen tarvittavaa ultraviolettisäteilyn määrää. Kaihin kehittymiseen tarvitaan toistuvia kroonisia altistumia. Tutkimuksissa on todettu, että äkilliset voimakkaat altistumat saattavat aiheuttaa harmautta silmissä, mutta se yleensä häviää muutamassa päivässä. (Lukkari 2006a, 99.)

Silmien lisäksi lyhytaaltainen ultraviolettisäteily aiheuttaa ihon ruskettumista sekä ihon punoitusta ja palamista. Lisäksi säteily muuttaa ihon DNA molekyyliä. Ultraviolettisäteily voidaan jakaa aallonpituutensa mukaan kolmeen eri luokkaan, jotka ovat UV-A, UV-B ja UV-C. (STUK 2008, 4-5.) Näistä kahdesta UV-B säteily tunkeutuu syvemmälle iholle ja on tästä syystä kriitti-

sin säteily. Krooniseen ultraviolettisäteilyyn altistuminen nopeuttaa ihon vanhenemista, joka lisää riskiä erityyppisille ihosyöville. Hitsaajilla ei ole tietävästi todettu ultraviolettisäteilystä aiheutuneen ihosyöpää, mutta silti tätä riskiä ei voi täysin sulkea pois.

Infrapuna- eli lämpösäteilyn vaikutukset ihminen tuntee iholla ja ihonalaisissa kudoksissa lämpönä. Suurin osa silmiin vaikuttavista infrapunasäteilystä jää silmän etuosiin ja vain pieni osa menee verkkokalvolle asti. Yleensä verkkokalvolle asti menevästä infrapunasäteilystä ei ole varaa silmille.

Näkyvästä valosta voi aiheutua vaurioita silmän verkkokalvolle. Nämä vahingot vaikeuttavat silmän kykyä aistia lyhytaaltoista näkyvää valoa. (Lukkari 2006a, 99–100.)

Näitä haitallisia säteilyjä voidaan mitata ja verrata raja-arvoihin, jotka on annettu sosiaali- ja terveysministeriön päätöksessä 1474/1991 (STMp 1474/1991). Alla olevassa taulukossa on tästä julkaisusta saatuja raja-arvoja apuna käyttäen saatu laskettua eri etäisyyksille altistumisajat, jonka jälkeen raja arvot ylittyvät.

Taulukko 2 Etäisyys valokaaren lähteestä, jossa UV-säteily pysyy alle raja-arvojen altistusajoilla (Lukkari 2006a, 102)

Hitsausprosessi	Perusaine	Suojakaasu	Hitsausvirta (A)	Etäisyys (m) altistumisajalle 1 min	Etäisyys (m) altistumisajalle 10 min	Etäisyys (m) altistumisajalle 8 h
MAG-Hitsaus	Seostamaton teräs	CO ₂	90	0,95	7,0	21
”	”	”	200	2,2	13	48
”	”	”	350	4,0	9,3	87
”	”	95%Ar+5%O ₂	150	2,9	21	65
”	”	”	350	6,7	10	150

Kuten taulukosta huomataan, niin samassa hallissa hitsausrobotin kanssa ei voisi työskennellä ilman henkilökohtaisia suojaimia. Tämän takia on erittäin tärkeää, että hitsausrobotista syntyvät säteilyt saadaan minimoitua tai poistettua.

3.2 Koneturvallisuus

Koneturvallisuuteen liittyvistä asioista määrittää valtioneuvoston asetus koneturvallisuudesta. Tämä asetus perustuu EY:n konedirektiiviin 2066/42/EY. Tämä asetus sisältää kaikki koneita koskevat asetukset. Kaikkien uusien koneiden on täytettävä asetuksen vaatimukset 29.12.2009 alkaen. (lähde3 1§, 12§) Nämä vaatimukset koskevat koneen valmistajaa, joka saattaa koneen markkinoille. Lisäksi asetuksen piiriin kuuluvat kaikki koneet, jotka tehdään yrityksen omaan käyttöön, myös yksittäiskappaleet. Tästä syystä tarkastellaan, mitä vaatimuksia koneasetus asettaa suunnittelulle ja valmistukselle.

Koneasetus luettelee seuraavia valmistajan tehtäviä:

- Riskit arvioidaan.
- Koneetta koskevat turvallisuusvaatimukset selvitetään.
- Olennaisten turvallisuusvaatimusten mukaan suunnitellaan ja valmistetaan kone.
- Käyttöohjeet laaditaan ja tehdään koneeseen tarvittavat merkinnät.
- Laaditaan tekninen tiedosto.
- Tehdään vaatimustenmukaisuusvakuutus.
- Koneeseen kiinnitetään CE-merkintä. (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 2007, 7.)

3.2.1 Riskinarviointi

Riskinarviointi aloitetaan suunnitteluvaiheessa ja siitä määritetään

- raja-arvot
- vaarat ja vaaratilanteet
- riskien suuruudet
- riskien merkitys (MetSta 2009, 22).

Vaaratekijät ja -tilanteet tunnistetaan järjestelmällisesti ja niistä suunnittelija laatii vaaratekijäluettelon. Luettelon perusteella vaaratekijä arvioidaan ja ne poistetaan tai niiden aiheuttama riskiä vähennetään niin paljon, kun se on järkevää. Huomioon on kuitenkin otettava koneasetuksen ja yhdenmukaistettujen standardien vaatimukset. Tähän työhön apuna voidaan käyttää standardeja, SFS- EN ISO 14121, SFS-EN ISO 12100 osat 1 ja 2 sekä konekohtaisia standardeja. Itse riskin arviointi tehdään jokaiselle tunnistetulle vaaratekijälle esimerkiksi standardien SFS-EN ISO 12100-1 kohdan 5 tai SFS-EN ISO 14121 avulla.

Riskejä arvioidaan vamman tai terveyshaitan esiintymistodennäköisyyden sekä ennakoitavissa olevien vammojen tai terveyshaittojen vakavuuden perusteella. Näihin riskeihin vaikuttavat tekijät tunnistetaan ja analysoidaan. Riskien tunnistamisessa ja analysoinnissa otetaan huomioon inhimilliset ja tekniset tekijät. (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 2007, 8.) Riskien arvioinnin pohjalta suunnitellaan laitteeseen tarvittavat suojat ja turvalaitteet. Näillä toimenpiteillä pyritään saamaan kone turvalliseksi sen elinkaaren ajaksi.

3.2.2 Koneen turvallisuuden huomioon ottaminen suunnittelussa

Tässä luvussa käsitellään kolmevaiheista järjestelmää, jolla systemaattisesti voidaan edetä suunnittelussa, jotta koneesta tulisi turvallinen. Kolmivaiheinen menetelmä on tarkemmin kuvattu standardissa SFS-EN ISO 12100-1+A1. (MetSta 2009, 16.) Muut koneiden olennaiset turvallisuusvaatimukset kuvataan koneasetuksen liitteessä 1(VNa 400/2008).

Vaihe 1

Ensimmäisessä vaiheessa vaarat tulee poistaa tai vähentää suunnitteluteknisin keinoin valitsemalla sellaisenaan turvallista teknologiaa tai prosessia. Vaaroja minimoidaan myös suunnittelemalla kone luontaisesti turvalliseksi niin, että voimansiirto tai muut liikkuvat komponentit jäävät koneen runkorakenteiden sisälle. Lisäksi on otettava huomioon koneen turvallinen ja ergonominen käyttö. Turvallisella käytöllä tarkoitetaan sitä, että vaaralliset käsin tehtävät työt on mekanisoitu tai automatisoitu. Lisäksi tähän liittyy ohjausjärjestelmän turvallisuus sekä turvalaitteet ja suojat, jotka estävät myös koneen väärinkäytön. Koneen suunniteluun liittyviä vaatimuksia on kuvattu tarkemmin standardissa SFS-EN ISO 12100-20 kohdassa 4.

Vaihe 2

Koneeseen jäävät vaarat ja riskitekijät poistetaan suojausteknisin keinoin. Tämä tarkoittaa sitä, että koneen käyttävää henkilöä pitää suojata niiltä vaaratekijöiltä, joita ei voitu suunnitteluteknisesti poistaa tai rajoittaa. Tarvittavien suojusten ja turvalaitteiden valinta perustuu koneelle tehtyyn riskiarviointiin. Suojuksia ja turvalaitteita koskevat määräykset on tarkemmin esitetty standardissa SFS-EN ISO 12100-2 kohdassa 5.

Vaihe 3

Jäljelle jäävistä vaaroista ja riskeistä on tehtävä turvallisuusohjeet. Ohjeessa on käytävä ilmi, mitä vaaroja kyseisen koneen käyttämisestä on ja millä tavalla käyttäjän on suojauduttava. Ohjeessa on myös mainittava käyttäjän kouluttaminen, jos käyttäjä tarvitsee jotain erityiskoulutusta. Siitä on ilmoitettava koneen vastaanottajalle. Lisäksi ohjeessa on varoitettava riittävästi mahdollisista vaaroista, jos konetta käytetään väärin. Lisää tietoa on standardissa SFS-EN ISO 1200-2 kohdassa 6. (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 2007, 9-10.)

3.2.3 Tekninen tiedosto

Koneen valmistaja laatii teknisen tiedoston, jonka avulla valmistaja voi tarvittaessa osoittaa koneen vaatimustenmukaisuuden. Tämä tiedosto on säilytettävä koneen valmistuspäivästä 10 vuotta tai sarjatuotannossa olevista koneista viimeisen koneen valmistuspäivästä. Tiedoston on oltava myös kansallisen viranomaisten saatavilla. (VNa 400/2008, liite VII.)

Tekninen tiedosto laaditaan ainakin yhdellä Euroopan talousalueen virallisella kielellä. Tämän tiedoston ei tarvitse kuitenkaan koko ajan olla kirjallisessa muodossa, kunhan sen pystyy viranomaisten pyytäessä toimittamaan kohtuullisessa ajassa.

Tekniseen tiedostoon tulee sisällyttää seuraavat asiat:

- yleispiirustus sekä ohjauspiirikaavio
- täydelliset piirustukset sekä laskelmat ja testaustulokset jne.
- kuvaus riskin arviointia koskevista menetelmistä koneen aiheuttamien vaarojen estämiseksi
- luettelo konetta koskevista olennaisista terveys- ja turvallisuusvaatimuksista
- kuvaus suojaustoimenpiteistä, jotka on toteutettu tunnistettujen vaarojen poistamiseksi ja riskien pienentämiseksi
- maininta jäännösriskeistä
- tarvittaessa tekniset selosteet, joista ilmenevät valmistajan tai valmistajan tai tämän valtuutetun edustajan valitseman laitoksen tekemien testien tulokset
- käyttöohjeen kopio
- selvitys laadun tasaisuudesta (sarjavalmisteiset koneet). (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 2007, 14–15.)

4 HITAUSOJELUN KAASUNPOISTO

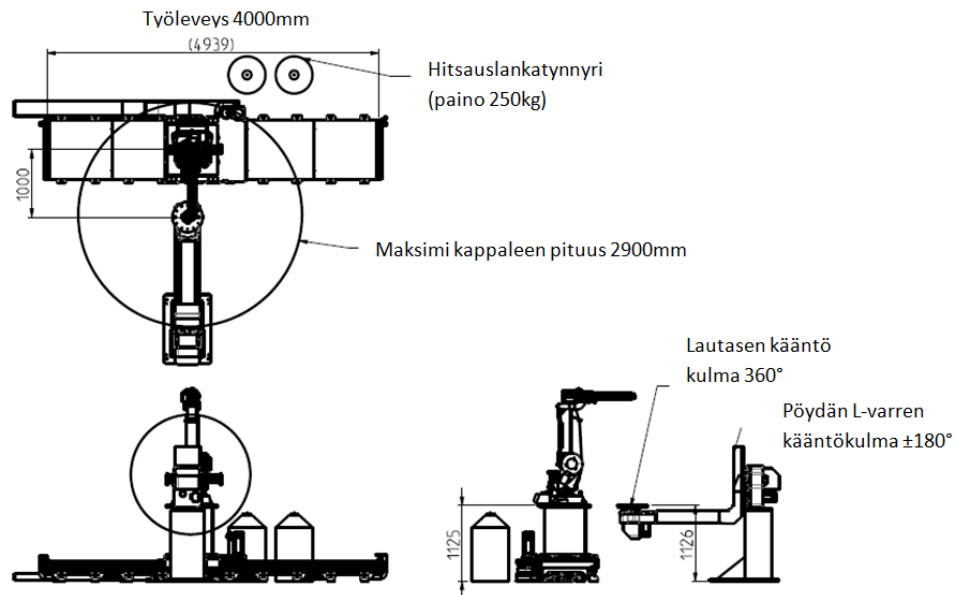
Tässä luvussa käsitellään solun toimintaa ja siitä aiheutuvia vaatimuksia. Lisäksi otetaan kantaa, mitä vaikutuksia kaasukuvun suunnittelulle tuo robotiaseman sijainti hallissa. Luvun loppupuolella käydään läpi suunnitteluprosessi ja sen eri vaiheet. Viimeisenä tehdään mekaanisten komponenttien osalta koneturvallisuuden vaatima riskinarviointi.

Suunnittelutyössä käytettiin mallien ja tarvittavien piirustusten luomiseen ProE WildFire 5.0 3D-cad ohjelmaa.

4.1 Solun toiminta ja ympäristö

Hitsausrobottisolun koostuu hitsausrobotista, kappaleen käsittelylaitteesta ja suojarusteista. Hitsausrobotilla työskentely on automaattisten laitteiden kanssa työskentelyä ja niihin liittyy aina monenlaisia vaaratekijöitä.

Kyseinen solu koostuu 6-akselisesta hitsausrobotista ja 2-akselisesta kappaleen käsittelyn pöydästä. Hitsausasemassa hitsausrobotti on sijoitettu 4000 mm pitkälle radalle. Robottiasemassa hitsattavien kappaleiden käsittelyssä käytettävän pyörityspöydän kantavuus on 1000 kg ja maksimi kappaleen pituus on 2900 mm. Lisäksi hitsaustyöpisteessä on työkappaleiden liikuttelua varten 500 kg nostava puominostin. Tarvittaessa siinä käytetään 5000 kg nostavaa siltanosturia. Työpisteellä voitaisiin käyttää suurempaakin puominostinta, mutta viidensadan kilon puominostimeen päädyttiin kustannussyistä, koska suurin osa hitsattavista tuotteista painaa alle 500 kg.



Kuva 2 Robotin mittakuva

Robotin käyttäjä kasaa hitsattavan tuotteen kasaus- ja viimeistelytyöpisteellä. Tämän jälkeen kappale nostetaan nostimella tai nosturilla robotin työpöydälle. Lisäksi hitsausrobotille täytyy nostimella saada tuotua 250 kg painava hitsauslankatynnyri. Valtioneuvoston asetuksen 6 momentissa määritetään myös suojalaitteilta seuraavaa:

Työvälineen suojusten ja turvalaitteiden on luotettavasti ja tarkoituksenmukaisesti suojattava siltä vaaralta tai niiltä vaaroilta, joita varten ne on asennettu.

Suojusten ja turvalaitteiden on täytettävä seuraavat vaatimukset:

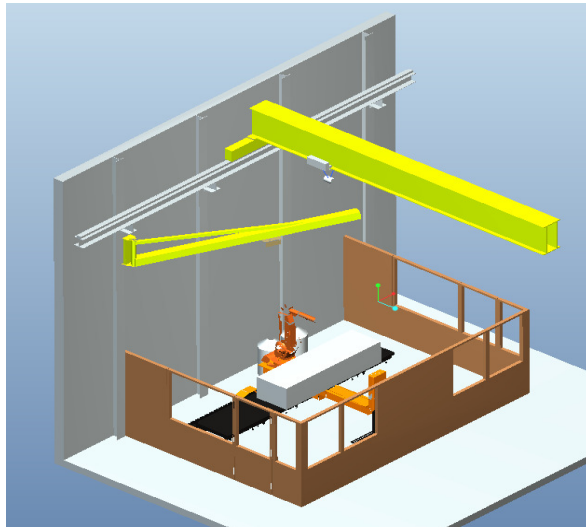
- 1) ovat rakenteeltaan vankkoja;*
- 2) eivät aiheuta lisävaaraa;*
- 3) eivät ole helposti poistettavissa tai tehtävissä toimimattomiksi;*
- 4) sijaitsevat riittävän kaukana vaara-alueesta;*
- 5) eivät tarpeettomasti rajoita näkyvyyttä työvälineen toiminta-alueelle; sekä*
- 6) sallivat 12 §:ssä tarkoitetut toimenpiteet. (VNa 403/2008, 6 §.)*

4.1.1 Robottiasema hallin seinän vieressä

Robottiaseman sijoittelu hallissa vaikuttaa suojalta vaadittaviin ominaisuuksiin. Tässä luvussa tarkastellaan, mitä vaatimuksia tulee, kun robottiasema on sijoitettu hallissa seinän viereen.

Vaatimuksia ovat

- lankatynnyrien vaihtaminen
- poistoilmakanava
- kappaleen nostaminen pöydälle (nostoturvallisuus)
- kuvun runkorakenne
- käyttömukavuus
- huollettavuus
- kappaleen vaihtaminen molemmista päistä.



Kuva 3 Robottiasema seinän vieressä

Lankatynnyrin vaihtamiseksi kuvun täytyy avautua seinään asti, jotta tynnyrit saadaan siirrettyä nostimella paikalleen robotin radan yli.

Poistoilmakanava voidaan sijoittaa hallin seinälle, jolloin se ei tule muun toiminnan haitalle.

Turvalliselta kappaleen käsittelyltä vaaditaan esteetöntä pääsyä ovien kohdalta kappaleen käsittelypöydälle. Tämä tarkoittaa sitä, että mikään runkorakenteen osa ei saa olla aiheuttamassa estettä, jonka yli kappale jouduttaisiin nostamaan.

Runkorakenteen pitää olla tukeva ja se ei saa hankaloittaa robottisolun käyttöä. Aseman sijaitessa seinän vieressä voidaan osana runkorakennetta käyttää hallin seinää.

Kuvun pitää olla helppokäyttöinen eli se pitää olla helposti siirrettävissä paikoilleen ja pois. Lisäksi kupu pitää liittää robotin turvarajapiiriin, jotta robotia ei voi käyttää automaattituotannossa ilman kuvun paikoillaan olemista. Lisäksi kuvun poistoilman imu pitää voida katkaista kuvun aukaisun ajaksi. Tämä onnistuu ainakin ABB-robottien ohjauksessa automaattisesti, kun työkierto loppuu. Näin ei turhaan rasiteta kuvun rakennetta aukaisuvaiheessa ja lisäksi säästetään energiaa, kun kohdepoisto ei käy jatkuvasti.

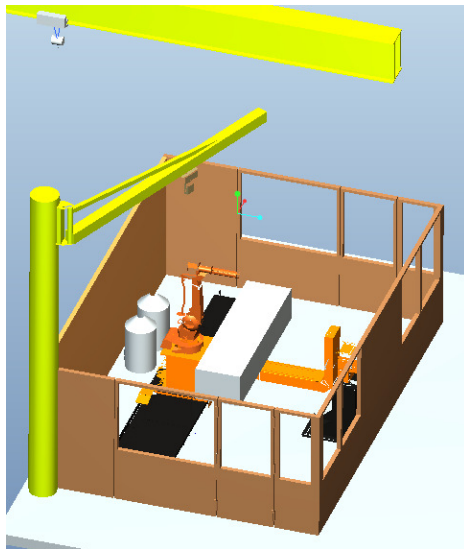
Robotin huollettavuuteen kaasunpoistokupu ei vaikuta, sillä tyypillisesti hitsausrobottien vuosihuollossa mahdollisesti vaihdettavat komponentit ovat niin pieniä, että huoltomies saa asennettua ne ilman nostoapuvälineitä. Kuvun huollettavuuteen on kiinnitettävä huomiota, että sinne ei tule mitään sellaisia kohteita, joita käyttäjän pitäisi huoltaa hankalissa paikoissa.

Kappaleen vaihtaminen molemmista päistä aiheuttaa sen, että kuvun on auettava joko kokonaan tai osittain molemmista päistä. Kaasunpoistokanava vaatii joustavaa kohdepoistoletkua, joka liikkuu kuvun mukana.

4.1.2 Robottiasema keskellä hallia

Tässä luvussa tarkastellaan, mitä vaatimuksia robottiaseman sijoittaminen tuo kaasukuvulle, kun asema on hallin keskellä. Huomioitavina asioina ovat samat vaatimukset kuin edellä luvussa 4.1.1.

Seuraavassa käydään läpi vain ne kohdat, jotka vaativat suunnittelussa erilaisia huomioimista robottiaseman sijainnin takia.



Kuva 4 Robottiasema keskellä hallia

Lankatynnyrin vaihtamiseksi kuvun ei tarvitse aueta robottiaseman takaseinään asti. Takaseinään voidaan tehdä ovi, josta tynnyri voidaan vaihtaa pumppukärryillä tai trukilla.

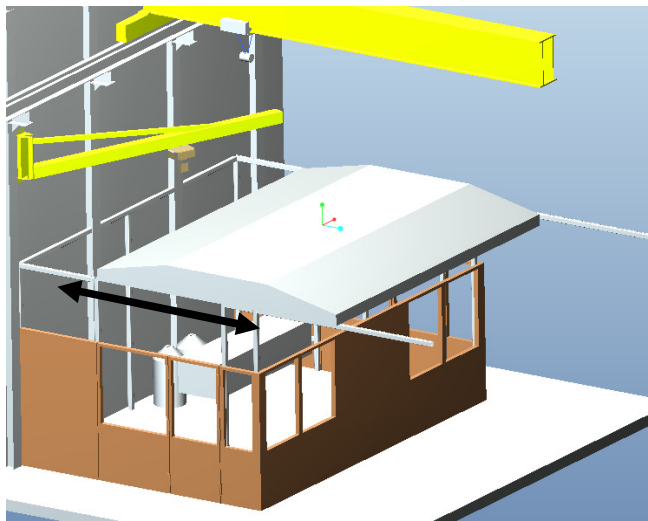
Poistoilmakanavan saaminen robottiasemalle voi olla hankalaa, eli mietittäväksi jää, voidaanko kanava tuoda siltanosturin alapuolelta vaakatasossa hallin ulkoseinältä. Jos ei poistokanavaa voida jostain syystä tuoda, niin silloin poistoilmakanava täytyy johtaa robottiaseman lähetyville sijoitettavalle paikallispoistoilman puhdistimille.

Runkorakenteen pitää olla tukeva ja se ei saa hankaloittaa robottisolun käyttöä. Aseman sijaitessa keskellä hallia joudutaan kuvun runko rakentamaan lattiasta asti.

4.2 Layout-suunnittelu

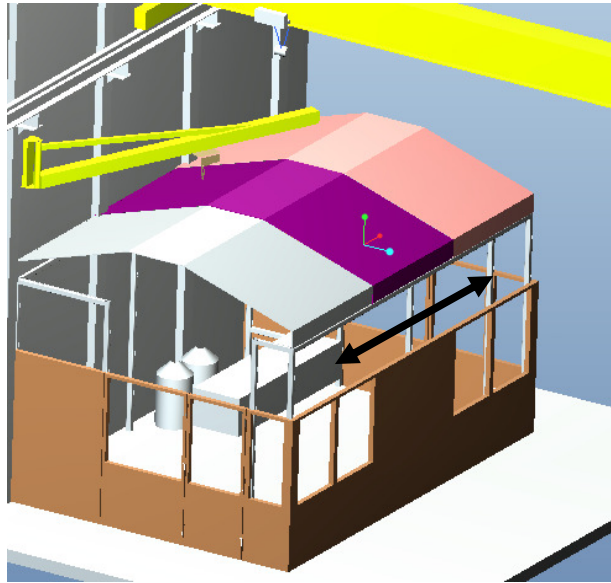
Aihetta suunniteltaessa päädyin kolmeen erilaiseen vaihtoehtoon, joita tullaan tarkastelemaan tarkemmin. Ensimmäisenä vaihtoehtona kuvun kohdepoisto sijaitsee robotin käsivarressa. Toisessa vaihtoehdossa kaasukupu sijaitsee niin alhaalla, että puominostinta/siltanosturia käytettäessä kupu pitää siirtää pois edestä. Viimeisenä vaihtoehtona kaasukupu nostetaan puominosturin ja siltanosturin väliin, jolloin kattoa ei tarvitse aukaista puominosturia käytettäessä. Lisäksi tarkastelussa päädyin kahdessa viimeisimmässä vaihtoehdossa sellaiseen kupuun, joka on omalla rungolla lattiasta asti ja aukeaa niin paljon, että lankatyynyri voidaan vaihtaa nostimella. Tämä sen takia, kun en tiedä, missä kohtaa halleissa on seinissä kiinnityspisteet. Lisäksi näin oleva kupu käy sellaisenaan, sijaitsi robottiasema missä kohtaa hallia tahansa.

Alkuvaiheessa mietin kuvun aukeamissuuntaa ja sitä, millä tavalla kupu voisi toimia. Päädyin tarkastelemaan ratkaisua, jossa kupu aukeaa robottiaseman radan suuntaisesti sen pienemmän tilantarpeen takia. Lisäksi kupujohteiden alle saatiin koko matkalle tukevut johteet. Alla olevissa periaatekuvissa on mustalla nuolella näytetty kuvun liikesuunnat.



Kuva 5 Kaasukupu aukea kohtisuorassa rataa nähden

Kun kupu aukeaa yllä olevan kuvan mukaiseen suuntaan, niin oven kohdalta johde joudutaan katkaisemaan, jotta saadaan esteetön reitti kappaleen viemiseksi nosturilla robotin kääntöpöydälle.



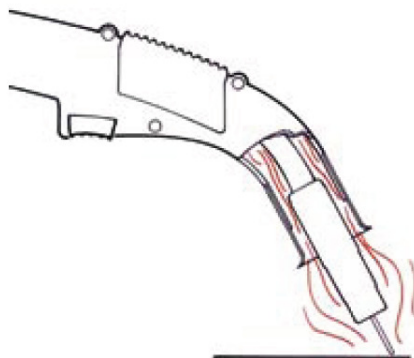
Kuva 6 Kaasukupu aukeaa radan suuntaisesti

Tässä mallissa, missä kupu aukeaa radan suuntaisesti molemmille puolille, saadaan yhtämittaiset tukevat johteet ja samalla esteetön reitti kappaleen viemiseksi robotin kääntöpöydälle.

4.2.1 Kohdepoisto robotin käsivarressa

Tutkiessani tätä vaihtoehtoa, huomasin, että käsihitsaukseen on kehitelty jo sellainen pistooli, joka imee osan hitsauskaasuista pois. Alla on esitetty, mihin tuloksiin sillä on päästy ja millä periaatteella kyseinen pistooli toimii.

Käsihitsauksessakin käytettävillä kohdepoistolla varustetulla pistoolilla ei saada poistettua kuin keskiarvoisesti 79 % savuista (Lukkari 2006a, 92). Lisäksi kohdepoisto ei ratkaise hallin katon kautta tulevaa säteilyheijastumia.



Kuva 7 Huuruja imevä käsihitsauspistooli (Lukkari 2006, 18)

Kyseistä tekniikkaa ei ole tietääkseni vielä kehitetty robottisovelluksiin. Tällä tekniikalla voitaisiin ratkaista suurin osa hitsauskaasujen leviämisestä hallin ilmatilaan, mutta sillä ei kuitenkaan vielä saada poistettua hitsauksen muita haittoja, kuten säteilyä.

Käsihitsauspistoolin hyvät puolet:

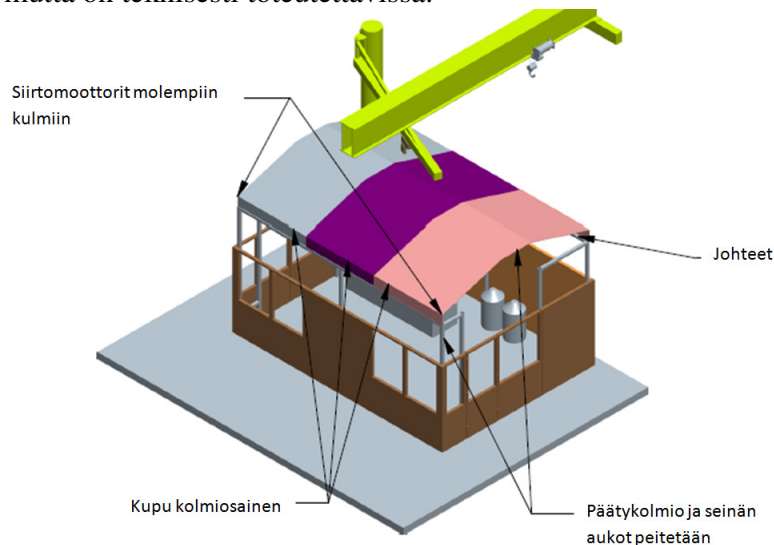
- Tilantarve on pieni.
- Kustannus on halvin.
- Ei vaikeuta kappaleen vaihtamista.
- Kohdepoiston liikuttamiseen ei tarvita erillistä koneistoa.

Käsihitsauspistoolin huonot puolet:

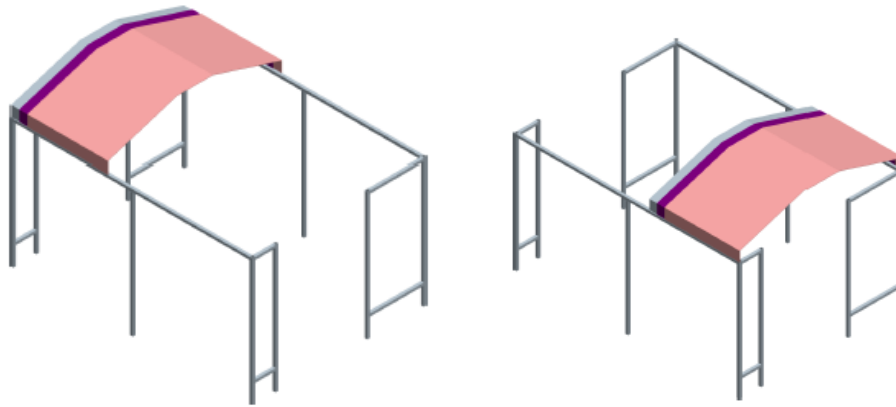
- Poistaa tehokkaasti vain osan hitsauskaasusta.
- Ei estä hitsaussäteilyn heijastumista aitojen yli ja katonkautta muualle halliin.
- Rikkoutuu helposti.

4.2.2 Kupu puominosturin alapuolella

Tässä vaihtoehdossa katto aukaistaan puoliksi aina, kun nosturilla ja nostimella tuodaan jotakin hitsausrobottiasemaan. Tämä hidastaa kappaleen vaihtoa, mutta on teknisesti toteutettavissa.



Kuva 8 Kaasukupu puominostimen alapuolella



Kuva 9 Kaasukupu ajettuna vasemmalle ja oikealle

Yllä olevista periaatekuvista nähdään kuvun toimintaperiaate. Kuvun alla on kaksiosainen tukeva runko. Rungon päälle sijoitetaan johteet, joiden avulla kupu liikkuu edestakaisin. Kuvusta on tehty kolmiosainen, jotta aukeamismatkaa saadaan riittävän suureksi molempiin suuntiin. Kuvun molempiin päihin sijoitetaan ajomoottorit, jolla voidaan ajaa kupua molempiin suuntiin. Uloimpana olevaan katon osaan sijoitetaan kaasunpoistokanavan lähtö, johon kiinnitetään puomilla varustettu joustava kohdepoistoletku. Päätykolmioon ja olemassa olevien suojaseinien yläpuolelle jäävät aukot peitetään, jotta savukaasut ja valokaaren välke eivät tule sieltä halliin.

Hyvät puolet:

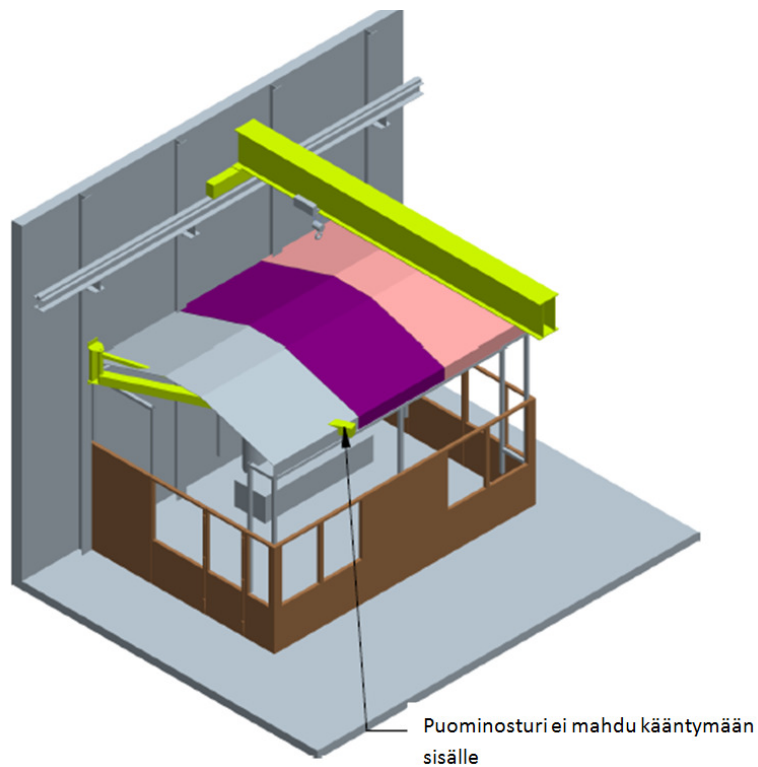
- Kohtuullisen helppo toteuttaa.
- Suojaa tehokkaasti hitsauksen tuottamilta haitoilta.
- Runko on tukeva.

Huonot puolet:

- Joudutaan aina siirtämään pois, kun kappaletta vaihdetaan.

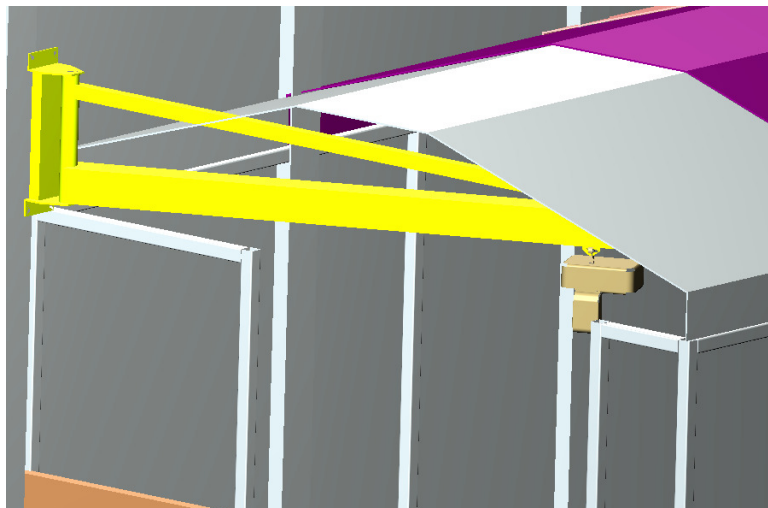
4.2.3 Kupu siltanosturin ja puominosturin välissä

Puominosturi joudutaan laskemaan alaspäin, jotta kupu saadaan mahtumaan puominosturimen ja siltanosturin väliin. Tämän lisäksi kuvun rungosta tulee korkeampi, kuin luvussa 4.2.2 oleva kupu. Toimintaperiaatteeltaan kupu voi olla samanlainen, kun puominosturin alapuolella oleva.



Kuva 10 Kupu puominostimen alapuolella

Jotta puominosturi saadaan kääntymään kuvun sisälle ilman katon aukaisua, joudutaan robotin vaatimaa suojatilaa kasvattamaan tai hankkimaan lyhyempi puominostin. Lyhyemmällä puominostimella voi loppua ulottuma kesken. Eli puominostimella ei yletä kaikkiin tarvittaviin paikkoihin, joista tai joihin tuotteita pitää nostaa.



Kuva 11 Runkorakenteen sijainti puominostimeen nähden

Edellä olevasta kuvasta nähdään, että runkorakenteen tulee jäädä puominostimen alapuolelle, jotta rungon pystytuet eivät tule nostimen eteen. Lisäksi kuvun pääty pitää peittää roikkuvilla hitsausverhoilla, jotka sallivat puominostimen työntämisen niiden läpi. Suojaseinän oven yläreunaa joudutaan myös nostamaan paljon, jotta saadaan säteilyn leviäminen estettyä.

Hyvät puolet:

- Kohtuullisen helppo toteuttaa.
- Ei tarvitse aina siirtää pois paikoiltaan.

Huonot puolet:

- Vaatii lyhyemmän puominostimen tai olemassa olevien suojaseinien muuttamisen.
- Päädyistä ei saada tiiviitä.

4.3 Vaihtoehtojen analysointi

Tässä kappaleessa analysoin ja pisteytin edellä esitetyt vaihtoehdot. Vaihtoehtojen analysoimiseksi valitsin viisi kriteeriä, jotka on valittu suojan käytettävyyden ja tarkoituksen kuvaamiseksi. Näillä kriteereillä kuvataan valmistuksen, suojausominaisuuksien ja käyttäjän kannalta keskeisiä ominaisuuksia. Kriteerit ovat käytettävyys, toteuttaminen, säteilyntorjunta, hitsaussavun poisto sekä valmistettavuus.

Taulukossa käytettyjen vaihtoehtojen numerointi:

1. Kohdepoisto robotin käsivarressa
2. Kupu puominosturin yläpuolella
3. Kupu puominostimen alapuolella

Kukin ominaisuus sai pisteitä yhdestä kolmeen. Paras sai kolme pistettä ja huonoin yhden pisteen.

Taulukko 3 Eri vaihtoehtojen pisteytys

Vaihtoehto	Käytettävyys	Toteuttaminen	Säteilyntorjunta	Hitsaussavunpoisto	Valmistettavuus	pisteet yhteensä
1.	3	1	1	1	3	9
2.	1	3	3	3	2	12
3.	2	2	2	2	1	9

Taulukosta huomataan, että parhaaksi vaihtoehdoksi valikoitui vaihtoehto 2 eli kupu puominostimen alapuolella. Tämä sen takia, koska tällä ratkaisulla saadaan kaikkein ”tiivein” kaasunpoistokupu.

4.4 Valitun vaihtoehdon suunnittelu

Valitun vaihtoehdon suunnittelu alkoi liikekomponenttien kartoituksella ja esivalinnalla, jonka jälkeen suunniteltiin varsinainen teräsrakenne. Kun teräsrakenne oli suunniteltu, päästiin laskemaan tarvittavat voimat, jotta voitiin valita käytettävät liike komponentit. Komponenttien valinnan jälkeen viimeisteltiin lopullinen teräsrakenne. Suojakuvussa käytetty rakenne ratkaisuiheen esitellään luvun loppupuolella.

4.4.1 Suunnittelu

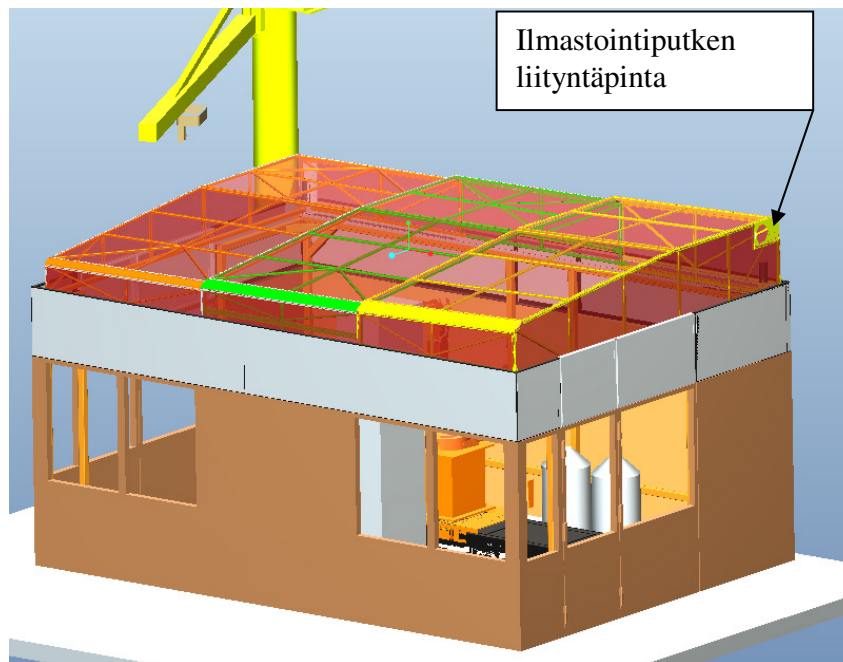
Ennen varsinaisen suunnittelun aloittamista kartoitin, millä tavalla helpon saada lineaariliike aikaiseksi. Lisäksi mietin, millä nopeudella kuvun tulisi avautua ja mikä on liikematka. Komponenttien valinnan yhteydessä päädyin, että kokonaisliikematka on 4000 mm. Aukeamisaikaa pohtiessani totesin, että se ei saa hidastaa liiaksi robottisolun toimintaa. Jos ajatellaan aukeamisaikaa, niin viisi minuuttia on pitkä aika odottaa, että kupu aukeaa. Päädyin valitsemaan aukeamisajaksi 30 sekuntia, jotta voidaan minimoida tuottamaton aika.

Turvallisuuden kannalta miettiessäni totesin, että kupuun täytyy asentaa rajat, jotta robottia ei voida ajaa automaattijolla ilman kuvun kiinnioloa. Lisäksi automaatio suunnittelussa pitää estää kuvun liike silloin, kun robottisolun ovet ovat auki. Kun robotti ei hitsaa automaattijolla, pistoimu on poissa päältä. Poistoimun ohjaus onnistuu ainakin ABB:n roboteilla.

Perustoimintaperiaatteeltaan kuvusta tulee layout-suunnitteluvaiheessa mietitty kolmiosainen kupu. Lisäksi kuvun tulee olla riittävän kevyt, jotta päästään riittävään liikenopeuteen.

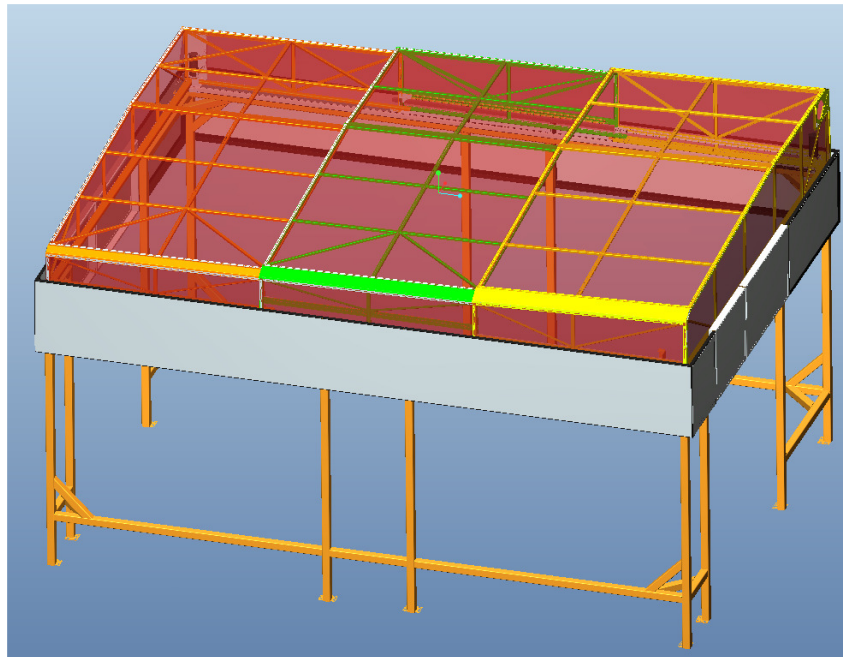
Ovien yläreunaa joudutaan nostamaan 800 mm, jotta saadaan siltä kohdalta tulevat haitat poistettua.

Alla olevassa kuvassa näkyy kupu valmiina sijoitettuna robottiasemaan. Kupu nousee vasemmalta oikealle ja edestä taakse, jotta lämpimät hitsauskaasut virtaavat luonnollisesti oikeassa takanurkassa olevaan poistokanavan reikään. Aseman sijainnista riippuen poistokanava kiinnitetään kiinteästi seinään tai sille tehdään kiinteä tuki runkoon. Eli liikkuva kupu ajetaan poistoputken päässä olevia tiivisteitä vasten, joten joustavaa poistoilmaputkea ei tarvita. Poistoputken telinettä en suunnitellut, sillä se on paikasta ja käytettävissä olevasta poistoilmakanavan koosta riippuvainen.



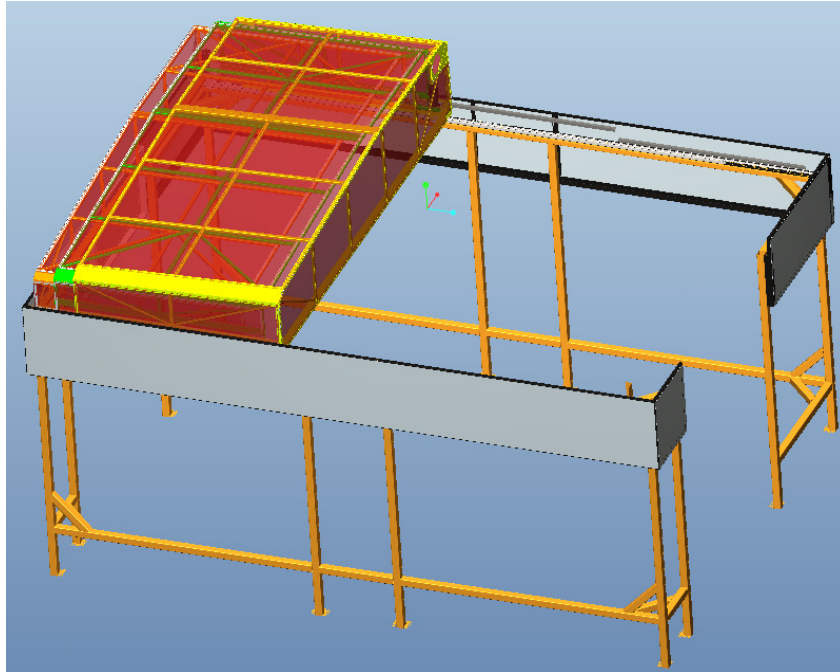
Kuva 12 Robottiasemaan sijoitettu suojakupu

Työn lopputuloksena on alla olevassa kuvassa näkyvä kokonaisuus. Suojakuvun päämitat ovat 6856x4980x3975 mm. Jos robottiasemassa ei vielä ole suoja-aitoja, niin kannattaa käyttää kuvun tukirunkoa suoraan suoja-seinien runkona.



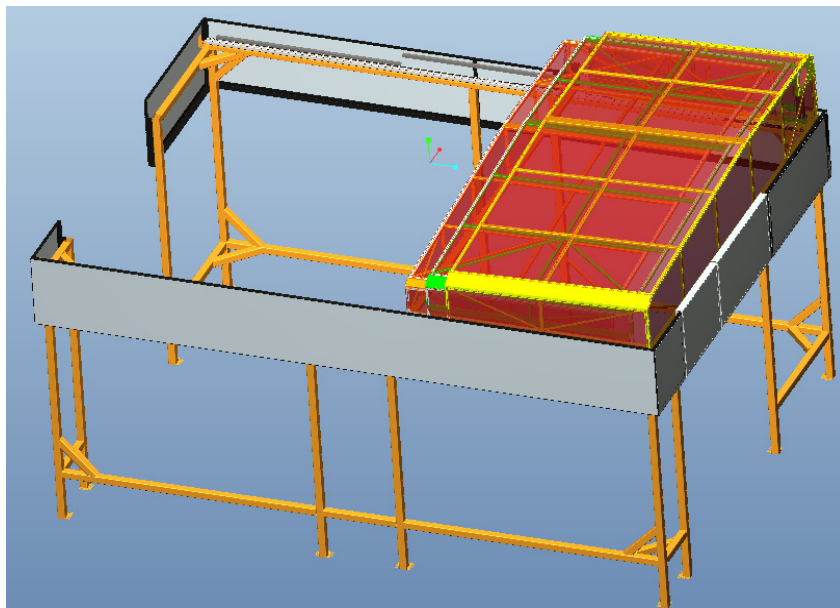
Kuva 13 Valmis suojakupu

Alla olevassa kuvassa kupu on ajettuna vasemmalle niin, että oikeanpuoleisesta ovesta kappale voidaan vaihtaa. Siirto tapahtuu oikean puoleisella ajomoottorilla.



Kuva 14 Suojakupu ajettuna vasemmalle

Alla olevassa kuvassa kupu on ajettuna oikealle niin, että vasemmanpuoleisesta ovesta kappale voidaan vaihtaa. Siirto tapahtuu vasemman puoleisella ajomoottorilla.



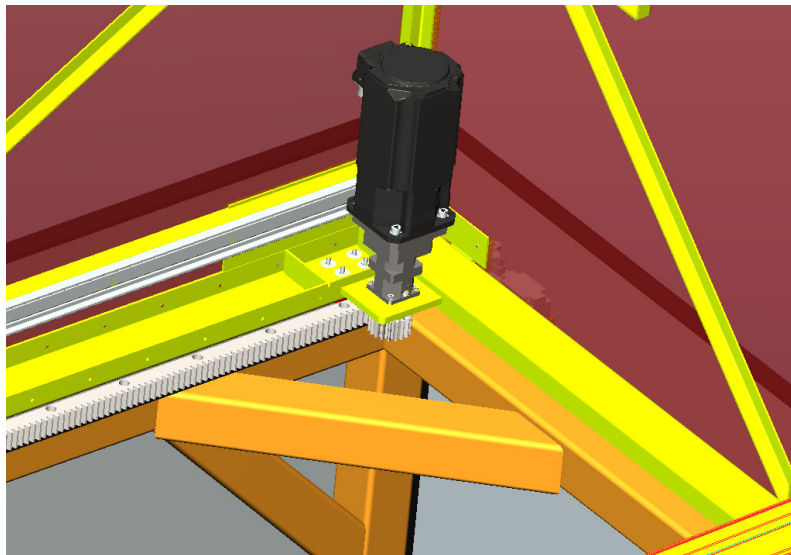
Kuva 15 Suojakupu ajettuna oikealle

Kun kuvun suojaermit nostetaan riittävän korkealle, niin saadaan samalla suojattua liikkuvat komponentit, kuten energiansiirtoketjut ja kelkat. Näin ulkopuolelta niihin ei pääse vahingossa koskemaan. Samalla myös estetään valokaaren välkkyminen liikkuvien moduulien ja johteiden välistä halliin.

Sisäpuolelle suunnittelin suojapellit ja sormisuojat hammaspyörien ympärille niin, että alakautta ei vahingossa saa laitettua käsiä liikkuvien komponenttien tielle.

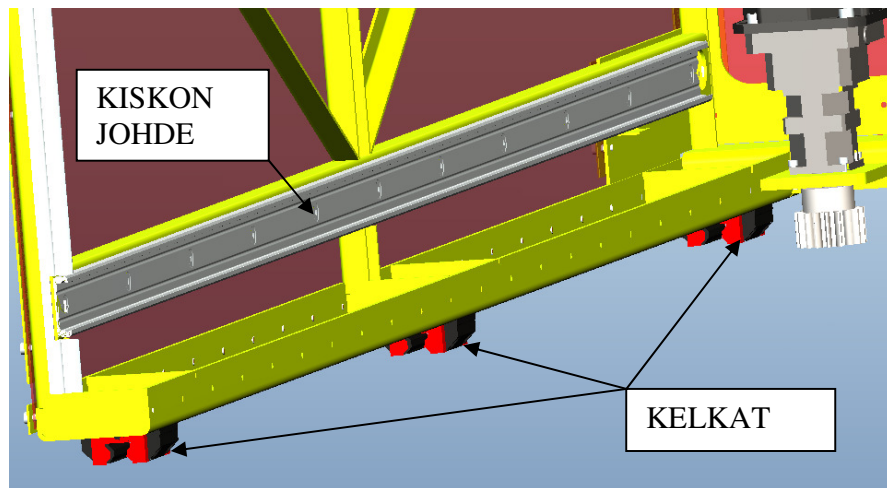
4.4.2 Kuvun siirtokomponentit

Kuvun aukaisussa käytetään liikkeen aikaansaamiseksi molemmissa päissä olevia servomoottoreita. Moottoreiden pyörimisnopeus on muutettu sopivaksi hammasvaihteella. Tämä moottori käyttää hammastankoa, jolla saadaan aikaiseksi tarvittava lineaariliike. Molemmat moottorit laitettiin samalle hammastangolle, jotta ei tarvitse hankkia kuin yksi pitkä hammastanko. Näin saadaan säästettyä kustannuksissa.



Kuva 16 Servomoottori, vaihdelaatikko ja hammastanko

Aukeavat kuvun puolikkaat kulkevat johteiden päällä. Raskaimmassa kuvussa on 6 kpl kuulalaakeroituja kelkkoja ja kahdessa muussa kuvussa kelkkoja on 2 kpl. Kuvun kolme puolisko on yhdistetty toisiinsa kuulalaakeroituilla kiskoilla. Näin saatiin toteutettua kupujen sisäkkäin meneminen niin, että ei tarvita kuin molemmille puolille yksi koko kuvunmittainen johde.



Kuva 17 Kuvassa kolme kappaletta kelkkoja ja liittämässä käytettävä johdekisko

Ennen komponenttien määrittämistä suunnittelin liikkuvan kuvun teräsrakenteen. Näin sain selville laskennassa tarvittavan painon. Liikkuva kupu muodostuu kolmesta osasta, niistä kuitenkin vain kaksi osaa liikkuu yhtä aikaa. Laskennassa käytän painona painavimman päätykuvun ja keskimmäisen kuvun painoa. Painavampi päätykupu painaa 260 kg ja keskimäinen kupu 180 kg, eli hammasvälitystä laskettaessa käytettävä paino on 440 kg. Painon määrittämisen jälkeen pääsin laskemaan ja valitsemaan tarvittavat komponentit.

Tarvittavan liikevoiman laskeminen:

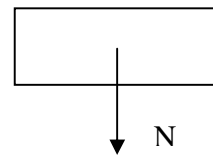
Lasketaan ensiksi normaalivoima(N):

$$N=m*a$$

N= normaalivoima

m= massa, 440 kg

a= maanvetovoimankiihtyvyys, 9,81 m/s²



$$N=440 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$N=4316.4 \text{ N}$$

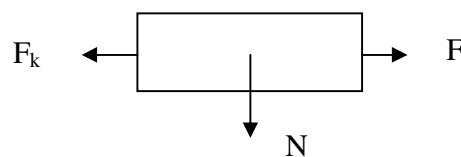
Lasketaan kitkavoima:

$$F_k=N*\mu$$

F_k= Kitkavoima

N= Normaalivoima

μ= Kitkakerroin, 0,15



$$F_k=4316.4*0,15$$

$$F_k = 647.46 \text{ N}$$

Hitsauskaasun poisto robottisolusta

Jotta kupu lähtee liikkeelle, pitää kitkavoima ylittää. Tästä johtuen käytin hammasvälityksen laskennassa 700 N voimaa.

Vääntömomentin laskenta hammastankokäytölle:

$$Md = \frac{F \cdot Do}{2000}$$



Md= Vääntömomentti

F= Lineaarivoima

Do= Jakohalkaisija

Vääntömomentti laskemiseksi täytyi ensiksi laskea jakohalkaisija. Tätä varten määritin hammaspyörästä moduulin ja hammasluvun. Valitsin moduuliksi 3 ja hammasluvuksi 18, jolloin sain laskettua jakohalkaisija.

Jakohalkaisijan laskenta:

$$Do = m \cdot z$$

m= Moduuli

z= hammasluku

$$Do = 3 \cdot 18$$

$$Do = 54 \text{ mm}$$

Vääntömomentin laskenta:

$$Md = (700 \text{ N} \cdot 54 \text{ mm}) / 2000$$

$$Md = 18,9 \text{ Nmm}$$

Seuraavaksi tarkistin hammaspyörävalmistajan taulukosta hammaspyörän momentin siirtokyvyn. Tässä työssä käytin Mekanexin hammastankovälitystä. Valmistajan taulukko antaa laskennassa käytetylle hammaspyörälle momentinsiirtokyvyksi 21.5 Nmm. Valitsin kyseisen hammastankovälityksen.

Vaihdelaatikon ja moottorin valintaa varten täytyi vielä laskea tarvittava hammaspyörän pyörimisnopeus.

Kuvun liikematka on 4000 mm ja haluttu aukeamisaika 30 s.

Kuvun liikenopeudeksi tuli tällöin

$$4000 \text{ mm} / 30 \text{ s} = 133 \text{ mm/s}$$

Laskin hammaspyörän yhden kierroksen aikana kuljetun matkan:

$$D_o \cdot \pi$$

$$54 \text{ mm} \cdot \pi = 169.646 \text{ mm}$$

Hammaspyörän pyörimisnopeus saatiin, kun jaettiin kuvun liikenopeus hammaspyörän yhdenkierroksen kulkemalla matkalla.

$$133/169.646 = 0,783 \text{ r/s}$$

$$0,783 \cdot 60 = 47.091 \text{ r/min}$$

Tämän jälkeen valitsin ensiksi sopivan servomoottorin. Päädyin ABB:n valmistamaan 9C4.4.30M tyyppiseen moottoriin, jonka pyörimisnopeus on 3000 r/min. Moottorin valinnan jälkeen laskin vaihdelaatikoilta tarvittavan välityssuhteen.

Moottorin pyörimisnopeus: 3000 r/min

Hammaspyörän pyörimisnopeus: 47 r/min

$$\text{Välityssuhde: } 3000/47 = 63.829$$

Valitsin Stöbergin vaihdelaatikon, jonka välityssuhde on 70. Tämä oli kyseisellä valmistajalla välityssuhteeltaan lähinnä oleva vakiovaihdelaatikko. Kun välityssuhde on 70, niin kupu aukeaa alkuperäistä määritystä hitaammin. Alla on laskettu uusi kuvun aukeamiseen kulunut aika:

Hammaspyörän pyörimisnopeus:

$$3000 \text{ r/min} / 70 = 42.857 \text{ r/min}$$

$$42.857 \text{ r/min} / 60 = 0.714286 \text{ r/s}$$

Yhden sekunnin aikana kuljettu matka:

$$169.646 \text{ mm} / 0.714286 \text{ r/s} = 121.176 \text{ mm}$$

Kuvun uusi aukeamisaika:

$$4000 \text{ mm} / 121.176 \text{ mm} = 33 \text{ s}$$

Laskennasta huomataan, että kupu aukeaa vain 3 sekuntia alkumääritystä hitaammin. Jos kappaleen vaihtoja on työvuoron aikana kymmenen, niin tämä tarkoittaa 30 sekunnin lisämenetystä tuottavassa ajassa. Ei ole siis suurta merkitystä tämän kokoluokan kappaleiden hitsauksessa.

Johteiden valinnassa käytin suoraan apuna valmistajan luetteloita, josta valitsin tarvittavat johteet ja lineaarikelkat. Lineaarikelkaksi valitsin Schneebergerin MR25A kelkan. Kyseisen valmistajan lineaarikelkkoja käytetään työstökoneissa. Kelkan maksimi nopeus on 3 m/s eli tässä käytössä kelkan nopeusluokka riittää hyvin.



Kuva 18 Lineaarijohdekelkka

Valitun kelkan kuromankantokyky on pystysuunnassa 49800 N ja poikittais-suunnassa momentin kesto-kyky 733 Nm. Pituussuunnassa momentin kesto-kyky 265 Nm. Kyseinen johdeyksikkö kestää siis tässä käytössä.

Liikkuvat moduulit toisiinsa yhdistäväksi liike-elementiksi valitsin Chamberlanin lineaarikiskon St45GS56.



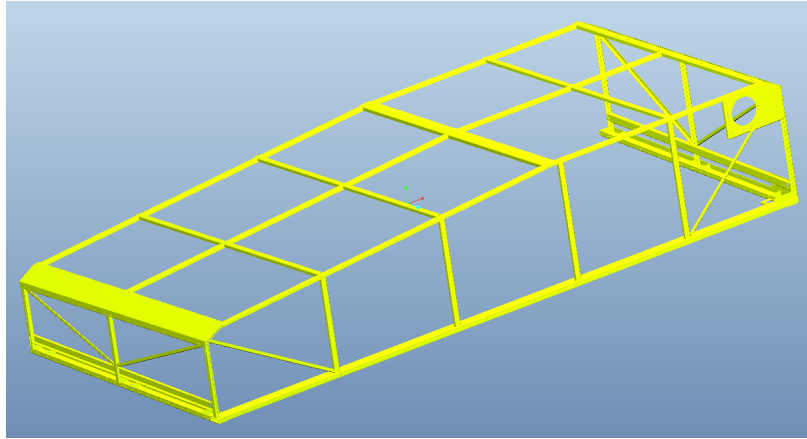
Kuva 19 Lineaarikisko

Kiskon kuormankantokyky pystysuunnassa on 100 kg. Tässä rakenteessa kaksi kappaletta kiskoja kannattelee keskimmäisen liikkuvan moduulin toista päätä ja vasemman pään liikkuvan moduuliin toista päätä. Molemmissa liikkuvissa moduuleissa toinen pää lepää edellä valitun lineaarikelkan päällä. Näistä moduuleista painavin painaa noin 200 kg, joten maksimi kuormaa ei ylitetä. Kiskolle sallittu maksiminopeus on 500 mm/s, joten kuvun aukeaminen ei ylitä sallittua arvoa.

4.4.3 Siirrettävien moduulien rakenne ja valmistettavuus

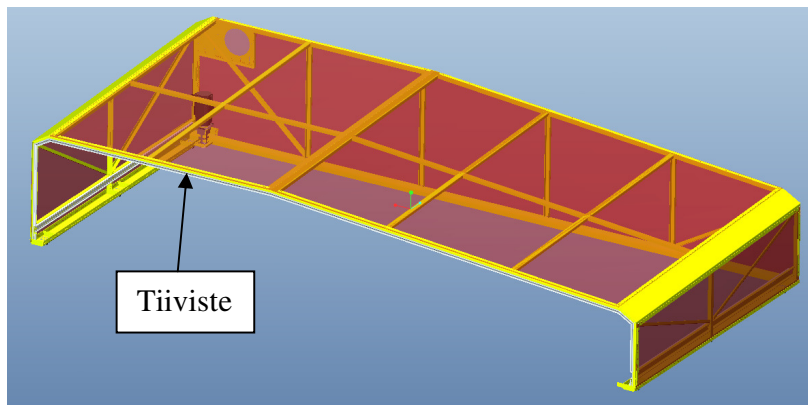
Kaikki kolme liikkuvaa moduulia suunnittelin rakenteeltaan levystä laserilla leikkaamalla ja särmäämällä valmistetuista U- ja L- profiileista. Nämä profiilit muodostavat verkkomaisen kehikon. Näin kehikosta saadaan riittävän kiertäjyyskokonaisuus. Kehikon runko suunniteltiin kasattavaksi hitsaamalla. Tätä työtä helpottamaan pyrittiin toiminnan kannalta tärkeät komponentit suunnittelemaan niin, että niiden muoto paikoittaa ne riittävällä tarkkuudella

oikealle paikalle. Muuten valmistettavuuden kannalta rungossa on paljon osia. En lähtenyt osien lukumäärää minimoimaan, koska tuote valmistetaan kussakin yrityksessä vain kerran. Kyseissä ei ole siis sarjatuotantotuote.



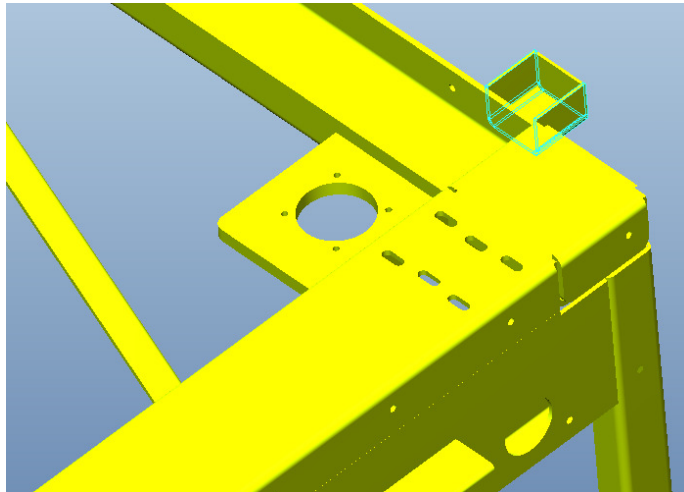
Kuva 20 Siirrettävän moduulin hitsattu runko

Aluksi kehikko oli ajatus päällystää pellillä ja sisäpuolelle laittaa palovilla, joka estää robotin hitsauksesta muodostuvan äänen kaikumisen. Tästä kuitenkin luovuin ja korvasin pellit hitsauspaikoilla käytettävällä ultraviolettisäteilyä estävällä ja palonkestävällä pressulla. Näin sain kupuun riittävästi ääntä imevää materiaalia. Samalla sain kuvun painon pysymään riittävän kevyenä.



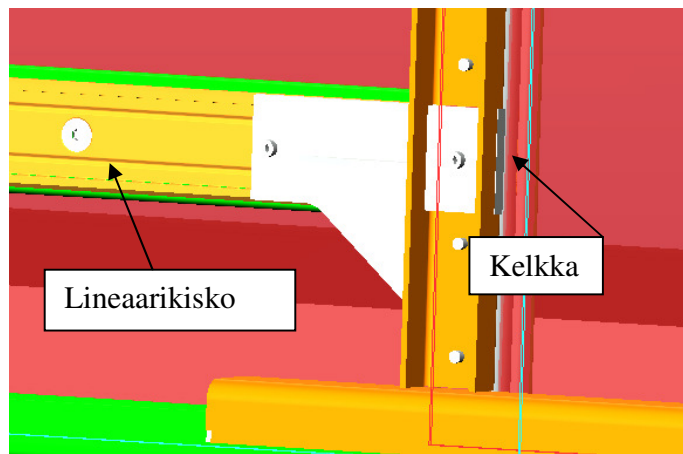
Kuva 21 Toisen pään siirrettävä moduuli

Profiileihin on ruuveilla kiinnitetty tarvittavat pressut, lineaarikiskot, kelkat ja moottorit. Lisäksi aukon reunaan on puristettu tiiviste, joka estää kaasun ja säteilyn leviämisen liikkuvien moduulien välistä halliin.



Kuva 22 Lineaarijohdekelman kiinnitysreiät ja vaihdemoottorin kiinnitysrauta

Pituussuunnassa kulkeviin U-profiileihin on tehty soikeat reiät kelkkojen kiinnitystä varten, jotta kelkat saadaan asennusvaiheessa sovitettua rungossa oleviin johdekiskoihin. Näin pystytään hallitsemaan rungon hitsauksessa tulevia vääntymiä niin, että ne eivät haittaa laitteen toimintaa. Tällä samalla säädöllä säädetään hammastangon käyntivälys sopivaksi.

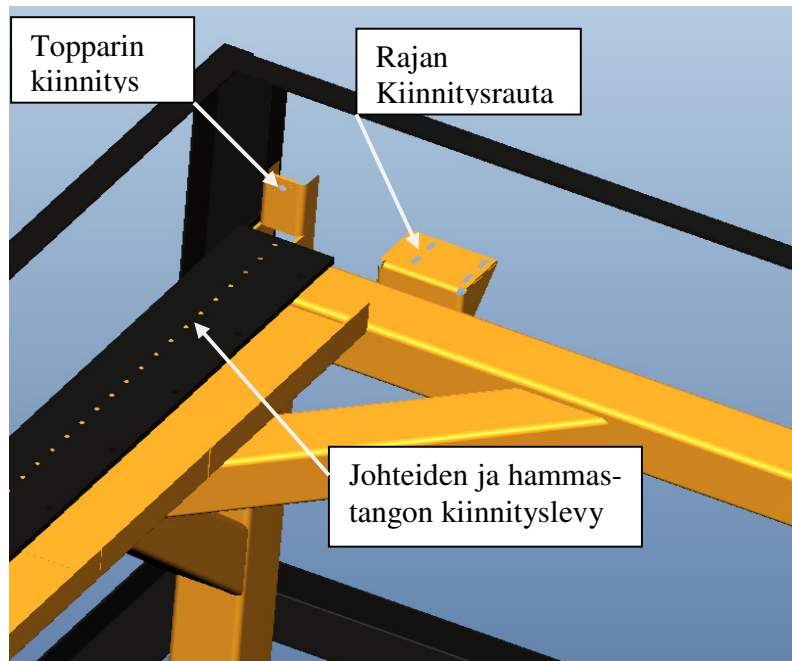


Kuva 23 Lineaarikiskon johde ja kelkka

Lineaarikiskon johde kiinnitetään runkoon uppokantaruuveilla. Toiseen moduuliin kiinnitetään ruuveilla liukukiskon kelkka. Kelkan ja rungonväliin on jätetty molemmille puolille 2 mm säätövara, joka säädetään sopivaksi simmi-levyillä.

4.4.4 Tukirungon rakenne ja valmistettavuus

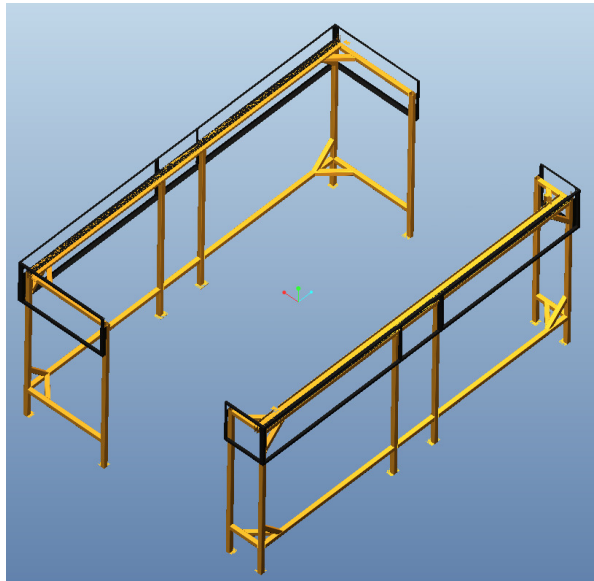
Tukirunko koostuu 80x80 mm neliöputkiprofiilista. Profiilit muodostavat kehikon. Tämän päälle on hitsattu laserilla leikattu 10 mm vahva levy, jossa on tarvittavat kierrereiät johteille ja hammastangolle. Levyjen avulla on helppo paikoittaa kiskot asennusvaiheessa oikealle etäisyydelle toisistaan ja samansuuntaisiksi.



Kuva 24 Varusteluosien kiinnityspaikkoja

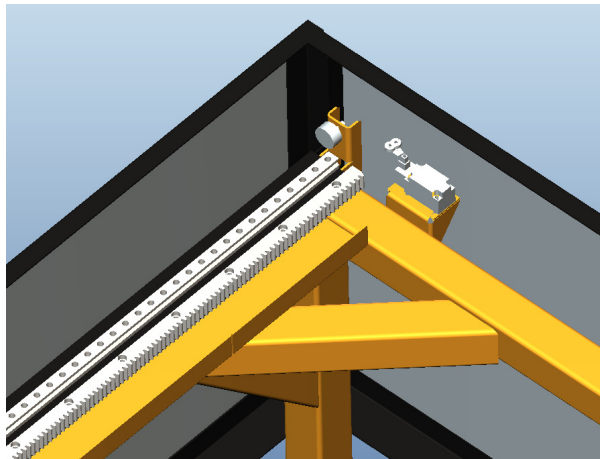
Kaikki muut tarvittavat lisäsuojat ja sormisuoja on tehty levystä laserilla leikatusta ja särmätyistä L- ja U-profiileista. Sähkö- ja automaatio suunnittelu saattaa vielä muuttaa rajojen ja kaapeliteiden paikkoja ja kokoa.

Valitsin rungon putkikooksi sen takia näin ison, jotta liikkeen aiheuttamien voimien takia runko ei lähtisi värähtelemään. Lisäksi tämänkokoiseen putkeen oli helppo kiinnittää päälle tuleva johteiden kiinnityslevy.



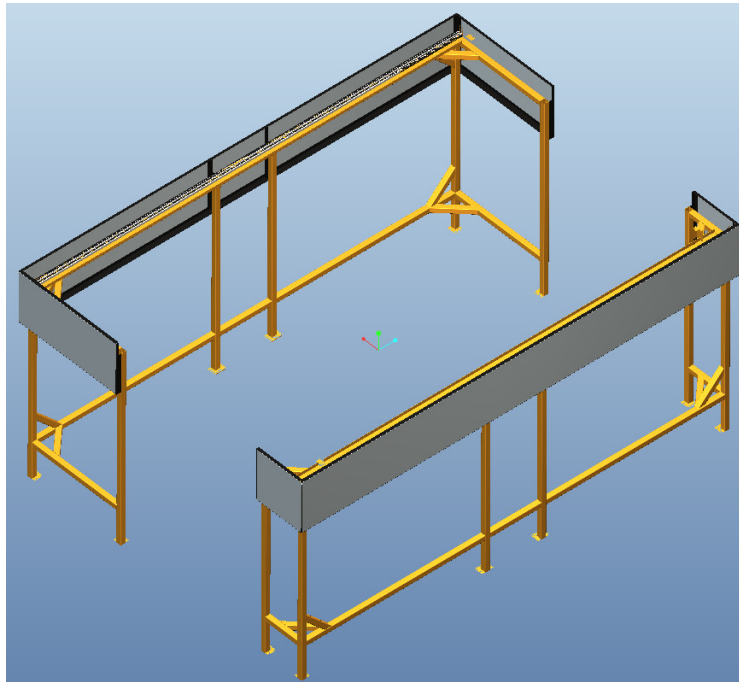
Kuva 25 Hitsattu tukirunko

Rungon varustelukomponentit, toppari, rajakatkasiat, johteet ja hammastanko, kiinnitetään runkoon ruuveilla. Johte ja hammastanko kiinnitetään 10 mm vahvaan levyyn, joka on hitsausvaiheessa linjattu oikealle paikalle. Asennusvaiheessa ei tarvitse enää mitailla hammastangon ja johteen välistä etäisyyttä. Riittää kun katsotaan, että ne ovat samansuuntaisia ja suorassa.



Kuva 26 Johteen hammastangon rajan ja topparin sijainti

Rungon ulkoreunaan tulevat suojapellit kiinnitetään ulkoa päin lopuksi poraruuveilla. Näin ei tarvitse suojapeltien kiinnitykseen tehdä erikseen kierre-reikiä. Samalla suojapellit ovat huoltotoimenpiteiden ajaksi irrotettavissa.



Kuva 27 Runko varusteltuna

4.4.5 Vaaranarviointi

Suojakupu on osa automaatiojärjestelmää, joten lain mukaan kone on suojattava, että työntekijät eivät pääse koneen vaara-alueelle. Tässä tapauksessa liikkuvaan kupuun ei ylety normaaleissa työtehtävissä koskemaan, sillä suojaaidan korkeus on 3200 mm. Lisäksi kuvun liike on rajoitettu rajakytkimillä niin, että kupua ei voi liikuttaa moottorilla, jos robottiaseman suojaovet ovat auki. Tällä estetään se, että kupu ei voi liikkua silloin, kun robottiaseman sisällä joudutaan tekemään huolto- tai asetustoimenpiteitä.

Mahdollisia vaaranpaikkoja, joissa voisi sattua tapaturma, ovat pyörivän hammaspyörän ja hammastangonväli, liikkuvien kuvun moduulien välinen rako (15 mm) ja kuvun ja tukirungon väliin jäävä rako (pienimillään 32 mm). Nämä kaikki riskit aiheuttaisivat litistymis- tai puristumisvaaran. Kuvun ja rungon väliin voi jäädä vartalo silloin, kun kupu on auki ja nousee tikapuille jotakin korjaamaan ja samalla kupu ajetaan kiinni.

Taulukko 4 Vaaran arviointi taulukko

VAARAN TUNNISTAMINEN Suojakupu				
Nro:	Vaara	Vamma	Esiintymis- todennäköi- syys	Poisto / suojaus
1	Pyörivä hammaspyörä ja hammas-tanko	Sormen ruhjoutuminen, pienihaitta	Pieni, sijaitsee korkealla, mahdollinen huollettaessa.	Poistettu sormisuojaalla ja liikkuminen estetty ovien ollessa auki, huoltohenkilökunnan koulutus
2	Liikkuvien kupumoduulien väli (15 mm)	Sormi ruhjoutuminen, pienihaitta	Pieni, sijaitsee korkealla, mahdollinen huollettaessa.	Liikkuminen estetty ovien ollessa auki ja huoltohenkilökunnan koulutus
3	Kupumoduulien ja tukirungon väli (min 32 mm)	Ruhjoutuminen, vakava haitta	Pieni, sijaitsee korkealla, mahdollinen huollettaessa.	Liikkuminen estetty ovien ollessa auki ja huoltohenkilökunnan koulutus

Taulukosta huomataan, että tavallisen robottiaseman käyttäjän kannalta suojakupuun ei jää vaaratekijöitä. Kaikki vaaratekijät liittyvät kuvun huoltotoimenpiteisiin.

5 LOPPUTULOKSET JA POHDINTA

Mielestäni työssä saavutettiin työlle asetetut tavoitteet. Sain luotua kokonaisuuden, jota muokkaamalla kukin yritys voi tehdä heidän vaatimustensa mukaisen suojakuvun. Työhön jäi osien osalta varmasti parannettavaa ja mahdollisesti yksinkertaistettavaa. Pääsin työllä kuitenkin alkuperäisiin tavoitteisiin ja joitakin esisuunnitteluvaiheessa määriteltyjä asioita pääsin uusilla materiaalivalinnoilla ja teknisillä ratkaisuilla poistamaan. Näitä asioita ovat palovilla ja katon suojapellit ja liikuteltavan poistoilmakanavan tarpeen poistuminen. Kustannuksiltaan kupu ei ole varmastikaan halvin mahdollinen, sillä automaation tuomat komponenttivalinnat nostavat kuvun hintaa. Mutta tällä tavalla kuvusta saadaan käyttäjän kannalta kaikista vaivattomin käyttöä.

Minulle tämä työ antoi haastetta siinä, millä tavalla teknisesti tämä saatiin toteutettua. Vaikka olen työssäni ollut hitsaamossa ja ohjelmoinut hitsausrobottia, toi opinnäytetyöprosessi hitsaushaittojen osalta esiin sellaisia asioita, joita ei normaalisti tule mietittyä ja otettua huomioon.

5.1 Tulevaisuus

Jos tulevaisuudessa työskentelen hitsauksen parissa, osaan tämän tarkastelun pohjalta suhtautua vakavammin hitsauksen tuottamiin haittoihin. Lisäksi työn pohjalta pystyy perustelemaan, miksi hitsauksen haittojen poistamiseen kannattaa satsata. Eli tulevaisuudessa tulen käyttämään tätä työtä ylempien johtajien herättelijänä hitsauksen vaaroihin, jotta yritykseen saadaan kunnolliset suojaukset hitsaamoon.

Jatkossa voitaisiin tukia, millä keinoilla työn ulkopuolelle rajattua hitsausrobotin tuottamaa melua voitaisiin vähentää. Lisäksi suojakuvun rakennetta voitaisiin miettiä enemmän valmistuksen kannalta, jotta valmistuskustannuksia saataisiin mahdollisesti pienennettyä.

LÄHTEET

HTP-arvot 2009. Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet. Sosiaali- ja terveysministeriö 11.

Lukkari, J. 2006. Terveys ja turvallisuus hitsauksessa. Hitsausuutiset 2, 4-21.

Lukkari, J. 2006a. Tulityöt. 4. Terveys ja turvallisuus hitsauksessa. Helsinki: Suomen pelastusalan keskusjärjestö SPEK.

MetSta 2009. Koneturvallisuuden standardit. Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry. Viitattu 12.11.2011.
http://www.sfsedu.fi/www/fi/kone-tuotanto-ja_materiaalitekniikka/apua_opetukseen_ja_oppimiseen/luentoaineisto/index.php

Pääkkönen, R. & Rantanen, S. 2008. Työhygieniä. Kemialliset ja fysikaaliset tekijät. Tampere: Työsuojeluhallinto.

STMp, Sosiaali- ja terveysministeriön päätös ionisoimattoman säteilyn altistuksen enimmäisarvoista nro 1474/1991. 27.3.1991.

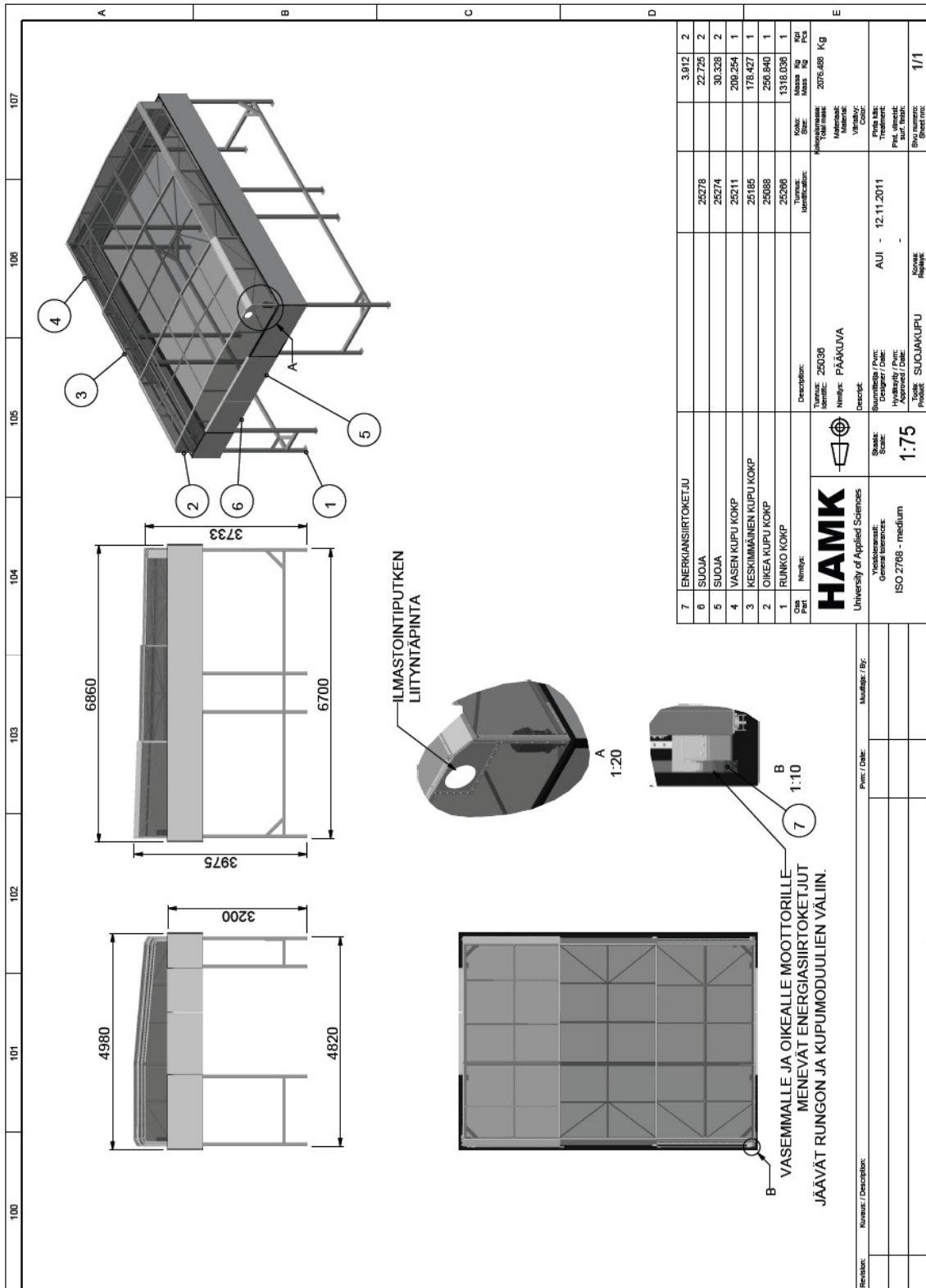
STUK 2008. Säteily- ja ydinturvallisuuskatsauksia. Ultraviolettisäteily ja ihminen. Säteilyturvakeskus. Viitattu 12.11.2011.
http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/fi_FI/katsaukset_files/12222632510026363/default/UV_ja_Ihminen_web.pdf

Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 16, 2007. Koneturvallisuus, Koneen vaarojen arvioinnista CE -merkintään. Tampere: Työsuojeluhallinto.

VNa, Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta nro 403/2008. 12.6.2008.

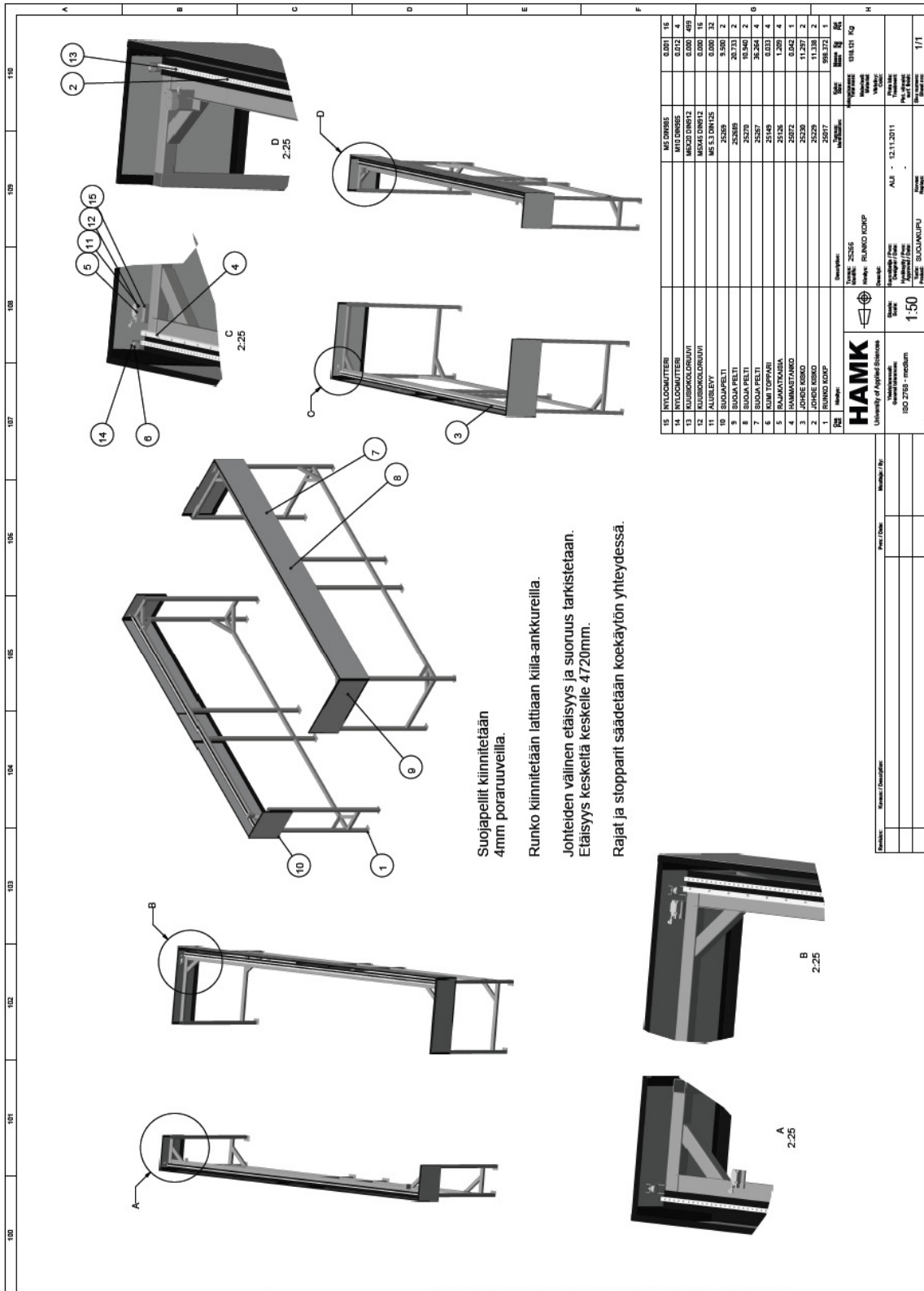
VNa, Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta nro 400/2008. 12.6.2008.

PÄÄKUVA



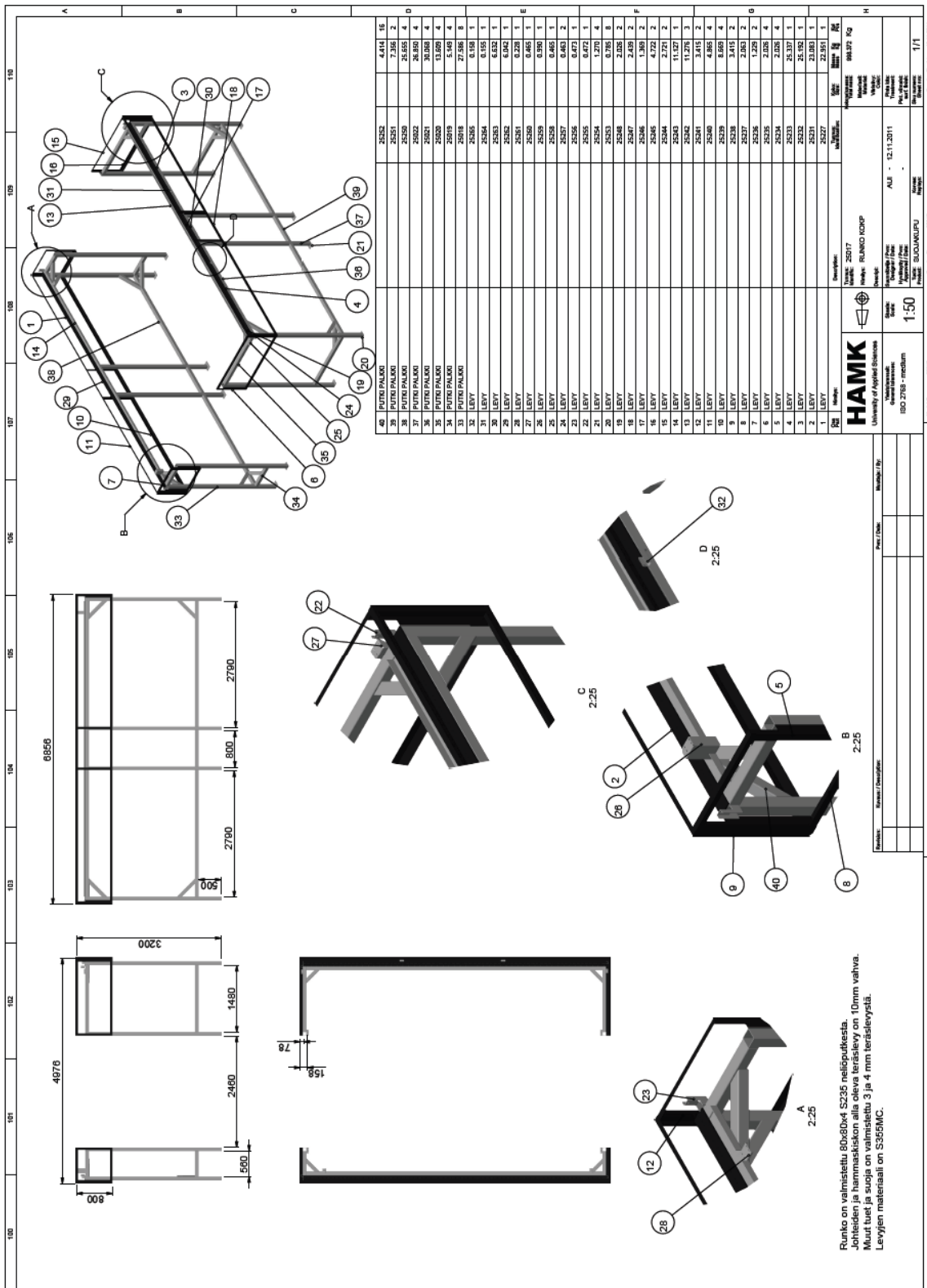
This document is a technical drawing and its reproduction or distribution in any form or by any means, without the written permission of HAMK, is prohibited.

RUNKO



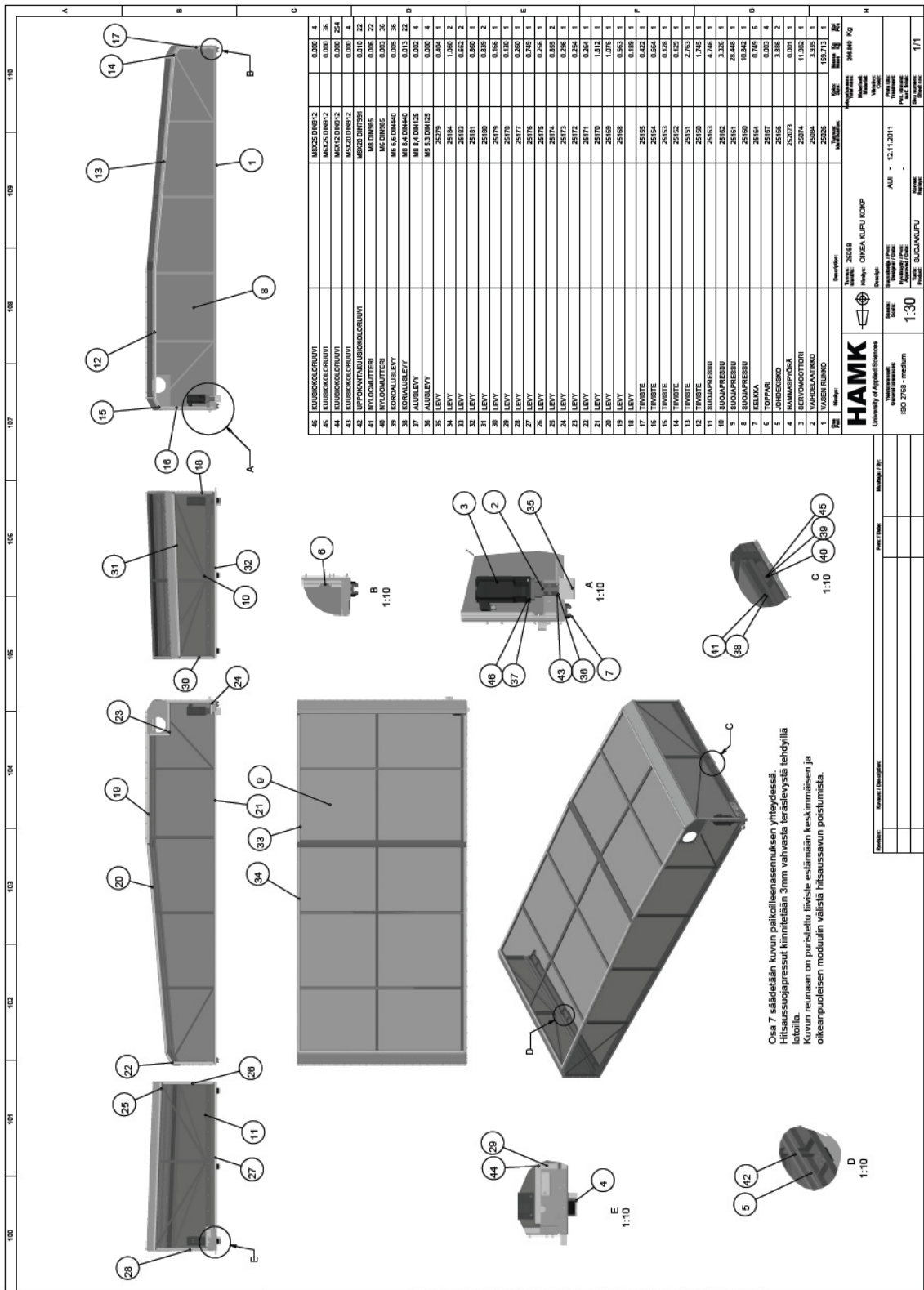
Suojapellit kiinnitetään 4mm poraruuveilla.
Runko kiinnitetään lattiaan kiila-ankureilla.
Johteiden välinen etäisyys ja suoruus tarkistetaan.
Etäisyys keskeiltä keskeille 4720mm.
Rajat ja stopparit säädetään koekäytön yhteydessä.

RUNGON TERÄSRAKENNE

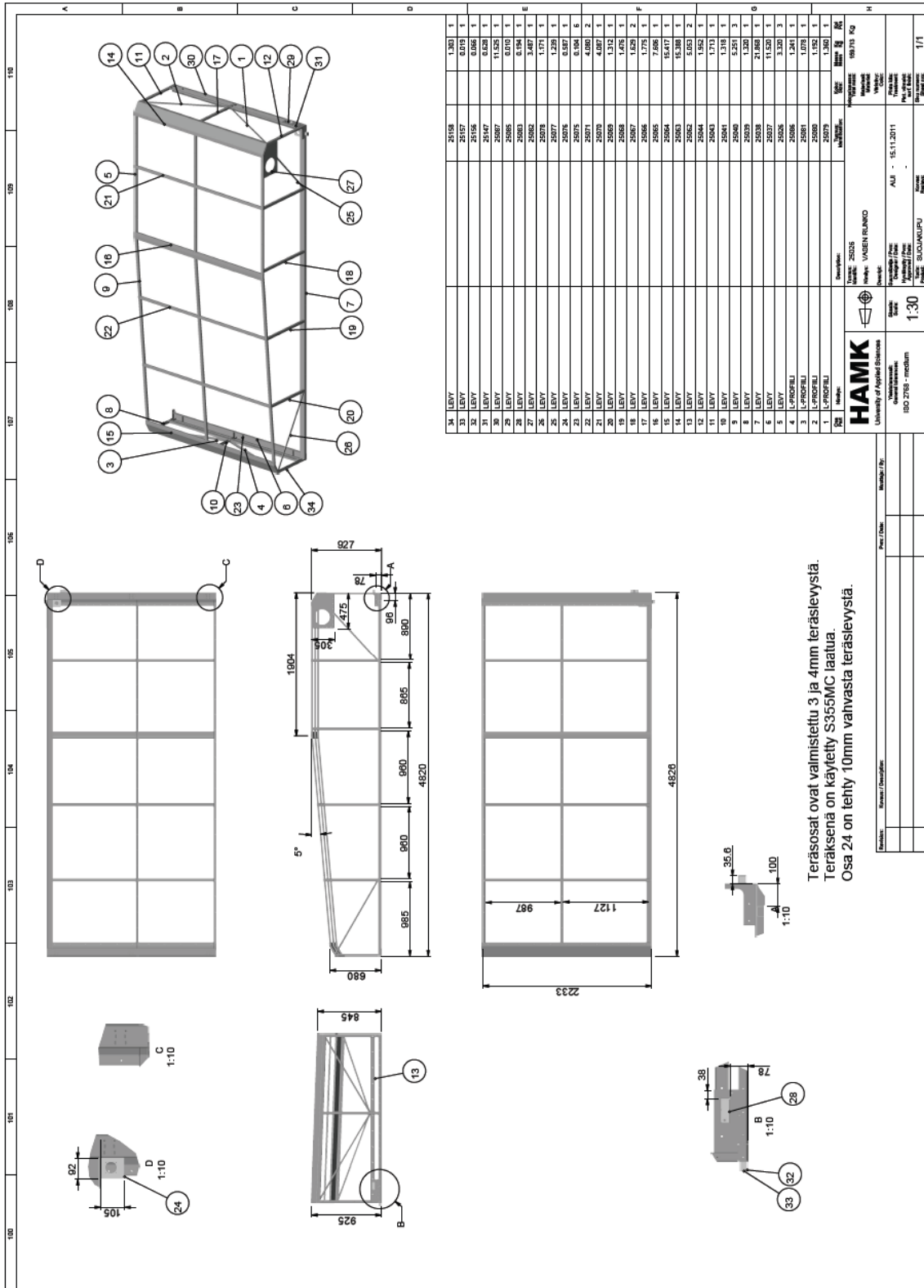


Runko on valmistettu 80x80x4 S235 nelispuikkista.
Johdeiden ja hammaskakon alla oleva teräslevy on 10mm vahva.
Muut tuet ja suojat on valmistettu 3 ja 4 mm teräslevystä.
Levyjen materiaali on S355MC.

OIKEA KUPUMODUULI

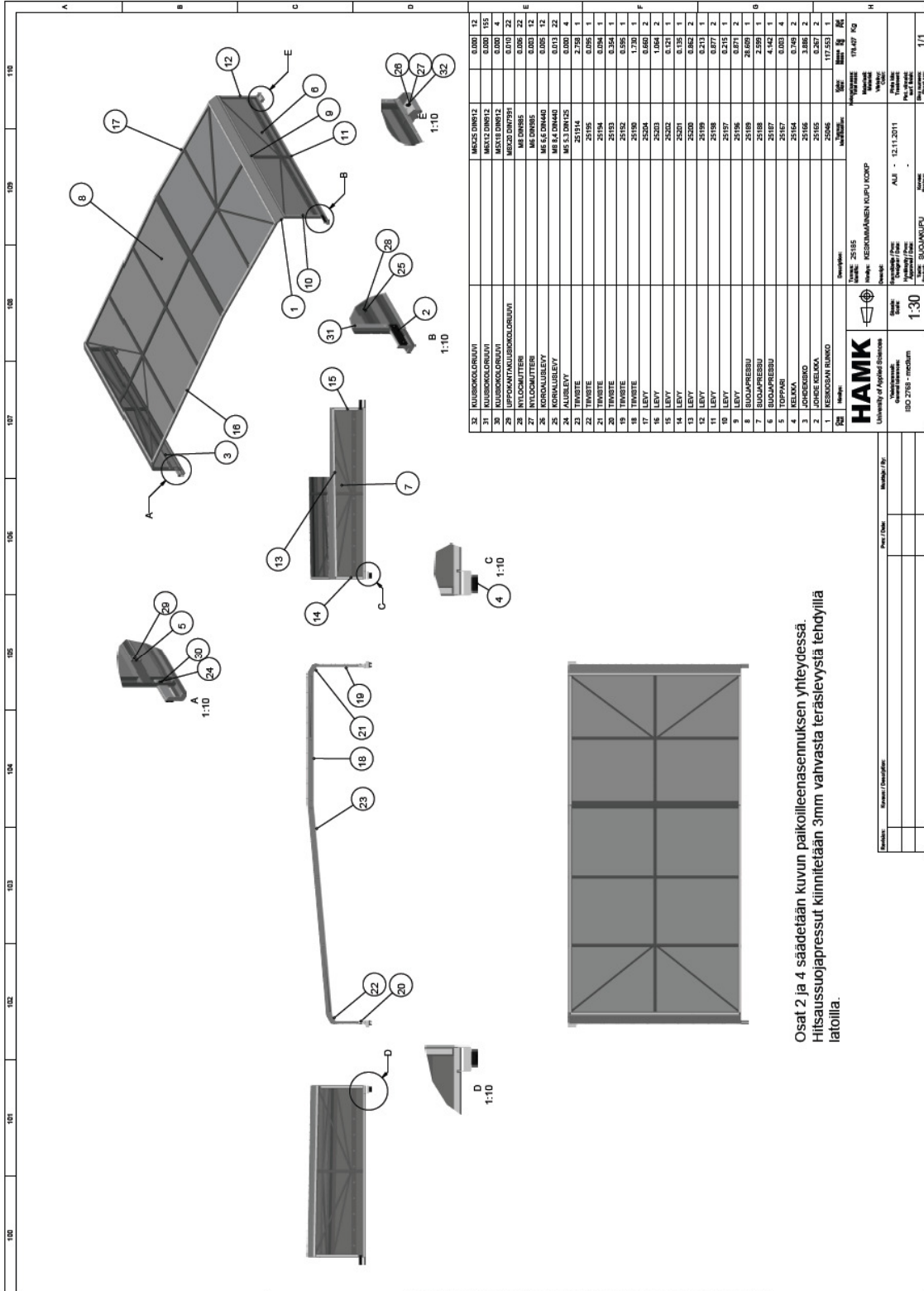


OIKEAN KUPUMODUULIN TERÄSRAKENNE



Teräsrakenteet valmistettu 3 ja 4mm teräsvivystä.
 Teräsrakenä on käytetty S355MC laattaa.
 Osa 24 on tehty 10mm vahvasta teräsvivystä.

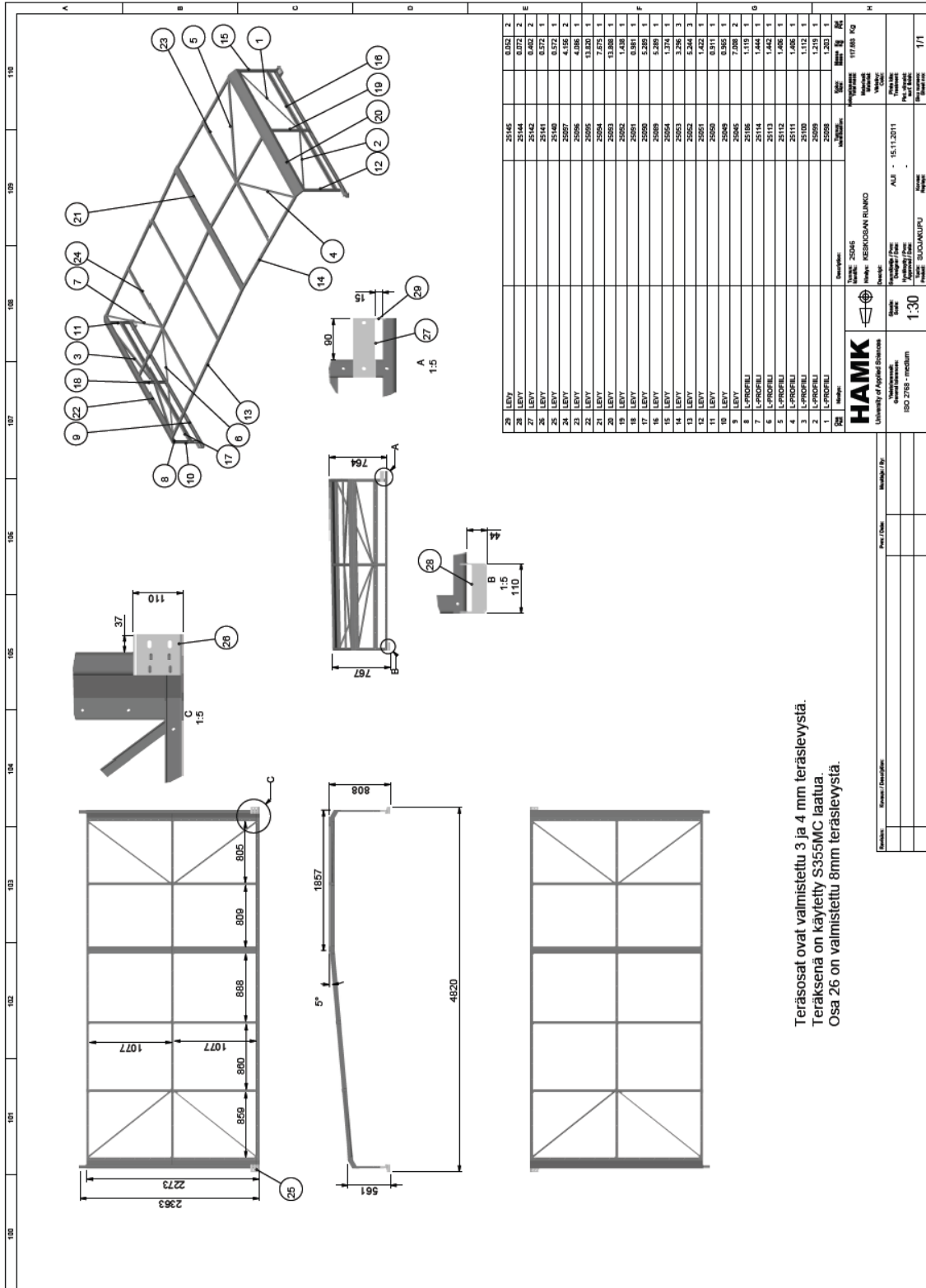
KESKIMMÄINEN KUPUMODUULI



Osat 2 ja 4 säädetään kuvun paikoilleenasennuksen yhteydessä. Hitsausuojapressut kiinnitetään 3mm vahvasta teräslevystä tehoyliä lattoilla.

Logo	HAMK
University of Applied Sciences	
Business School	
Department	AMK - 52.1.2011
Scale	1:30
Author	BOJ 2/16 - mittamies
Project	SOODAMUUPU
Version	001
Sheet No.	1/1

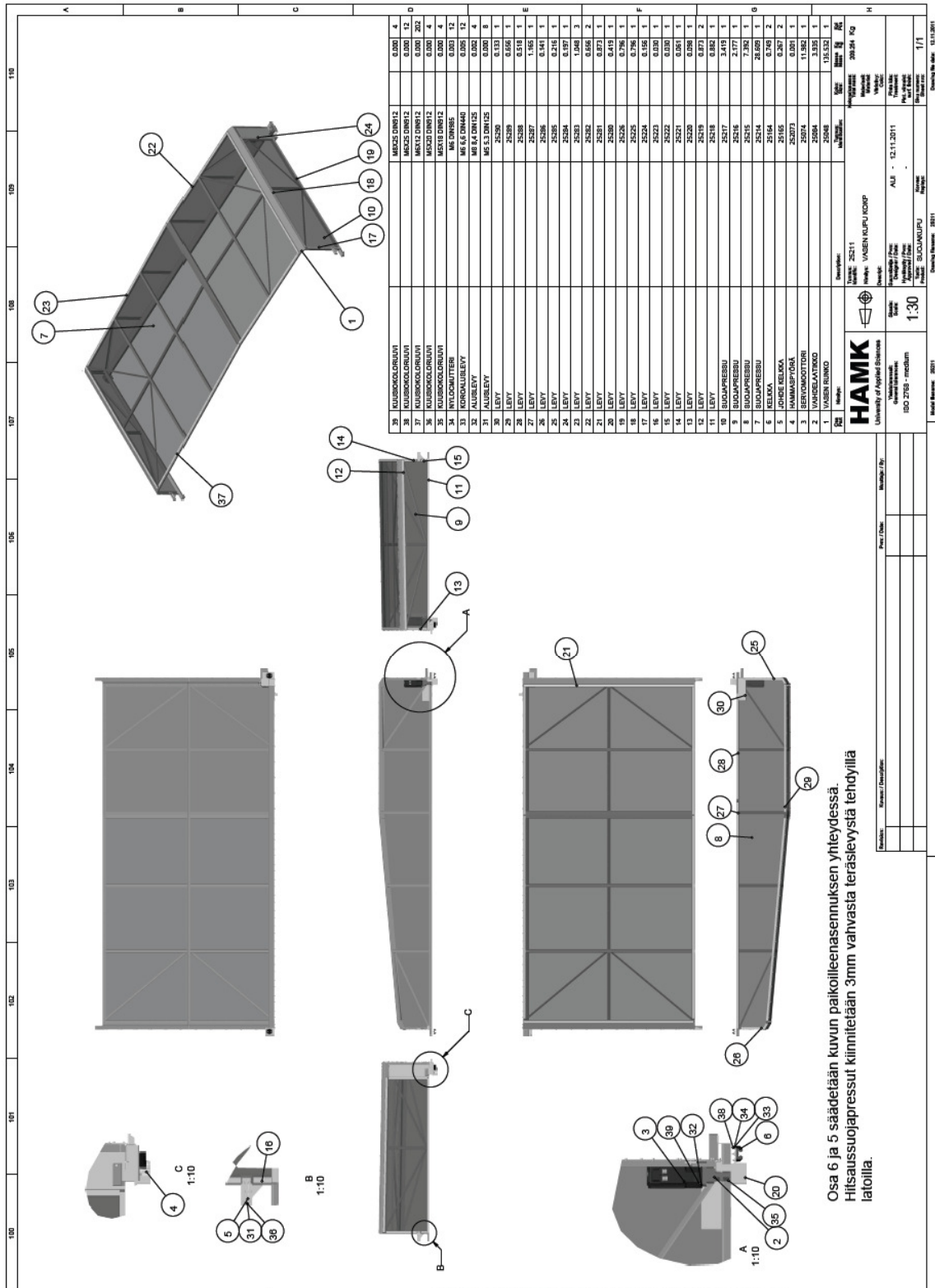
KESKIMMÄISEN KUPUMODUULIN TERÄSRAKENNE



Teräsosat valmistettu 3 ja 4 mm teräslievystä.
 Teräksenä on käytetty S:355MC laatua.
 Osa 26 on valmistettu 8mm teräslievystä.

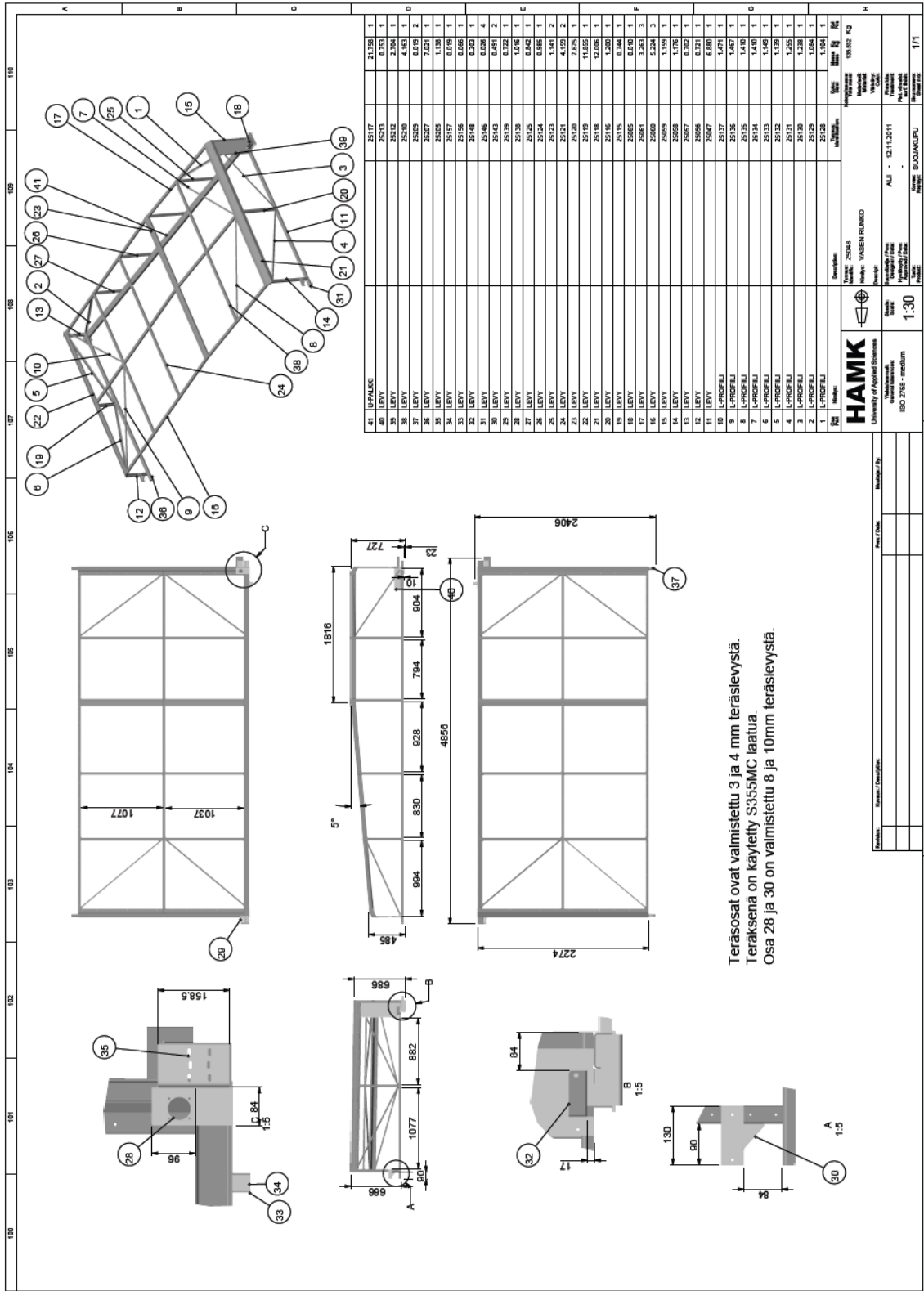
HAMK University of Applied Sciences Helsingin ammattikorkeakoulu ammattikorkeakoulu		Nimi: KESKIMMÄINEN KUPU Alue: 15.1.2011 Muutokset: 0 Tekijä: SAKKAKUPU		Suuruus: 1:30 Määrä: 1/1
Keskittämisen / Oikeudenkäynnin Päivä / Oikeus	Keskittämisen / Oikeudenkäynnin Päivä / Oikeus	Keskittämisen / Oikeudenkäynnin Päivä / Oikeus	Keskittämisen / Oikeudenkäynnin Päivä / Oikeus	Keskittämisen / Oikeudenkäynnin Päivä / Oikeus

VASEN KUPUMODUULI



Osa 6 ja 5 säädetään kuvun paikoilleen asennuksen yhteydessä.
Hitsausuujapressut kiinnitetään 3mm vahvasta teräslevystä tehdyillä lattoilla.

VASEMMAN KUPUMODUULIN TERÄSRAKENNE



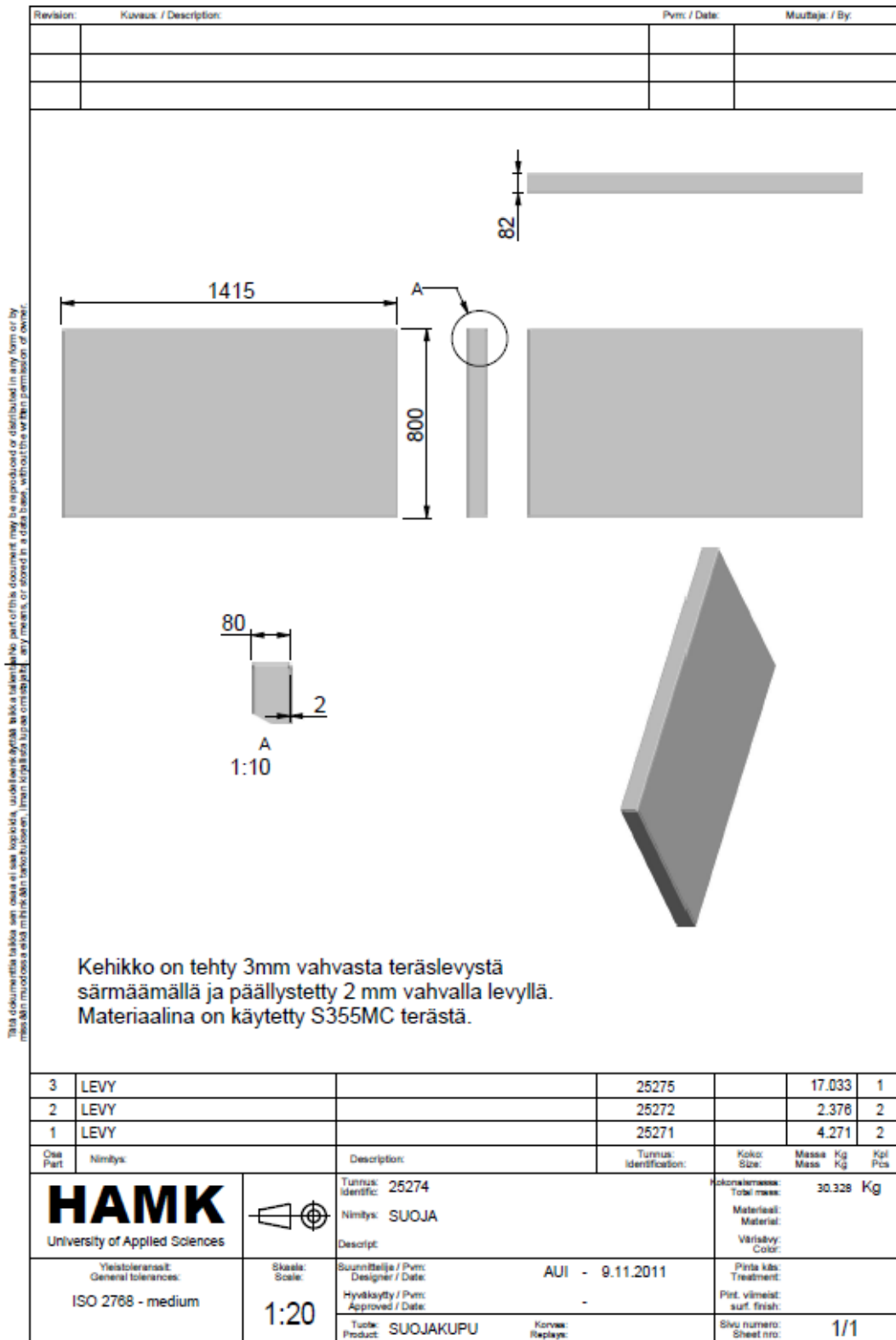
Teräsosat ovat valmistettu 3 ja 4 mm teräslevyistä.
 Teräksenä on käytetty S355MC laatua.
 Osa 28 ja 30 on valmistettu 8 ja 10mm teräslevyistä.

HAMK
 University of Applied Sciences
 Institute of Technology
 P.O. Box 357
 FIN-00001
 HAMINA

ISO 2788 - mittakaava
 1:30

Projekti: VASEN RAKENNE
 Suunnittelija: ALI - 12.11.2011
 Tarkastaja: BUCANAKURU
 Mallin nimi: 2048
 Suunnittelun päivä: 11.11.2011

ISOMMAN OVEN JATKE



PIENEMMÄN OVEN JATKE

