



Satakunnan ammattikorkeakoulu

Timo Jalonen

KOEPPONNISTUSTYÖPISTEEN SUUNNITTELU

Tekniikka Pori

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Koneensuunnittelun suuntautumisvaihtoehto

2008

KOEPONNISTUSTYÖPISTEEN SUUNNITTELU

Jalonen, Timo
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Huhtikuu 2008
Vaajasalmi, Matti
UDK: 331.45, 658.5
Sivumäärä: 45

Asiasanat: ergonomia, työasennot, valaistus, työsuojelu

Tämän opinnäytetyön päämääränä oli suunnitella mahdollisimman helppokäyttöinen ja ergonomisesti oikein tehty energiavaraajien koeponnistustyöpiste Kaukora Oy:n käyttöön Turkuun, Orikedolle.

Kun oikeita työasentoja sekä työpisteen mittasuhteita määritettiin, käytettiin erilaisia 3d-mallinnuksia, joilla saatiin realistinen kuva työpisteestä, jolloin toteuttaminen tulisi mahdollisimman vaivattomaksi.

Kun työympäristöä suunniteltiin, perehdyttiin erityisesti valaistukseen ja valaistustehon määrittämiseen. Yleisvalaistuksen tehottomuuden korjaamiseen löydettiin helpoja, edullisia ja hyviä ratkaisuja erilaisista lisävalaistusmahdollisuuksista. Valaistus-suunnittelussa käytettiin erityistä valaistussuunnitteluohjelmistoa jolla määritettiin lisävalaistuksen tarve erittäin tarkasti.

Työpisteeseen suunniteltiin lisäksi täysin uudenlainen energiavaraajien työtuki, jonka tarkoituksena oli tehdä koeponnistustyöstä helppoa ja vaivatonta. Työtuki oli työn suurin haaste, koska työtuen tarkoituksena oli parantaa työpisteen ergonomiaa ja työasentoja.

Kun työpisteen suunnitteluja tehtiin, varmistuttiin jokaisessa vaiheessa siitä, että valittu ratkaisuvaihtoehto paransi jollain tavalla työympäristöä. Tällä tavalla varmistuttiin siitä, että työpisteen fyysisen ergonomian parannus tulisi valmiissa työpisteessä olemaan merkittävä verrattuna edelliseen työpisteeseen.

Koska suunnittelussa otettiin huomioon tuotantotehokkuuden kasvaminen, voitiin lopuksi todeta, että työpiste mahdollisti lähes kaksinkertaisen tuoton siinä tehtyjen parannusten ja muutosten jälkeen.

DESIGNING A WORK PLACE FOR PRESSURE TESTING

Jalonen, Timo
Satakunta University of Applied Sciences
Technology Pori
Mechanical and Production Engineering
April 2008
Vaajasalmi, Matti
UDC: 331.45, 658.5
Number of Pages: 45

Key Words: ergonomics, work postures, lighting, industrial safety

The goal of this final year project was to design a work place for energy accumulators' pressure testing. The designed work place will be used in Kaukora Oy's factory in Oriketo, Turku.

Different 3d-modeling software was used when correct work postures and dimensions were determined. 3d-modeling software was also used to produce realistic images of the work place and to facilitate the construction of the work place.

Special attention was given to lighting and lighting efficiency when working environment was designed. Good, low-cost and easy solutions were found from additional lighting possibilities to improve general lighting inefficiency. The lighting plan was made with special lighting plan software by which additional lighting need was determined precisely.

A new work support for energy accumulators was also designed for the work place. The purpose of the new work support was to make pressure testing work as easy as possible. Designing the new work support was the most challenging part of this project because the purpose of the work was to improve ergonomics and work postures in the work place.

In every step of the design process it was made sure that every selected solution will somehow improve the working environment. Thus it was made sure that the improvement in ergonomics would be significant compared to the former work place.

The design part of the project also took into account increasing efficiency. In conclusion, the increase of efficiency was clear because the work place made it possible to double the productivity after improvements and changes.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	KAUKORA OY	6
3	TYÖPISTEEN SUUNNITTELU	7
3.1	Koeponnistustyö	8
3.2	Koeponnistustyöpiste.....	9
3.2.1	Työtasot.....	11
3.2.2	Valaistus	12
3.2.3	Viemäröinti	12
3.2.4	Työvälineiden sijoittelu.....	13
3.2.5	Tilat varaajien ympärillä	13
3.3	Koeponnistusveden sijoitus	14
4	LAYOUT SUUNNITTELU.....	15
4.1	Layout suunnittelun merkitys työpistettä suunniteltaessa	15
5	ERGONOMIA.....	15
5.1	Fyysinen ergonomia.....	16
5.2	Kognitiivinen ergonomia	16
5.3	Organisaatioergonomia.....	16
5.4	Psykologinen ergonomia.....	17
6	HENKILÖKOHTAINEN SUOJAUS	17
6.1	Suojavälineet koeponnistustyössä.....	18
6.2	Kohdepoisto	18
6.2.1	Hitsauksessa syntyvät haitalliset kaasut.....	18
6.3	Hitsausmaski.....	19
6.4	Työasennot.....	19
7	TUTKIMUSMENETELMÄT.....	20
7.1	3d-mallinteen tarkastelu.....	21
7.2	Valaistusvoimakkuusmittaukset	21
7.3	Valaistusmallin tarkastelu.....	22
8	VALITUT JÄRJESTELYT.....	23
8.1	Varaajien työtuki.....	23
8.1.1	Varaajien työtuen toimintaperiaate	24
8.1.2	Työtuen muunneltavuus	25
8.1.3	Työtuen lujuuslaskenta.....	26
8.2	Työpöytä ja säilytyslaatikot	27
8.3	Ylijäävän veden kerääminen.....	27

8.4 Hitsauslaitteiden sijoitus	28
8.5 Koeponnistusveden pumppu	29
8.6 Koeponnistusveden säilytys	30
8.6.1 Koeponnistusveden telineen kestävyys	30
8.7 Lisävalaistus	32
9 TULOKSET	35
9.1 Työpisteen ergonomia	35
9.1.1 Työskentelykorkeudet	35
9.1.2 Valaistus	35
9.2 Viemäröinti	37
10 TULOKSIEN TARKASTELU	37
10.1 Koeponnistustyöpiste kokonaisuudessaan	37
11 YHTEENVETO	38
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tämän lopputyön tarkoituksena on suunnitella mahdollisimman helppokäyttöinen ja ergonomisesti oikein suunniteltu koeponnistustyöpiste Kaukora Oy:n käyttöön Turkuun, Orikedolle.

Ergonomian merkitys työympäristöä ja työpisteitä suunniteltaessa on uudelle vuosituhannelle tultaessa kasvanut huomattavasti. Ergonomiatiedon käyttö työpisteitä suunnitellessa tuo konkreettisia etuja, muun muassa edistämällä työn tehokkuutta ja mukavuutta. Näin tavallinenkin linjatyö on muuttunut ajan myötä mukavammaksi ja tehokkaammaksi.

Kaukora Oy hyödyntää lopputyötä rakentaessaan uuden koeponnistustyöpiesteen energiavaraajien koeponnistusta varten.

2 KAUKORA OY

Kaukora Oy on LVS-alan johtavia laitevalmistajia Suomessa. Yritys on perustettu vuonna 1976 ja tähän päivään mennessä Kaukora Oy on valmistanut lähes 500 000 Jäspi-lämmityslaitetta.

Kaukora Oy:n tuotteet valmistetaan nykyaikaisin menetelmin ja konein. Jäspi-tuotteissa on panostettu luotettavuuteen, toimivuuteen, kestävyYTEEN sekä tehokkuuteen, näin ollen Jäspi-lämmitystuotteita voidaan kutsua erittäin hyväksi vaihtoehtoiksi rakentajille ja peruskorjaajille.

Vuonna 2006 yhtiön liikevaihto oli 25 miljoonaa euroa, josta viennin osuus oli kolmannes. Tärkeimpiä vientimaita ovat Ruotsi, Venäjä, Saksa, Baltian-maat sekä Japani.

Jäspi-tuotteet valmistetaan Kaukora Oy:n tehtailla Raisiossa ja Turussa. Valmistettaviin tuotteisiin kuuluu vedenlämmittimet, lämmityskattilat, lämminvesivaraajat, kaukolämpölaitteet sekä aurinkoenergalaitteet.

3 TYÖPISTEEN SUUNNITTELU

Kun työpisteen suunnittelu aloitettiin, huomioon otettiin entisen koeponnistustyöpisteen layoutin hyvät ja huonot puolet sekä uudistuneet työpisteen vaatimukset ja ergonomiasuunnittelun tarve.

Ergonomiasuunnittelun tavoitteena on ihmisen mukainen ja tuottava työ ja työpaikka. Ergonomiasuunnittelussa käytetään hyväksi tietoa ihmisestä, ihmisen toimintarajoista kyvyistä ja tarpeista. Nämä tiedot on muokattu suunnittelussa helposti käytettävään muotoon, yleisperiaatteiksi ja tarkistuslistoiksi sekä suunnitteluohjeiksi. Suunnittelussa tarvittavaa tietoa ja kokemusta on myös paljon käyttäjillä ja yrityksen eri asiantuntijoilla – nämä tiedot otetaan sujuvilla toimintatavoilla käyttöön. Ihmisen toimintaa arvioidaan ja kehitetään jo suunnitteluvaiheessa.

Tähän on monia ergonomian keinoja, kuten kokeilut, mallintamiset ja simulaatiot. Yleisohjeina työpisteiden suunnittelussa toimii myös viranomaisten ja työsuojelupiirien tekemät määräykset ja ohjeistukset.

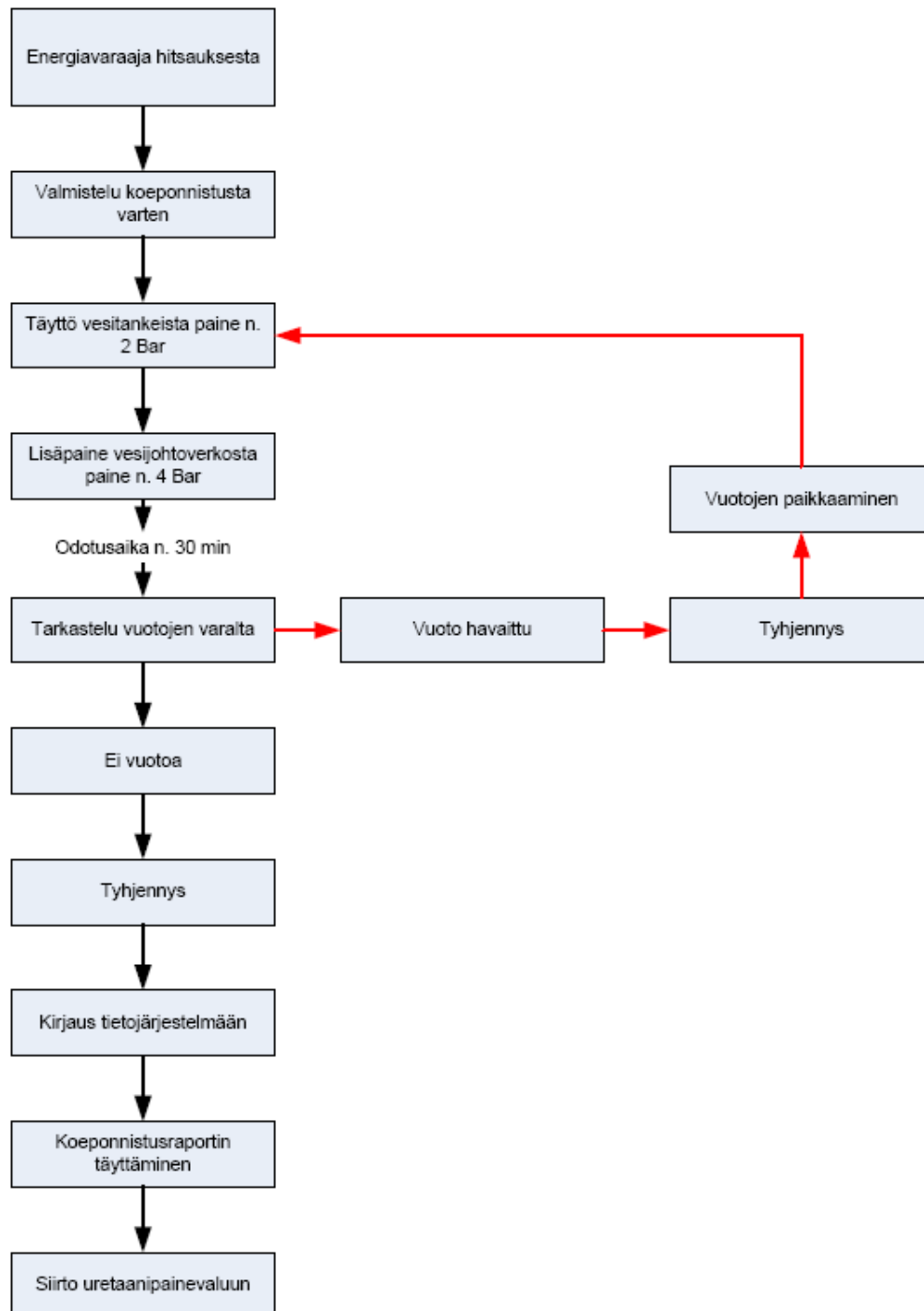
Työpistettä suunniteltaessa ja oikeiden etäisyyksien hakemisessa käytettiin 3d-mallintamista SolidWorks-ohjelmistolla.

3.1 Koeponnistustyö

Kaukora Oy:n, Orikedon toimipisteen koeponnistustyöpisteessä koeponnistetaan Jäspi-tuoteperheeseen kuuluvia energiavaraajia (Ovali 1.0 - 2.4 ja Jämä Pakki 1200 - 1800). Kaukora Oy:n, Orikedon toimipisteessä on tarkoitus alkaa valmistaa kaikki Ovali-tyyppiset varaajat. Koeponnistustyöpisteelle oli haettava uusi paikka laajenuksena rakennetusta hallista. Tarkoituksena on saada koeponnistustyöpiste sekä uretaanipainevalupiste saman kuljetinjärjestelmän äärelle. Etuna suunnitellulla järjestelyllä on myös työturvallisuuden parantaminen, koska trukeilla tehdyt varaajien siirrot työpisteestä toiseen poistuvat ja näin ollen trukkiliikenne vähenee halleissa huomattavasti. Aiemmin Ovali-tyypin energiavaraaja toimitettiin painevaluun Kaukora Oy:n tehtaalle Raisioon. Näin toimittaessa Ovali-varaajia kuljetettiin hitsauspisteestä, ensin koeponnistukseen, jonka jälkeen lastausalueelle.

Näin toimittaessa tapahtui varaajien siirto trukeilla, jolloin suuret ulkomitat omaavien säiliöiden kuljettaminen ahtaassa hallissa oli paitsi turvallisuusriski ja aikaa vievää toimintaa, koska oviaukkojen kohdalla aukkojen kapeus tulee toisinaan ongelmaksi. Energiavaraajia koeponnistetaan vuodessa 1000 - 1500 kappaletta, eli n. 10 - 20 sarjaa. Sarjakoot riippuvat tilauksien määrästä ja toimitusajankohdista.

Kuvasta 5.1 voidaan nähdä tyypillisen koeponnistustyön läpivienti. Kuvaa tutkittaessa on huomioitava, että koeponnistusaika yhtä säiliötä kohden on yleensä noin 45 minuuttia, koska pelkästään täyttö ja tyhjennys yhteensä kestää suuren vesimäärän vuoksi n. 20 minuuttia. Pahimmillaan työn kesto saattaa olla jopa 1.5 tuntia, mikäli säiliön hitseissä on paljon vuotoja. Vaikka säiliöt on likipitään kaikki tehty ns. samasta muotista, on mahdollista, että robottihitsauksessa tulee joitain ongelmia paikoituksessa tai hitsiin syntyy huokosia, jolloin sauma alkaa vuotaa. Kuitenkin eniten ongelmia juuri Ovali-tyypin varaajien hitsien pitävyydessä aiheutuu käsin hitsattujen käyttövesikierukoiden kauluksissa, koska hitsausasento on erittäin huono, eikä asennon korjaamiseksi ole tehtävissä juuri mitään.



Kuva 3.1 Koeponnistustyön läpivienti

3.2 Koeponnistustyöpiste

Energiavaraajaa koeponnistettaessa koeponnistusvesi kerätään talteen pumpulla ja varastoidaan sille varattuun vesivarastoon jonka kokonaiskapasiteetti on 5 m^3 . Vaikka koeponnistusvesi kerätään talteen niin hyvin kuin mahdollista, ei pumpputyhjennys mahdollista säiliön täydellistä tyhjentämistä, koska säiliöiden liittosmuhvien si-

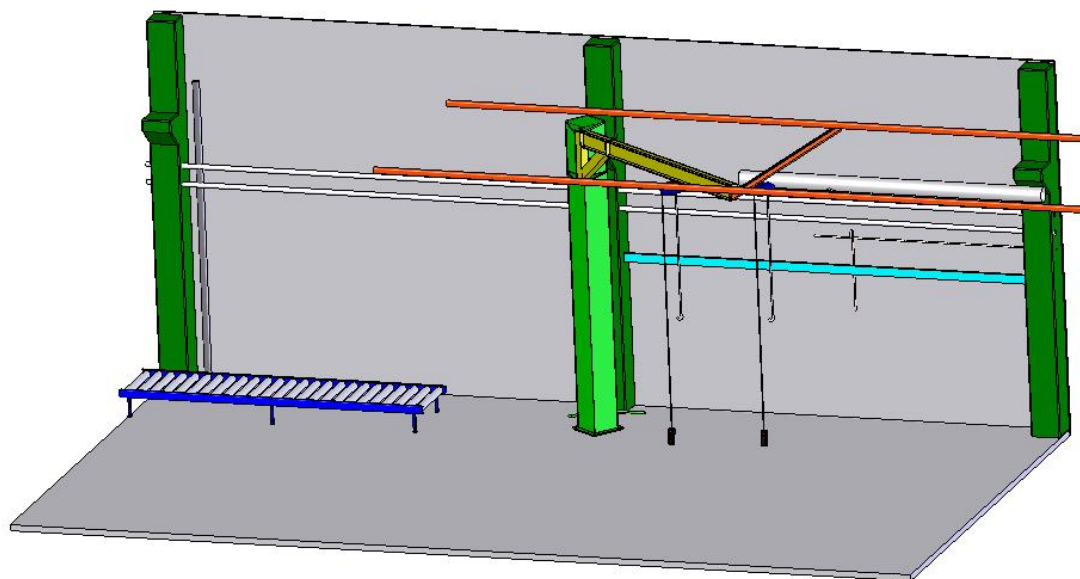
jainti säiliön kyljessä on ongelmallinen. Liitosmuhvit sijaitsevat n. 30 millimetriä säiliön pohjan tasosta, jolloin säiliöön jäävän veden määrä on n. 10 - 20 litraa.

Tämän vesimäärän talteen kerääminen onnistuisi työpisteen alle valmistetun vesialtaan ja lisäpumpun yhteistoiminnalla, jolloin käytännössä kaikki vesi voitaisiin saada varastoitua. Kuitenkin Kaukora Oy:n, Orikedon toimipisteen vastuuhenkilön Pauli Lindénin mukaan ylijäävä vesi kannattaa siirtää viemäriin, koska varastoivassa vedessä ei käytetä erillisiä bakteerien tuhoamisaineita. Näin ollen veden luonnollinen vaihtuvuus saadaan aikaan siirtämällä ylijäävä vesi viemäriin, jolloin koeponnistusveteen ei pääse kertymään korkeasti bakteeripitoista vettä. Lindénin mukaan viemäriin pumpattava vesi on kuitenkin tavallista vesijohtovettä, joka ei sisällä sellaisia aineita jotka aiheuttaisivat ongelmia kunnallistekniikkaan. Eli veteen ei hitsatuista säiliöistä tartu mukaan kuin vähäinen määrä hitsauksessa syntyviä kuona-aineita sekä roiskeita.

Ylijäävä vesi korvautuu uudella vedellä jokaisen koeponnistuskerran yhteydessä. Varastosäiliöistä vettä pumppaava pumppu paineistaa säiliön ainoastaan 2 Barin ylipaineeseen, mutta koska määräysten mukainen koeponnistuspaine on 4 Bar, joudutaan tämä "loppupaine" ottamaan vesijohtoverkosta, jolloin viemäriin joutunut vesimäärä korvautuu uudella.

Kaikenlaisen ergonomian merkitys työpisteessä korostuu sen vuoksi, että mikäli energiavaraajien tuotantoa tehostetaan, on suuremman kapasiteetin saavuttamiseksi tehtävä tehokkaammin toimiva koeponnistustyöpiste. Tämä sen vuoksi, että jokainen energiavaraajalle tehtävä koeponnistus kestää kaikkiaan vähintään 45 minuuttia, jotta voidaan varmistua siitä, ettei varaaja vuoda lainkaan. Näin ollen työpiste tuli suunnitella siten, että työpisteessä voitiin koeponnistaa samaan aikaan vähintään kahta energiavaraajaa.

Koeponnistustyöpisteen suunnittelua aloitettaessa työpisteen alue mitattiin mahdollisimman tarkkaan ja siitä tehtiin 3d-malli. 3d-mallia käytettiin suunnittelun perustana läpi koko suunnitteluprosessin. Suunnittelun tilapohja mallinnettiin SolidWorks-ohjelmistolla.



Kuva 3.2 SolidWorks-malli työpisteen ympäristöstä

3.2.1 Työtasot

Työpisteen suunnittelussa oli huomioitava myös muun muassa tasojen korkeudet ja varaajien työkorkeudet. Aiempi koeponnistusjärjestely oli varustettu kiinteällä 700 millimetriä korkealla pöydällä, jolloin säiliön yläpää oli yli 2 metrissä. Näin keskimittainen työntekijä ei ilman tikkaita pysty varustelemaan tuen päällä säiliötä, vaan säiliö pitää nostaa pöydälle vasta varustelun jälkeen. Tähän tilanteeseen tuli kiinnittää uudessa koeponnistuspisteessä huomiota, yhtenä vaihtoehtona oli työergonomian kannalta hyvänä ratkaisuna pidetty säädettävä nostopöytä jonka tasokorkeutta voitiin säätää.

Työtasoksi työpistettä suunniteltaessa katsottiin myös se taso jonka päällä koeponnistusta tekevä henkilö käytännössä on. Aiemmassa paikassa tämä taso oli lattiataso, mutta uudessa konstruktiossa oli mahdollista, että jouduttaisiin käyttämään korotettua lattiatasoa, jotta tason alapuolelle mahdollisesti tuleva vesiallas mahtuisi ritilätason alle. Vesialtaan tarkoituksena olisi kerätä ylijäävä vesi yhteen pisteeseen ja siitä vesi toimitettaisiin viemäriin. Kuitenkin ongelmaksi tämänkaltaista tasoa rakennettaessa muodostuisi nostopöytien tai telineiden tukeminen lattiaan.

3.2.2 Valaistus

Työpisteen valaistuksen merkitys koeponnistuspisteessä on suuri. Valaistuksen määrään joudutaan kiinnittämään erityistä huomiota siksi, että yleensä hitsisaumoista tapahtuva vuoto ei ole merkittävän suurta. Vuoto on kuitenkin sellaista, että pitkien aikajaksojen kuluessa kosteutta pääsee vuotamaan eristyksiin korroosiota säiliön ulkopinnalla. Ongelmia aiheutuu sekä varaajan pinnoilla niin myös rakennuksen eristeissä ja pintamateriaaleissa jonne varaaja on asennettu. Toisaalta vuoto aiheuttaa myös sen, että vuotaneen veden tilalle joudutaan lisäämään verkostosta uutta vettä, lisääntyy samalla hapen määrä lämmitysjärjestelmässä, joka osaltaan aiheuttaa erittäin rajuja korroosio-ongelmia lämmitysputkistoissa. Koska lämmitysjärjestelmässä oleva vesi on yleensä lämmintä, tarkoittaa se sitä, että korroosion syntyminen tapahtuu erittäin nopeasti. Näin ollen kunnollisella valaistuksella pystytään varmistumaan siitä, että pienimmätkin vuodot liitoskohdissa voitaisiin todeta ongelmitta.

Valaistusvoimakkuus tämän kaltaisessa työssä, tulisi työsuojelupiirin ohjeiden mukaan olla 400 luksia /2/. Koska yleisvalaistus on liian heikko saavuttaakseen tämän valotehon, tulee työpisteeseen valaistukseen kiinnittää erityistä huomiota.

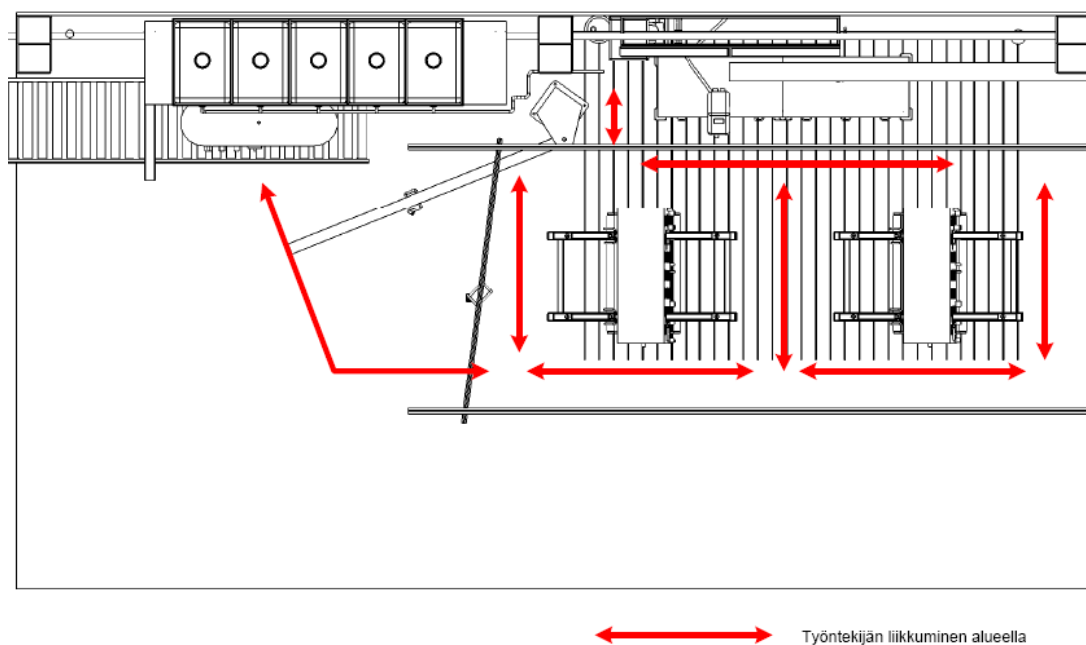
Kuitenkin on huomattava, että liian tehokas valaistukseen ei ole oikea ratkaisu, koska liian tehokas valaistus aiheuttaa häikäisyä, eikä kaikkia vuotoja välttämättä näin löydetä.

3.2.3 Viemärointi

Koska uudessa työpisteessä ei ole kiinteää viemäriä työpisteen alla, tuli työpisteeseen suunnitella sellainen järjestely jolla vesi saataisiin kerättyä ja siirrettyä siitä läheiseen sadevesiviemäriin. Yksi vaihtoehto tämän ongelman ratkaisuun olisi rakentaa allas työskentelytason alle, eli korottaa lattiapintaa jonkinasteisella ritilätasolla, jonka alapuoli olisi vesiallas joka keräisi veden yhteen paikkaan ja siitä vesi siirrettäisiin läheiseen sadevesiviemäriin.

3.2.4 Työvälineiden sijoittelu

Työvälineiden sijoitteluun paneuduttaessa on otettava huomioon yleinen käytettävyys. Työvälineet on oltava jatkuvasti saatavilla ja niitä on voitava käyttää vaivattomasti. Työvälineitä koeponnistustyöpisteessä on erilaiset lenkkiavaimet, mutterinväännin, hitsauskone sekä vesi- ja paineletkut. Työntekijän liikkuminen työpisteessä on mahdollistettava siten, että työntekijä voi turvallisesti liikkua edestakaisin alueella, ilman pelkoa esimerkiksi kompastumisesta letkuihin tai muuhun vastaavaan lattialla olevaan tavaraan. Kuvasta 3.3 voidaan nähdä työntekijän liikeradat työpisteen alueella. Tätä kuvaa käyttämällä voitiin määrittää minne mikäkin työkalu asetettaisiin työpisteen alueella siten, että se olisi mahdollisimman hyvin käytettävissä.

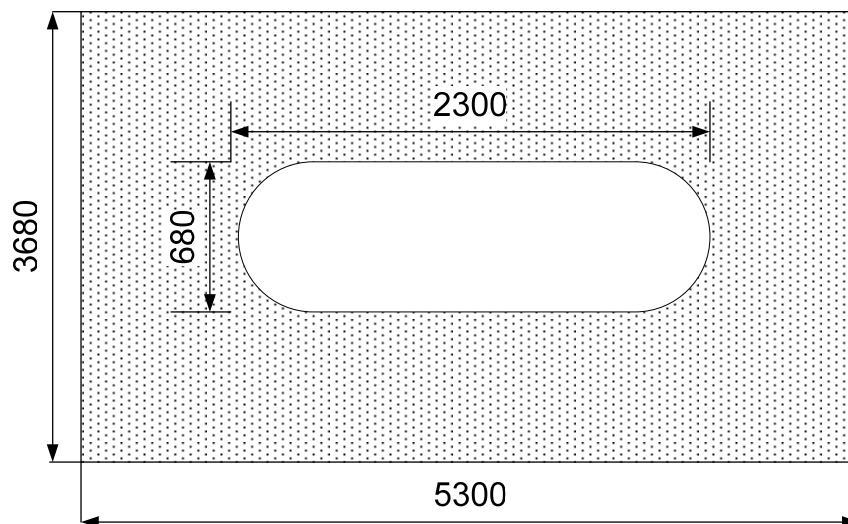


Kuva 3.3 Työntekijän liikeratakartta

3.2.5 Tilat varaajien ympärillä

Jotta työpiste olisi käytettävyyden kannalta hyvä ja tehokas, on työpistettä suunniteltaessa huomioitava tilantarve erityisesti silloin, kun toista varaajaa koeponnistetaan. Varaajien ympärillä olevan tilan tulisi olla niin suuri, että kun toiseen varaajaan on liitettyä vaadittavat letkut koeponnistusta varten, on silti toisen ympärillä voitava työskennellä. Kuvasta 5.2 voidaan nähdä energiavaraajan todellinen tilantarve, 1,5

metriä säiliön ympärillä oleva tyhjä alue voidaan mieltää sellaiseksi alueeksi jossa on tilaa painevesiletkuille, sekä muille tarvittaville apuvälineille. Joten varaajan tarvitsema todellinen lattiapinta-ala on 5.3 x 3.7 metriä.



Kuva 3.4 varaajan tarvitsema tila (varaaja: Ovali 2400, suurin Ovali-malli)

3.3 Koeponnistusveden sijoitus

Koeponnistusveden sijoitus oli ensimmäinen asia jossa jo ennen suunnittelun aloittamista päätettiin ottaa mallia vanhasta työpisteestä. Aiemmassa työpisteessä veden säilytys oli tehty profiiliputkesta valmistetun telineen päälle, jonka ylätasolla oli 5 kappaletta 1 kuution vesisäiliöitä ja nämä säiliöt olivat putkitettu yhteen ja pääputki oli johdettu telineen jalkaa pitkin pumpulle. Telineettä joka vanhassa koeponnistustyöpisteessä oli, ei voitu valjastaa uuden työpisteen käyttöön, sillä ongelmaksi muodostui uuden työpisteen alueella kulkevat putkistot (paineilma, vesi ja suojakaasulinjat), jotka kulkivat sellaisella korkeudella, että ne olisivat osittain törmänneet vanhaan vesitelineeseen. Sen lisäksi vanha teline oli tuettu vain kahdella jalalla, kahden muun jalan virkaa toimittaessa hallin pystypilarit, joissa oli varta vasten rakennettu tukitaset oikealle korkeudelle. Näin ollen suunnittelun yhteydessä tuli suunnitella myös uusi vesiteline. Uutta vesitelinettä suunniteltaessa otettiin huomioon turvallisuustekijät siten, että uudesta telineestä valmistettaisiin niin vankkarakenteinen, ettei kaatuminen tai hajoaminen olisi mahdollista missään olosuhteissa. Sen lisäksi teline kiin-

nitettäisiin vielä tukiraidoilla rakennuksen pilareihin, jolloin kaatumisen mahdollisuus poistetaan täysin.

4 LAYOUT SUUNNITTELU

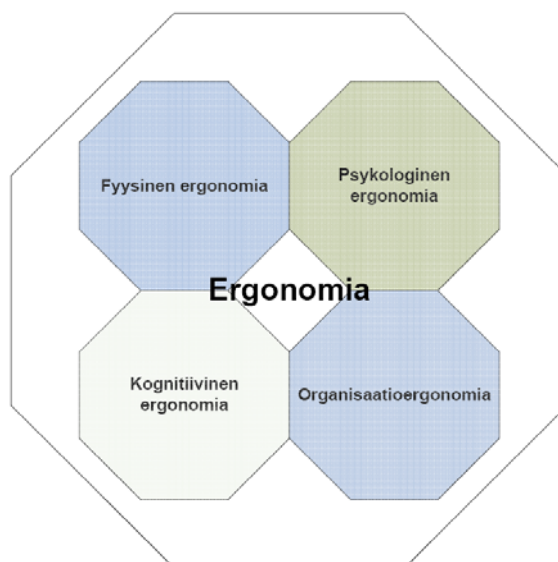
Layout suunnittelun tarkoituksena on sijoittaa tuotantovälineet tuotantotilaan sillä tavalla, että tuotantotilaa käytettäisiin mahdollisimman tehokkaasti. Tehokkaalla tilankäytöllä tarkoitetaan tuotantovälineiden sijoittelua siten, että tilassa on kaikki tuotantoon tarvittavat työkalut ja välineet, mutta kuitenkin kokonaisuutta ajatellen tilantarve on mahdollisimman vähäinen. Yleensä mahdollisimman kompaktit tilaratkaisut ovat hyviä vaihtoehtoja, jolloin muuta tilaa voidaan käyttää tuotantotilana tai varastona valmiille tuotteille tai materiaaleille.

4.1 Layout suunnittelun merkitys työpistettä suunniteltaessa

Työpistettä suunniteltaessa keskityttiin lähinnä yksityiskohtaiseen layout suunnittelun tekemiseen, tämä sen vuoksi, että paikat painevalupisteelle ja koeponnistustyöpisteelle oli jo aiemmin etsitty. Näin työpistettä suunniteltaessa voitiin panostaa lähinnä käytettävyyden parantamiseen työpisteen oman layoutin avulla. Yksityiskohtaisessa suunnittelussa otettiin huomioon käytettävien koneiden, työtasojen ja koeponnistuspumppujen paikka, jolloin työpisteen käyttö olisi mahdollisimman mutkaton eikä laitteet ja koneet olisi työntekijän tiellä, hänen suorittaessaan koeponnistuksia varaajille

5 ERGONOMIA

Ergonomia koostuu neljästä eri osatekijästä, joiden yhteisestä vaikutuksesta syntyy ergonomia-käsite, näitä ovat fyysinen-, kognitiivinen-, organisaatio- sekä psykologinen ergonomia.



Kuva 5.1 Ergonomian osa-alueet

5.1 Fyysinen ergonomia

Fyysisessä ergonomiassa perehdytään ihmisen anatomisiin, rakenteellisiin, fysiologisiin ja biomekaanisiin ominaisuuksiin fyysisessä toiminnassa. Tärkeimpinä tutkimuskohteina fyysisessä ergonomiassa ovat työasennot, materiaalin käsittely, toistoliikkeet, tuki- ja liikuntaelinsairaudet, työpaikan layout, turvallisuus sekä terveys./1/

5.2 Kognitiivinen ergonomia

Kognitiivisella ergonomialla tarkoitetaan psyykkisiä toimintoja kuten havaintokykyä, muistia, päättelyä ja motorisia vasteita ihmisen ja muun toimintajärjestelmän osien vuorovaikutuksessa. Tutkimuskohteina kognitiivisessa ergonomiassa ovat psyykinen kuormitus, päätöksenteko, taitosuoritukset, ihminen-tietokone-vuorovaikutus, inhimillisen toiminnan luotettavuus, stressi sekä koulutus./1/

5.3 Organisaatioergonomia

Organisaatioergonomiassa tarkastellaan organisaatorakennetta, menettelytapoja ja prosesseja. Organisaatioergonomian tarkoitus on saada organisaatio optimaaliselle tasolle, jolloin tuotanto on tehokasta. Keskeisimpiin asioihin kuuluu muun muassa

viestintä, henkilöstöhallinto, yhteistyö, työmallit, organisaatiokulttuuri, etätyö sekä laatujohtaminen./1/

5.4 Psykologinen ergonomia

Psykologisella ergonomialla tarkoitetaan työntekijän henkisiä asioita, kuten jatkuva työpaine, oma tyytyväisyys työhön, työkaverit sekä suhteet muihin työpaikalla työskenteleviin. Pahimmillaan psykologiset vaivat saattavat aiheuttaa psykosomaattisia oireita, jotka voivat ilmetä erilaisina kiputiloina, sekä muunlaisena ahdistuksena. Psykologisia ongelmia ei pidä vähätellä, koska niiden hoito saattaa olla vaikeaa sen jälkeen kun oireet ja ongelmat ovat päässeet liian pitkälle.

6 HENKILÖKOHTAINEN SUOJAUS

Henkilökohtaisella suojauksella tarkoitetaan suojavarusteita, joita työssä käytetään. Näitä henkilökohtaisia suojavälineitä ovat hitsaavassa konepajateollisuudessa käytännössä: turvalliset puuvillahaalarit, silmäsuojaimet, hitsausmaski, kuulosuojaimet, asianmukaiset tukevat kengät sekä kypärä.

Eniten ammattitaitteja aiheuttaa hitsaavissa konepajoissa melu. Meluhaitat aiheuttavat kuulon alenemaa sekä keskittymisvaikeuksia /3/. Vaikka hitsaus itsessään ei ole varsinainen melun lähde, on kuitenkin huomattava, että hitsauksen ympärillä tapahtuvat työtoimenpiteet aiheuttavat merkittävän määrän melua. Kulmahiomakoneen, vasaran, talttauksen ja kuonahakun käyttö aiheuttavat erittäin kovaa iskevää melua, joka on erityisen vaarallista kuuloaistille. Tämän vuoksi vuonna 2006 tuli lainsäädäntöön niin sanottu meludirektiivi valtioneuvoston asetuksena, jolla määritellään rajat konepajoissa syntyvälle melulle, sekä melun haittojen ehkäisy.

6.1 Suojavälineet koeponnistustyössä

Koeponnistustyössä tarvittavat suojavälineet ovat normaali suojarustus, joka hitsaavassa konepajassa jokaisella hitsaajalla tulee olla. Suojarusteisiin kuuluu: paloturvalliset haalarit, hitsausmaski, hitsaajan käsineet, turvakengät, suojalasit sekä kuulosuojaimet. Nämä turvavarusteet oikein käytettynä riittävät useimmiten takaamaan kaikki työtä tehdessä mahdollisesti esiintyvät vaaratekijät. Ainoastaan yleistä turvallisuutta voi työtä tehdessä vaarantaa varaajan kaatuminen koeponnistuksen yhteydessä. Tämä kuitenkin on melko epätodennäköistä, sillä varaaja tulee varmistaa paikoilleen asianmukaisin kiinnitysvälinein.

6.2 Kohdepoisto

Kohdepoisto työpisteessä on järjestetty siten, että kohdepoistoa varten työpisteen alueelle tulee pääpoistoputki, jonka putkiyhteessä on moottorilla toimiva läppä jolla säädellään poistoimun virtausta. Läpän ohjaus tapahtuu joko manuaalisesti tai hitsauskoneen maakaapeliin kiinnitetyn anturin avulla josta tieto kulkee läpän ohjausyksikköön.

6.2.1 Hitsauksessa syntyvät haitalliset kaasut

Hitsauksen yhteydessä henkilökohtaista turvallisuutta vaarantaa hitsauksen aikana ilmaan pääsevät vaaralliset hitsauskaasut. Yleisimpiä vaarallisia kaasuja joita hitsatessa vapautuu, ovat muun muassa rautaoksidit (mangaani, kromi, nikkeli, kupari), fluoridit, suojakaasuna käytetyt (hiilidioksidi ja argon), hiilimonoksidi, typen oksidit ja otsoni./4/

Ruotsalaistutkimuksen mukaan, näiden kaasujen haittavaikutuksiin voidaan puuttua tehokkaasti hyvällä hitsauskaasujen paikallispoistolla. Tutkimuksen mukaan hitsauksen yhteydessä hitsaajan hengityselinten alueella olevien myrkkukaasujen määrä pieneni huomattavasti pelkällä oikeaoppisella paikallispoistomurinin käytöllä. Esimerkkinä voidaan mainita, että ilman kohdepoiston käyttöä, mangaanin määrä hitsaajan suojamaskin sisäpuolella oli $0,1 \text{ mg/m}^3$ kun kohdepoisto oli osittain käytössä, arvo

putosi $0,07 \text{ mg/m}^3$:n ja kun kohdepoisto oli oikeaoppisesti käytössä, arvo putosi alle $0,02 \text{ mg/m}^3$:n. /5/

Näin ollen voidaan paikallispoiston terveydellinen vaikutus todeta yksinkertaisesti laskemalla siten että kymmenen vuoden aikana hitsaaja hengittää n. 23000 kuutiometriä ilmaa keuhkoihinsa, mangaanin määrän ollessa $0,1 \text{ mg/m}^3$, hitsaaja hengittää n. 2,3 grammaa puhdasta mangaania keuhkoihinsa, mutta kohdepoistoa oikein käytettäessä, vastaava luku on ainoastaan 0,46 grammaa kymmenen vuoden aikana.

Suomen sosiaali- ja terveysministeriön tekemän esityksen mukaan mangaanin HTP-arvo Suomessa on $0,2 \text{ mg/m}^3$, joten paikallispoistoa käytettäessä alitetaan luku ongelmitta /5/.

6.3 Hitsausmaski

Hitsausmaskin tehtävä tässä työssä on lähinnä suojata silmiä. Raitisilmamaskin käyttöä ei voida perustella, koska tässä tapauksessa paikallispoistoimurin käyttö työpisteessä korvaa raitisilmamaskin tarpeen. Ainoat vaatimukset jotka tässä työssä maskille on, ovat silmien suojaaminen lämmöltä ja valolta.

Tämä tarkoittaa, että mikä tahansa CE-merkitty hitsausmaski oikealla linssin tummuusasteella käy tähän työhön, olettaen, että kaikkia muitakin turvavälineitä käytetään ohjeiden mukaisesti.

6.4 Työasennot

Yksi tärkeimmistä henkilökohtaisen suojauksen osa-alueista tässä tapauksessa olivat ongelmalliset työasennot. Koeponnistustyötä tehdessä työasennot olivat ensimmäisessä työpisteessä ongelmallisia, koska työntekijä joutui olemaan polvillaan, sekä olemaan muutenkin vaikeissa asennoissa tarkastuksia ja korjauksia tehdessään.

Koeponnistustyöpistettä suunniteltiin kokonaisuudessaan kuitenkin siten, että kaikki työasennot joita työtä tehdessä jouduttaisiin käyttämään, olisivat mahdollisimman

vähän kehoa rasittavia. Työasentojen lisäksi mietittiin myös nostojen määrää ja oikeanlaisia nostotapoja. Työn edetessä havaittiin, että nostojen määrä työssä on vähäinen ja nämä vähäisetkin nostot suoritetaan yleensä nosturin avulla.

Säiliön varustelu, eli käyttövesikierukoiden, tulppien, vesiliitäntöjen sekä painemittareiden liittäminen säiliöön voitiin uudessa työjärjestelyssä toimittaa varaajien työtuen päällä. Tämä järjestely kevensi siinä mielessä työtä, että varustelu voitiin suorittaa vasta kun varaaja oli työtuen päällä, kuitenkin etukäteen tehty varustelu ei mitenkään vaikeuttanut työtä, päinvastoin.

Hitsausasennot tässä työssä olivat myös jo alkujaan ongelmallisia, säiliön alareunassa tai käyttövesikierukoiden laippojen vuotaessa jouduttiin usein hitsaamaan ylöspäin, jolloin hitsausasento oli erittäin huono. Uudessa työtueessa tuli ottaa hitsausasentojen ongelmallisuus huomioon joka omalta osaltaan johti siihen, että työtueksi valittiin rullilla varusteltu työtuki. Rullat mahdollistavat säiliön hitsaamisen ilman varaajaan tyhjennystä. Tämän lisäksi kaikki tarpeelliset korjaushitsaukset voitiin uudessa järjestelyssä tehdä jalkoasennossa.

7 TUTKIMUSMENETELMÄT

Työpistettä suunniteltaessa työpisteestä tehtiin aluksi 3d-malli SolidWorks-ohjelmistolla, 3d malliin mallinnettiin kaikki ympäristössä olevat asiat, jolloin malli olisi mahdollisimman todenmukainen. 3d-mallia käytettäessä havaittiin, että on huomattavasti tehokkaampaa ja helpompaa suunnittelun kannalta käyttää 3d-mallia kuin tavanomaisia layout CAD-piirroksia. Tällä menetelmällä pystyttiin todenmukaisesti asettamaan työpisteen toimilaitteet samalle alueelle, mutta eri korkeudelle.

Jotta suunnittelussa olisi otettu huomioon kaikki mahdolliset muuttujat, pidettiin hyvänä ratkaisuna haastatella 3d-mallin pohjalta henkilöitä jotka valmista työpistettä tulevat käyttämään. Näin ollen, saatiin jo suunnitteluvaiheessa käsitys siitä, että mikä ratkaisu on hyvä ja mikä huono.

Erityshuomiota sai valoisuuden tarve. Valaistustehokkuuteen kiinnitettiin huomiota, koska aiemmassa työpisteessä valaistuksen puutteesta oli huomautettu useasti. Valaistuksen puutteellisuus tuottaa ongelmia erityisesti tarkkoja yksityiskohtia sekä pieniä vuotoja arvioitaessa.

7.1 3d-mallinteen tarkastelu

3d-mallinteen valmistaminen aloitettiin jo työn alkuvaiheessa. Mittaukset ja toteamukset olivat ensimmäisenä listalla, jolloin voitiin varmistaa, että käytössä on mahdollisimman todenmukainen malli. 3d-malli helpottaa suunnittelutyötä merkittävästi, koska mallintamisen yhteydessä voidaan pitää tiettyjä sääntöjä voimassa jatkuvasti. Esimerkiksi käytettävyyden vuoksi varaajien paikoitus toisiinsa nähden ei saa olla lähempänä kuin 3 metriä ja varsinosturin ulottuvuus määrää osittain varaajien paikoituksen valmiissa työpisteessä. Etuna 3d-mallissa on myös se, että koko suunnittelutyön ajan voidaan nähdä miltä työpiste tulee loppuvaiheessa näyttämään valittaessa tiettyjä ratkaisuja.

3d-malliin mallinnettiin kaikki mahdollinen mitä työpisteessä tulisi lopuksi olemaankin. Näin varmistettiin tehokas tilankäyttö sekä se, ettei työpisteen alueelle jää ns. tyhjää kohtaa. Tyhjällä kohdalla tarkoitetaan sellaista osaa tilasta jota ei voida käyttää mihinkään. Se tarkoittaa käytännössä sitä, että alue on liian pieni koeponnistukseen tulevien varaajien varastointiin ja kuitenkin liian suuri mikäli alueelle asetettaisiin esimerkiksi työkaluvaunu, olisi vaunu jatkuvasti tiellä kun alueella siirreltäisiin varaajia.

7.2 Valaistusvoimakkuusmittaukset

Valaistuksen voimakkuutta arvioitaessa tuli ensimmäisenä määrittää olemassa olevan yleisvalaistuksen voimakkuus. Valaistusvoimakkuuksia mitattiin uuden koeponnistustyöpisteen alueella ja vanhan koeponnistustyöpisteen alueella jolloin saatiin käsitys, että minkälainen valoteho vanhan työpisteen alueella vallitsee ja minkälaisen lisävalaistuksen uusi työpiste tarvitsee. Mittaustulokset kirjattiin taulukkoon ja siitä tehtiin johtopäätökset liittyen valaistuksen riittävyyteen (Liite 2).

Valaistusvoimakkuuden mittaamiseen käytettiin DeltaOhm HD9221 valaistusvoimakkuusmittaria.



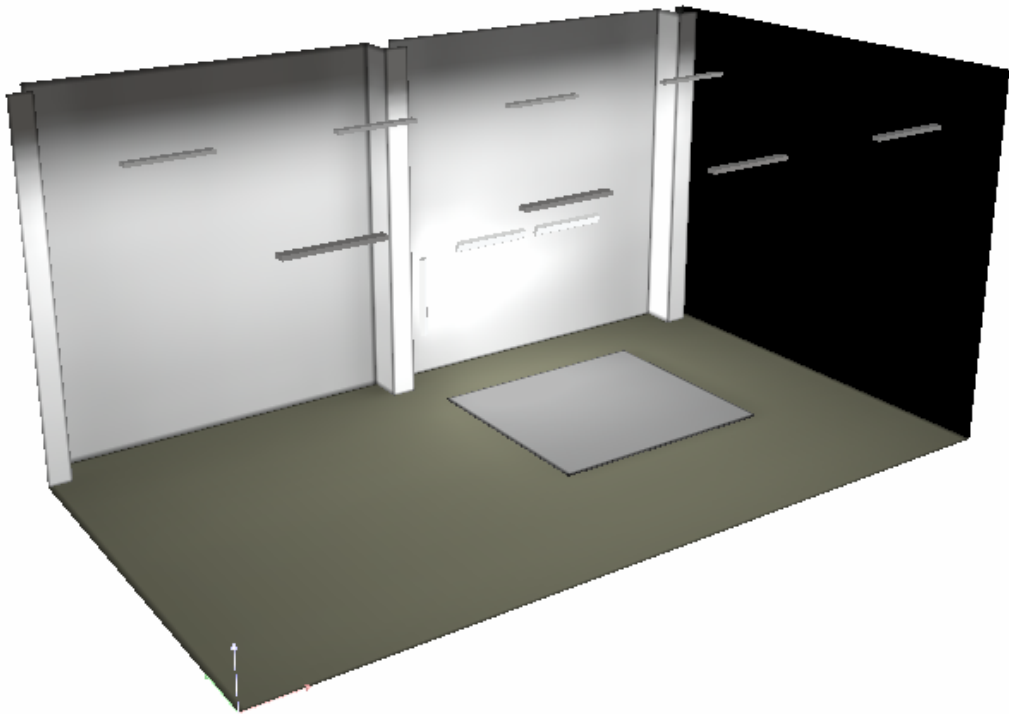
Kuva 7.1 Delta Ohm HD9221 valaistusvoimakkuusmittari

7.3 Valaistusmallin tarkastelu

Valaistusvoimakkuusmittausten lisäksi, valaistuksen suunnittelussa käytettiin DIALux 4.4 valaistussuunnitteluohjelmistoa, jolla laskettiin karkeasti suunniteltujen valaisinasettelujen pohjalta luksi-arvot yleisvalossa mitatuille paikoille lisävalaistusten jälkeen.

DIALux-ohjelmistolla tehtiin 3d-valaistusmallinne työalueen mukaan. Malliin määriteltiin yleisvalaistus, sekä lisävalaistus. Mallin luominen tapahtuu yksinkertaisesti siten, että ohjelmistoon määritellään työalueen koko, pintojen heijastusprosentit sekä mahdolliset muut muodot, esimerkiksi pilarit ja tasot.

DIALux-ohjelmisto on freeware ohjelma, joka tarkoittaa, että sen voi ladata vapaasti internet-osoitteesta www.dial.de.



Kuva 7.2 DIALux 3d-valaistusmalli työalueesta

8 VALITUT JÄRJESTELYT

Kun ergonomian ja työhyvinvoinnin kannalta oli suunnittelussa otettu kaikki muuttujat huomioon, tuli ratkaisuvaihtoehdoista valita tietyt ratkaisut ja yhdistellä ne yhteen kokonaisuuteen.

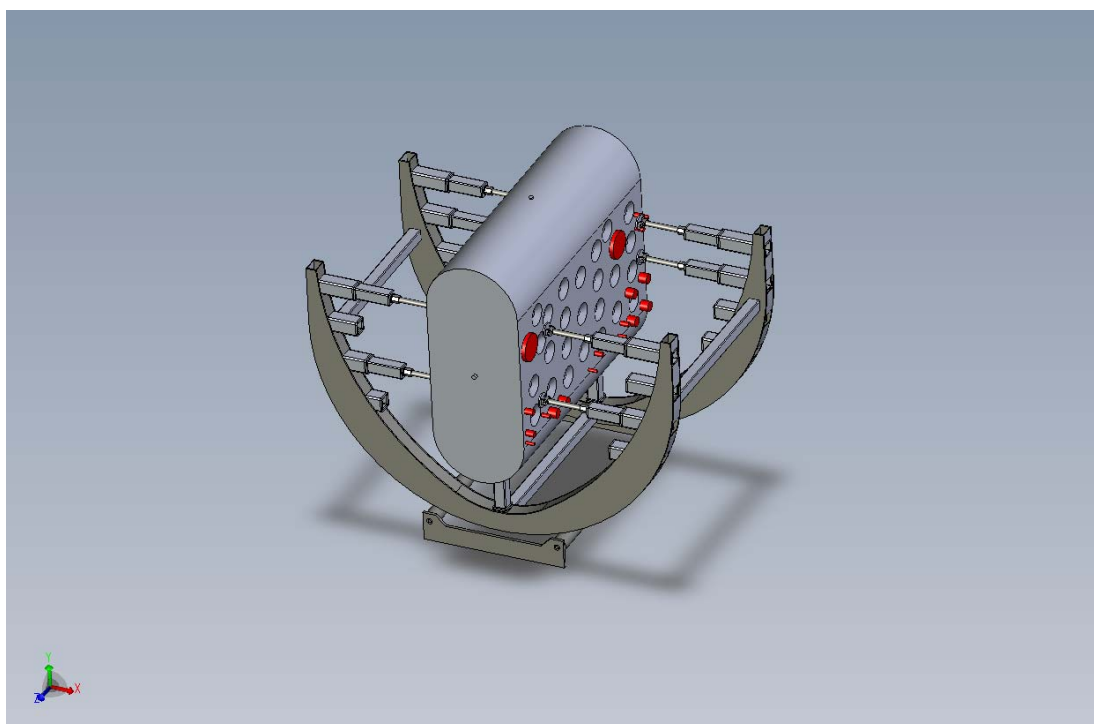
Jotta lopullisesta kokonaisuudesta tulisi myös toimiva, oli valitut ratkaisuvaihtoehdot myös käsiteltävä yhdessä, siten että kaikki valitut ratkaisut olivat keskenään yhteensopivia.

8.1 Varaajien työtuki

Eniten aikaa työpisteen suunnittelussa käytettiin varaajien työtukeen. Aikaisemman yksinkertaisen putkesta tehdyn pöydän korvaajaksi valittiin monien vaihtoehtojen joukosta rullapöydällä pyöritettävä työtuki. Tuen perusajatus on se, että jokainen sii-

nä koeponnistettava säiliötyyppi asetetaan siihen siten, että niiden massakeskipiste on samassa kohtaa. Tällä menettelyllä saadaan aikaiseksi kevyt, käsin tehtävissä oleva kallistusliike sekä aina paras mahdollinen työasento korjaushitsausta ajatellen.

Työtuki suunniteltiin siten, että suurin osa kaikista työtuen osista voitiin valmistaa talon omilla laitteilla. Ainoat osat jotka tuen valmistuksessa piti tilata muualta, olivat trapetsikierretangot, joiden tarkoituksena on kiristää koeponnistettava varaaja paikoilleen.



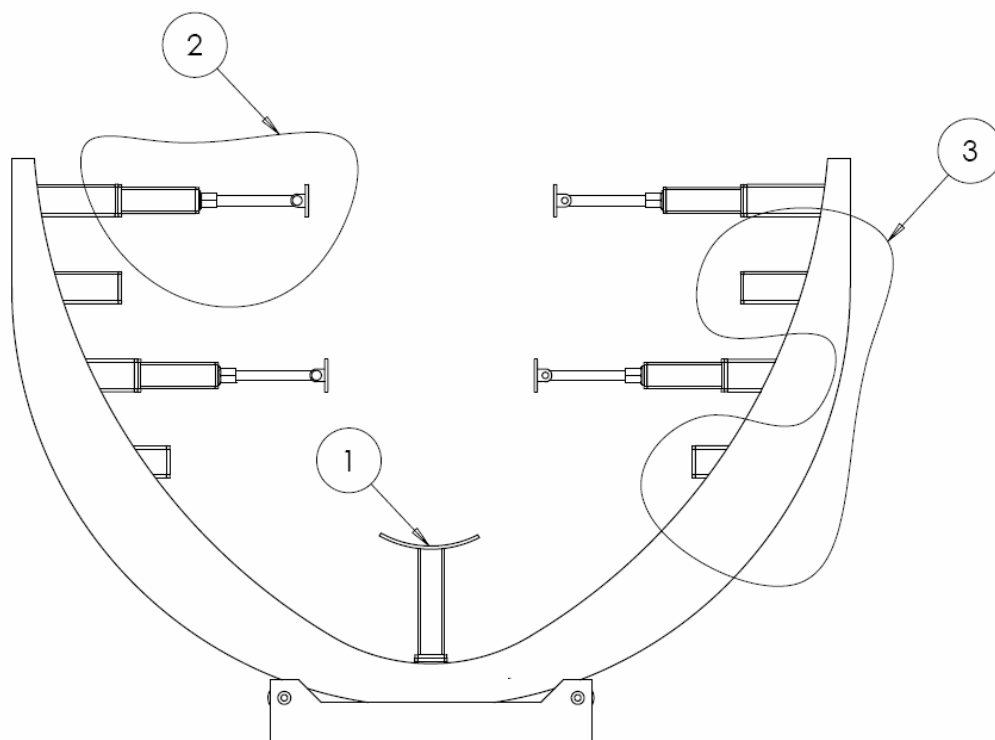
Kuva 8.1 Ovali 1800 varaaja telineessään, rullapöydällä

8.1.1 Varaajien työtuen toimintaperiaate

Työtuen toiminta perustuu säiliön massakeskipisteen keskittämiseen rullapöydän päällä olevan kaaren keskelle.

Työtä aloitettaessa, varaaja asetetaan työtuen päälle siten, että varaajan kylki asettuu kohtaan 1 kuvan 8.2 mukaan. Kun varaaja on molemmista päistään tuettu työtukeen, aloitetaan varaajan tukeminen paikalleen. Tässä vaiheessa varaaja on vielä kiinni siltanosturissa. Varaajan tukeminen paikoilleen tapahtuu yksinkertaisesti kiristämällä kiristimien päissä olevat 100 millimetrin kokoiset pyöreät teräslaplat, trapetsikierre-

tangon avulla varaajan kylkeä vasten. Kiristysvoimaa tarvitaan varaajan tukemiseksi melko vähän. Kun varaaja käännetään kyljelleen, tilanne muuttuu siten, että kyljellään ollessaan koko varaajan paino on käytännössä kiristyslaippojen päällä. Tämän vuoksi kiristysmenetelmäksi valittiin trapetsikierte, koska trapetsikierteen ominaisuuksiin kuuluu se, että sen pitkittäinen lujuus on muihin kierretyyppeihin verrattuna omaa luokkaansa sekä kierre on oikein huollettuna pitkäikäinen. Huollon tarve työtuelle käytännössä ei tarkoita muuta kuin kierteen ajoittaista rasvaamista tarkoituksenmukaisella vaseliinilla.



Kuva 8.2 Päätykuvanto työskentelytuesta

8.1.2 Työtuen muunneltavuus

Työtuen suunnittelun lähtökohtana oli tehdä tuesta mahdollisimman muunneltava, jolloin samalla työtuelle oli mahdollista koeponnistaa sekä Ovali-varaajia että Jämä Pakki-tyyppisiä energiavaraajia. Tämä voitiin mahdollistaa helposti alatukea vaihtamalla (kohta 1, kuvassa 8.2) sekä kiristimien paikkoja vaihtamalla toisiin kiinnityskohtiin (kohta 3, kuvassa 8.2). Näiden konstruktiovalintojen avulla voitiin tukeen kiinnittää kaikki Ovali- ja Pakki-tyyppiset varaajat.

Alatukea ei voitu rakentaa säädettäväksi, koska koeponnistustyötä aloitettaessa alatuksi tulee olla mahdollisimman tukeva, jolloin ruuvisäätö olisi ollut hankala toteuttaa ja käyttää. Sen lisäksi alatuen vaihtaminen jokaiselle varaajatyypille ei ollut kynnyksikysymys, sillä erityyppisten alatukien rakentaminen jokaiselle varaajatyypille ei ollut kiinni kustannuksista, sillä alatuen rakentaminen on kuitenkin melko edullista yksinkertaisen konstruktion vuoksi.

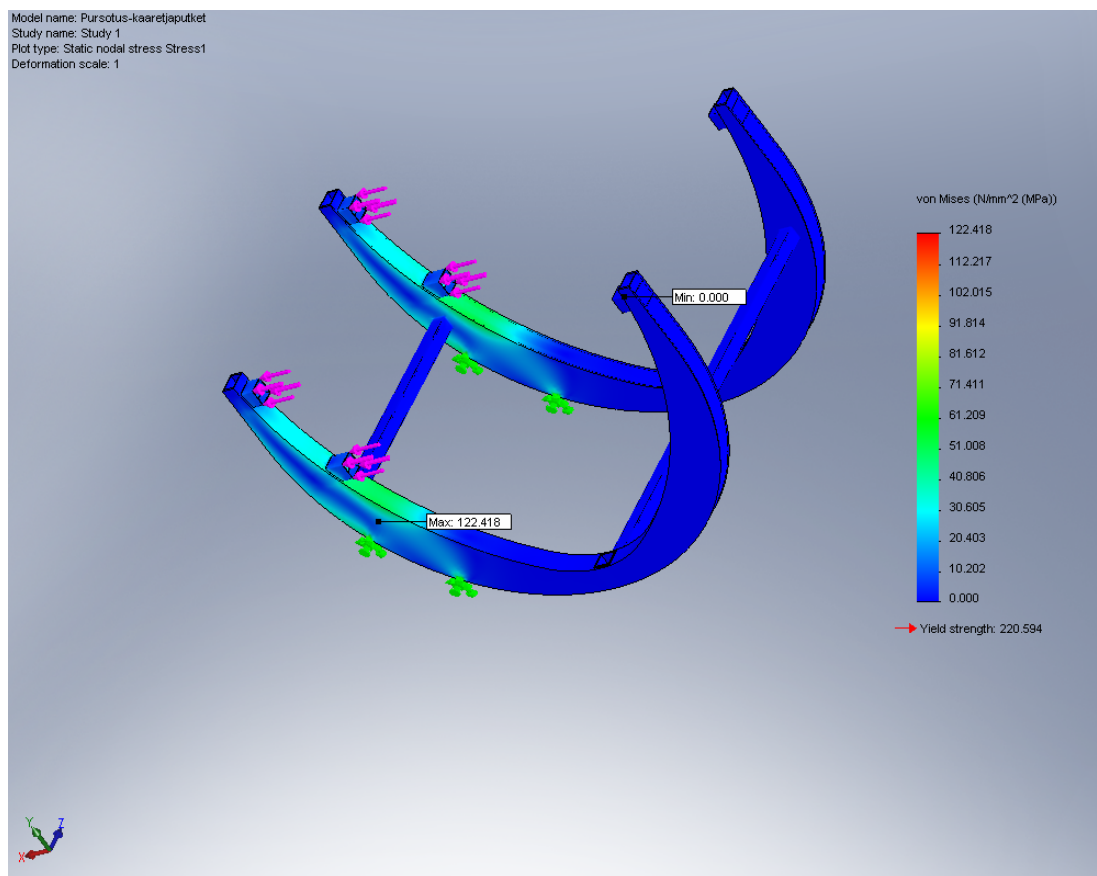
8.1.3 Työtuen lujuuslaskenta

Työtuen lujuuslaskentaan käytettiin CosmosWorks-ohjelmistoa, joka on lisäosa SolidWorks ohjelmistoon. CosmosWorks:lla määriteltiin erilaisia kuormia työtuen rakenteelle ja arvot kaksinkertaistettiin, jotta voitiin varmistua siitä, että rakenteesta tuli luotettava ja kestävä.

Kaikki laskennat suoritettiin n. 3000 kilogrammaa painavan täyden Ovali 2400 varaajan mukaan, jolloin tuen ollessa kyljellään jokainen tuki kannattaisi hieman alle 10kN. Kuitenkin kuvan tapauksessa sivulle vaikuttava voima on 13.5kN / kannatin, jota voidaan pitää äärimmäisenä kuormana. Kuitenkaan tuessa vaikuttavat jännitykset eivät ole lähelläkään murtolujuutta.

Työturvallisuuden vuoksi työtuesta tehtiin tarkoituksella erittäin vankkarakenteinen. Kaarilevyt olisivat kestäneet hyvin, mikäli ne olisivat leikattu 8 millin teräslevystä, mutta valmiissa työtuesta levyt leikattiin 10 millin teräslevystä, jolloin varaajan kaarien kesto maksimoitiin. Kaarilevyjen välissä on poikittain 4 millin teräslevyrainat vahvikkeena, jolloin tuki kestää myös pitkittäis-suuntaisia voimia melko hyvin. Väliputkina, joilla erotettiin kaksi päätykaarikokoonpanoa, käytettiin 80x80x4 teräsputkia.

Suunnittelusta mallista valmistetaan ensin prototyyppi. Mikäli malli havaitaan käyttökelpoiseksi, valmistetaan sen jälkeen prototyypin rinnalle toinen, jonka jälkeen ne jäävät jatkuvaan käyttöön työpisteeseen. Mikäli prototyyppivaiheessa havaitaan jokin puutteita, muokataan mallia paremmaksi ja valmistetaan uusi prototyyppi.



Kuva 8.3 Varaajien työtuen lujuuslaskenta CosmosWorks-ohjelmistolla

8.2 Työpöytä ja säilytyslaatikot

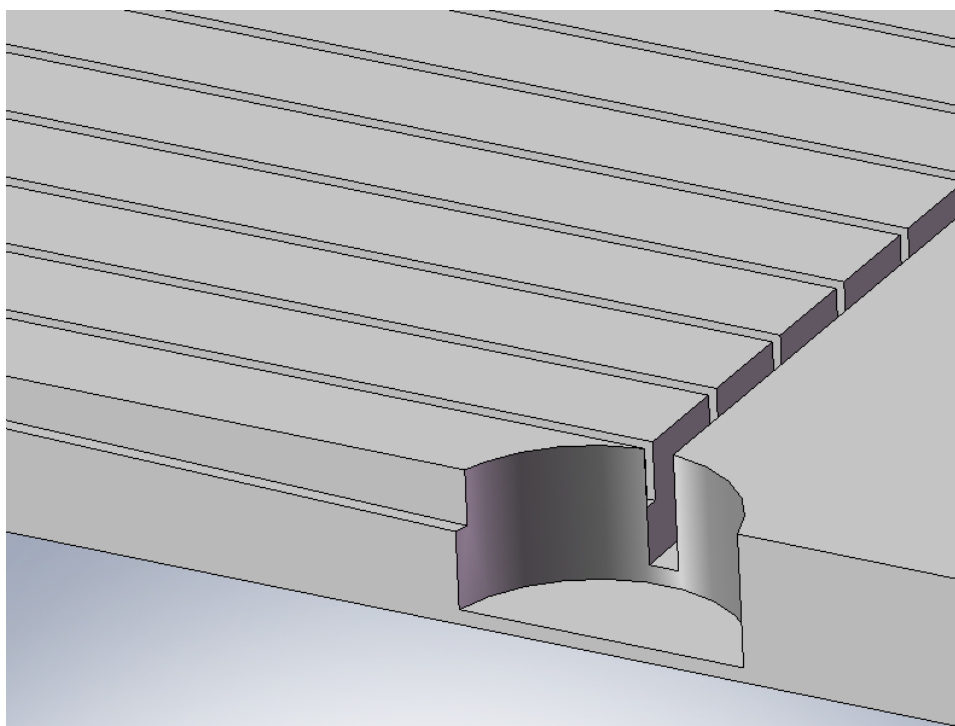
Erillisen työpöydän merkitys koeponnistuspisteessä ei ole merkittävän suuri. Ainoat työt mitä työpöydällä tehdään, ovat koeponnistusraporttien täyttäminen sekä mahdollisten käyttövesikierukoiden kokoonpano. Kokoonpanolla tässä tapauksessa tarkoitetaan laipan kiinnittämistä käyttövesikierukkaan. Yleensä kierukat kuitenkin tulevat koeponnistuspisteeseen asennusvalmiina. Työpöydän lisääminen työpisteeseen oli kuitenkin kohtuullista, joten sen valinnassa tuli ainoastaan ottaa huomioon työpisteen korkeus ja koko. Jotta työpöydästä tuli mahdollisimman käyttökelpoinen sijoitettiin työpöydän alle laatikostot joissa säilytetään työkaluja sekä koeponnistustarvikkeita.

8.3 Ylijäävän veden kerääminen

Uuden työpisteen myötä tuli ensimmäiseksi ongelmaksi se ettei työpisteen alueella ollut lattiakaivoa, jota olisi voitu käyttää ylimääräisen veden keräämiseen. Ratkaisuksi ongelmaan päätettiin teettää timanttisauhauksella lattiaan uria, joiden pohjan

kulma oli suureneva seinää kohden (kaatoa seinää kohden). Tämän jälkeen pääuran pohjakulma kaataa kaiken veden vielä pumppuaukkoon, josta vesi siirretään uppo-pumpulla pumppaamalla sadevesiviemäriin. Etuna tällä ratkaisulla on se, että lattialle voidaan asettaa erittäin raskaitakin taakkoja, ilman että tarvitsee huolehtia lattian kestävydestä.

Kun urat on ajettu timanttilaikalla lattiaan, asetetaan urien päälle ritilä joka toimii tasona jonka päällä on kevyempi seistä. Lisäksi ritilän reunat voidaan tiivistää, jolloin ylijäävä vesi ei lainehdi väärin paikkoihin.



Kuva 8.4 Viemäröinnin periaate

8.4 Hitsauslaitteiden sijoitus

Hitsauskoneen virtalähde on kiinteäksi rakennetun telineen päällä, josta lähtee kaapelit langansyöttölaitteelle ja paikallispoistopuhaltimen anturille, joka avaa paikallispoiston läpän sekä käynnistää tarvittaessa puhaltimen.

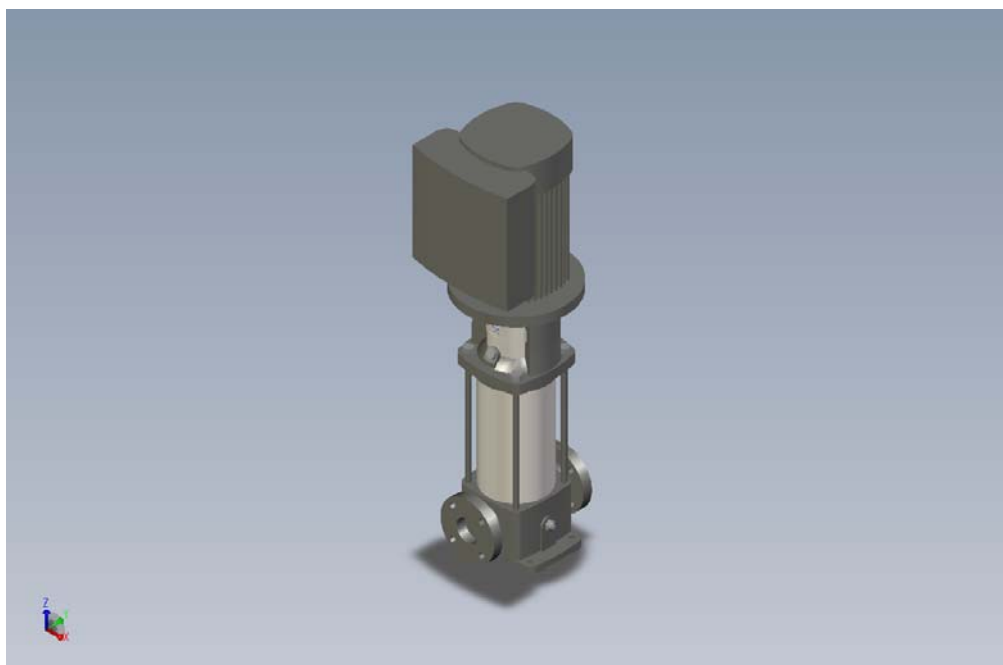
Langansyöttölaite on asennettu nivelletyn varren päähän jolloin sen käyttökytkimien käyttö suoraan laitteesta on helppoa ja vaivatonta. Kaukosäätimen käyttö on kuitenkin

kin mahdollista, mikäli työntekijä tuntee sen käytön välttämättömäksi. Nivelletyn varren etuna on myös se, ettei monitoimikaapelin tarvitse olla kovinkaan pitkä.

On kuitenkin huomattava, että tässä tapauksessa ei lattiaa voitu maadoittaa, koska rullapöydän rullat olivat laakeroituja, jolloin hitsauksen maadoittaminen laakereiden läpi aiheuttaisi laakereiden kiinnihitsautumisen. Maakaapeli jouduttiin siis tässä tapauksessa kiinnittämään suoraan työtukeen.

8.5 Koeponnistusveden pumppu

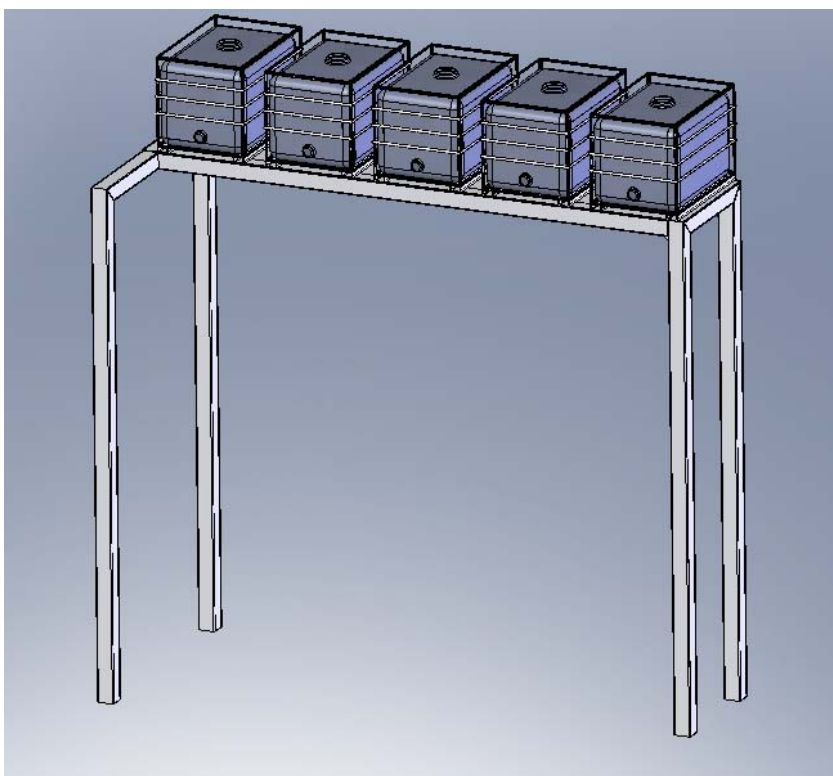
Koeponnistusveden siirtopumpuksi tuli tehokas Grunfos-pumppu. Veden siirtoon olennaisena asiana kuuluu myös suodatin, jolloin mahdolliset hitsausroiskeet ja karkeat epäpuhtaudet eivät joudu kulkemaan pumpun läpi vaan jäävät suodattimeen. Suodatin on helppo tyhjentää pohjassa olevasta tulpasta, jolloin pumppujärjestelmän ennakoiva kunnossapito paranee merkittävästi. Suodattimen käytöllä saadaan pumpun elinikää korotettua merkittävästi.



Kuva 8.5 Grunfos-pumppu

8.6 Koeponnistusveden säilytys

Veden säilytyksen ensimmäisenä vaatimuksena oli se, että säilytysjärjestelmän lattiapinnan kulutus oli oltava mahdollisimman pieni. Näin ollen veden säilytys tuli järjestää telineellä, joka nostaisi veden ylös – katon rajaan. Koska koeponnistuksessa tarvittavaa vettä tulee olla vähintään 5m^3 , oli veden säilytys toteutettava telineellä johon saatiin 5 kappaletta, yhden kuution vesisäiliötä.

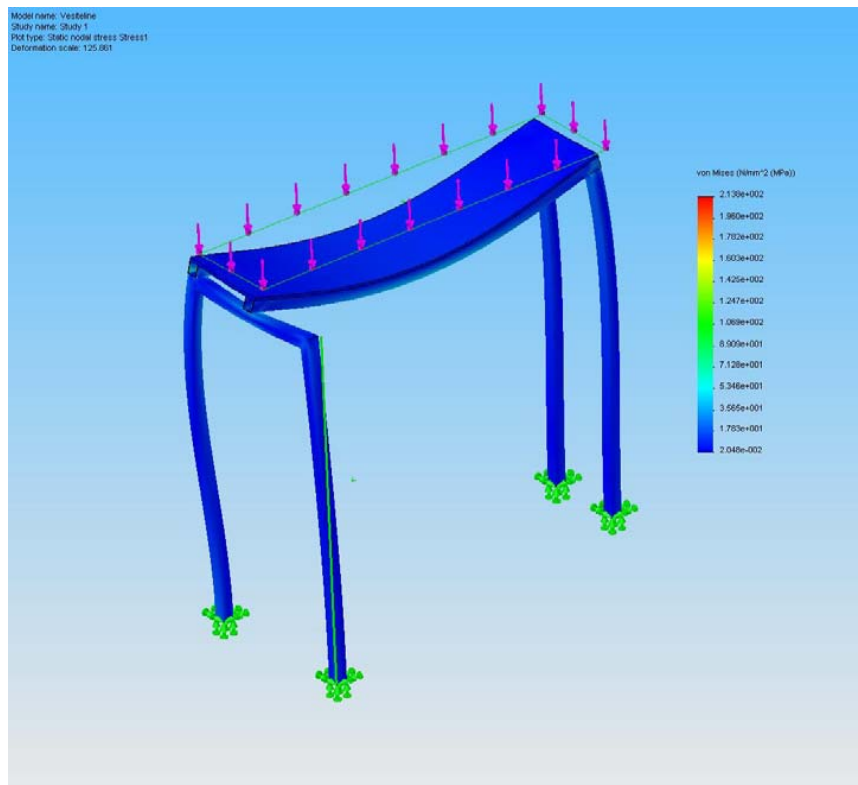


Kuva 8.6 Vesiteline ja 5 kappaletta yhden kuutiometrin vesisäiliötä

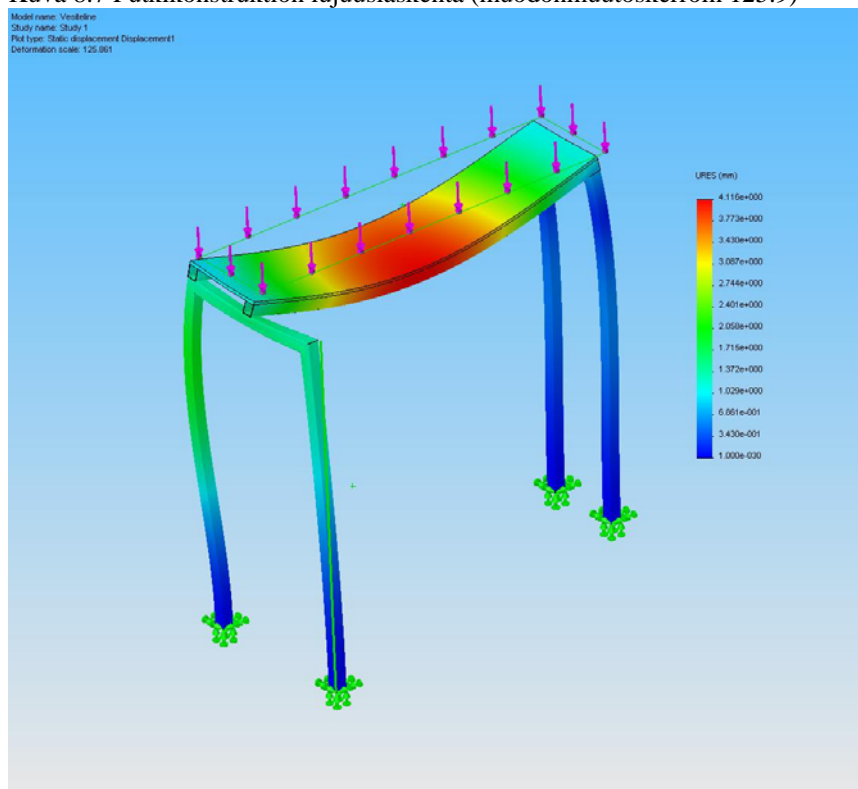
8.6.1 Koeponnistusveden telineen kestävyys

Teline valmistettiin 150 x 150 x 6 teräsputkesta, jolloin kestävyys saatiin yksinkertaisella putkikonstruktioilla riittäväksi. Putkikonstruktio kiinnitetään lopuksi vielä seinään ja pystypilareihin, joten jäykkyys lisääntyy entisestään.

Lujuuslaskennasta voidaan kuitenkin todeta, että yksinkertainenkin putkikonstruktio kestää todella hyvin sille asetetun 5000 kilon kuorman. Sen lisäksi, kuten kuvasta 8.6 voidaan nähdä, putkikonstruktio ei jousta kuin 4 millimetriä, joka on näin pitkien putkien välillä täysin normaalia.



Kuva 8.7 Putkikonstruktion lujuuslaskenta (muodonmuutoskerroin 125.9)



Kuva 8.8 Putkikonstruktion siirtymä (muodonmuutoskerroin 125.9)

8.7 Lisävalaistus

Lisävalaistuksen tarve määritettiin valaistuksen tehomittauksien ja valaistussuunnittelun avulla. Tehomittauksissa todettiin, että uuden työpisteen alueen yleisvalaistus oli ehdottoman riittämätön sellaisenaan koeponnistustyötä varten. Tätä toteamusta tuki se tosiasia, että kun valoisuustehomittauksia tehtiin, saatiin uuden alueen keskimääräiseksi luksiarvoksi 147,2 ja vanhan työpisteen ”valoisan” puolen keskiarvoksi 382,3 luksia. Kuitenkin on huomattava, että vaikka vanhan työpisteen lisävalojen avustamana luksiarvo kohosi yli 350 luksin, oli koeponnistusta tekevien henkilöiden mielestä valaistus silti hämärä, kuitenkin ei täysin kelvoton. Tarkempaa työtä varten työpisteessä oli myös käteen sopiva putkivalaisin, jolla voitiin tarkastella hitsin laatua, sekä erittäin pieniä vuotoja.

Mittaukset suoritettiin työpisteen alueella siten, että mittarin anturi asetettiin metrin korkeudelle ja suunnattiin suoraan ylöspäin, näin toimittiin viidessä eri mittauspisteessä työpisteen alueella. Mittauspisteet on määritelty kuvaan 8.2.

Kun mittaukset oli kokonaisuudessaan suoritettu, verrattiin näitä tuloksia DIALux ohjelmistolla mallinnetun työalueen laskennallisiin arvoihin, jotta voitaisiin luotettavasti tehdä valaistussuunnittelukuvat kyseisellä ohjelmistolla. Vaikka DIALux-ohjelmistolla laskettaessa saadaan arvoiksi hieman todellisuudesta poikkeavia arvoja – käytännössä suurempia, arvot olivat kuitenkin kohtalaisen yhteneväisiä todellisten arvojen suhteen. On huomattava, että mittaushetkellä loisteputket ja heijastuspinnat olivat pölyisiä, eivätkä loisteputket olleet uusia, joka sinänsä vaikuttaa tulosten eroavaisuuksiin. Myöskään valaistussuunnitteluun ei mallinnettu katossa olevaa siltanosuria, putkia tai muita ympärillä olevia objekteja. Kuitenkin pystypilarit mallinnettiin myös valaistussuunnittelukuvaan.

Mittausten ja laskennan eroavaisuudet voidaan nähdä kuvassa 8.2 olevassa taulukossa, jossa on eriteltyinä mittaamalla saadut, sekä DIALux-laskennalla saadut luksiarvot mittauspisteille 1-5.

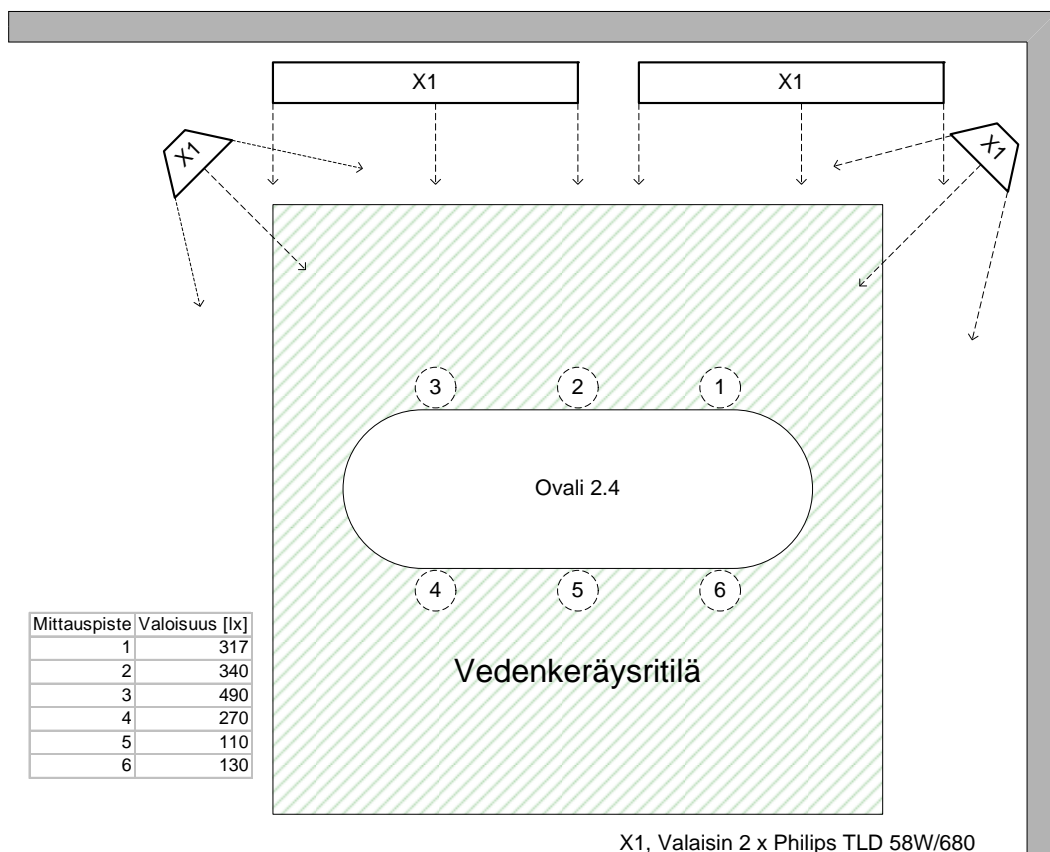
Kun mittaukset oli viety läpi, mallinnettiin työpiste DIALux-ohjelmistolla, johon lisättiin arvioidut lisävalaistukset. Seinälle kiinnitetyt 50-asteen kulmaan asennetut

kaksi loisteputkivalaisinta olivat erittäin toimiva ratkaisu. Valoteho alueelle saatiin kunnolliseksi, keskiarvon työalueella ollessa 400 luksia. Verrattuna vanhaan työpisteeseen oli valoteho työalueella kasvanut jonkin verran.

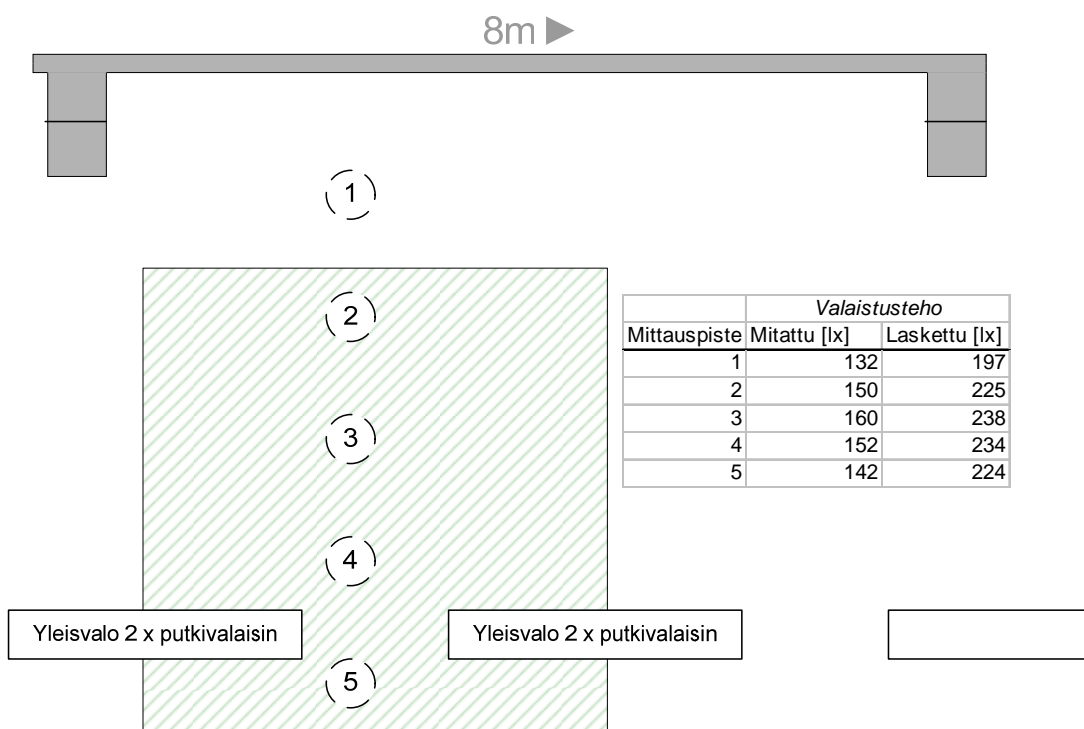
Seinällä oleva valoteline oli senkin vuoksi hyvä ratkaisu, ettei se olisi missään olosuhteissa tiellä. Valot saadaan melko kauas seinästä, mutta kuitenkin lamput eivät ole vaarassa rikkoutua.

DIALux-suunnitteluohjelman yhteenvetosivusta (Liite 3) voidaan nähdä selkeästi, että alueen valoteho jakautuu erittäin tasaisesti juuri työskentelyalueelle, joka on kuvaan merkitty neliön muotoisena sektorina. Tälle alueelle kohdistuu joka kohdalle yli 300 luksin valoteho, joka on hyvinkin riittävä koeponnistustyöhön.

Sen lisäksi, että valaistukseen ja valotehoon kiinnitetään huomiota, on myös huomattava, että vaikka vanhan työpisteen valoteho oli mittausten mukaan yli 350 luksia, oli työpiste työntekijöiden mukaan kuitenkin jotenkin hämärä. Tämä ongelma selittyy sillä, että koska vanhan työpisteen seinät olivat likaiset ja käsittelemätöntä betonia, josta valoa ei juuri heijastu, tulee työpisteen yleisilmeestä synkkä, vaikka valoa olisi-kin riittävästi. Vaikka uuden työpisteen alueella oleva yleisvalaistus oli mittauksien mukaan riittämätön koeponnistustyölle, oli alue silti silmämääräisesti tarkasteltuna huomattavasti valoisampi. Tämä johtuu siitä, että seinät ovat maalattu valkoiseksi kolmen metrin korkeudelle saakka. Näin ollen yli 300 luksin valoteholla tulee työpisteen yleisilmeestä huomattavasti miellyttävämpi ja käytettävämpi. Huomautuksena voidaan todeta, että valkoinen väri heijastaa yli 50 % enemmän valoa takaisin, kuin paljas betonipinta.



Kuva 8.9 Vanhan koeponnistustyöpiesteen valoisuustehomittausten mittauspisteet ja tulokset



Kuva 8.10 Uuden koeponnistustyöpiesteen valoisuustehomittausten mittauspisteet ja tulokset

9 TULOKSET

9.1 Työpisteen ergonomia

Työpisteen fyysiset ergonomia-asiat tulivat järjestykseen tehokkaan ja hyvän suunnittelun ansiosta. Työpöydät ovat oikealla korkeudella, tarvittavat tarvikkeet helposti saatavilla sekä työympäristö on valoisa, väljä ja mukava käyttää.

Varaajien työtuki suunniteltiin siten, että työasennot tulivat mahdollisimman yksinkertaisiksi ja kevyiksi, jolloin työntekijän ei tarvitse kyykistyä tarkastaessaan tai korjatessaan sitä.

9.1.1 Työskentelykorkeudet

Rullapöydän päällä toimivalla varaajien koeponnistustuella, saatiin työskentelykorkeudet sellaisiksi, että jokainen koeponnistuksia tekevä henkilö voi tarvittaessa ottaa säiliössä olevan ongelmakohdan sellaiselle korkeudelle mikä on juuri sopiva itselle.

Työpöydän korkeudeksi määräytyi 850 millimetriä, joka on yleisohjeen mukainen työpöydän korkeus.

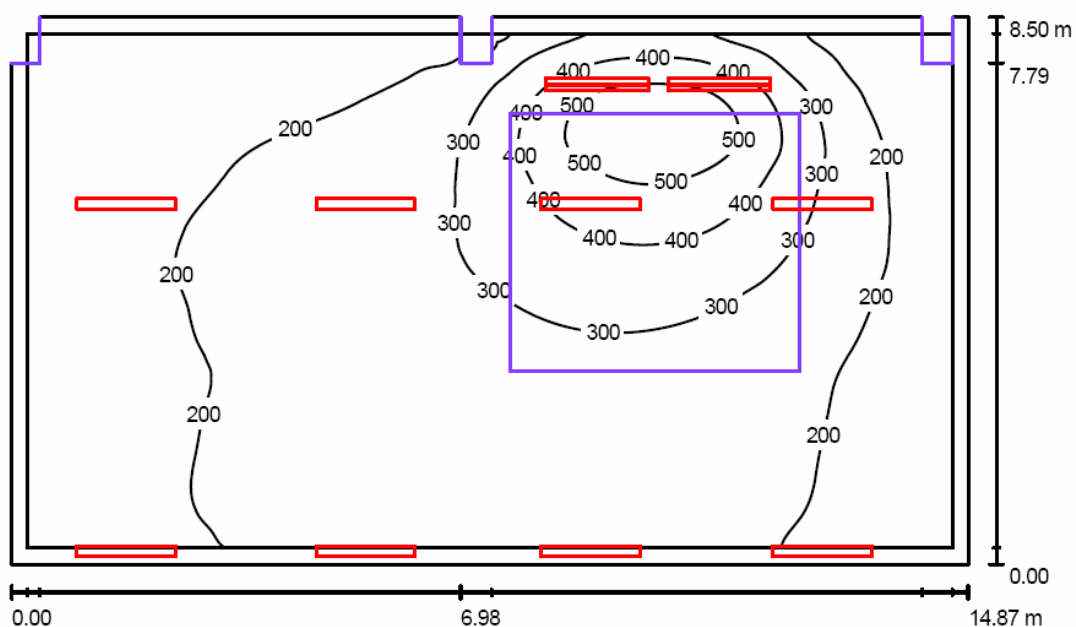
9.1.2 Valaistus

Mittausten perusteella, koeponnistuspisteeseen päätettiin asentaa normaalit loisteputkivalaisimet seinälle. Tarkkaa työtä tehostamaan työpiste varustettiin myös putkivalaisimella, joka on turvallinen käyttää kosteissa ympäristöissä. Lisävalaistus asennettiin seinätelineeseen, joka asetettiin seinällä olevan sähkökiskon yläpuolelle.

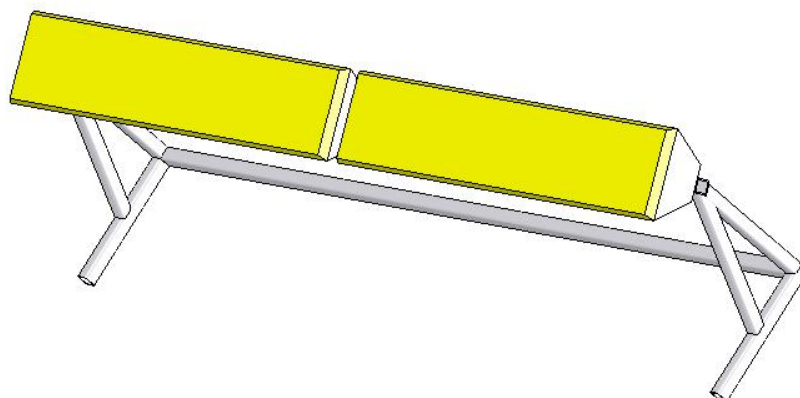
Valaistussuunnittelun avulla määrättiin valojen asennuskulmaksi 60 astetta lattiaan nähden. Kulma määräytyi kokeilujen kautta jolloin voitiin havaita, että juuri 60 asteen kulmalla valo levittyi alueelle tasaisesti siten, että työalueella oli vaivaton työskennellä.

Koska ohjeiden mukainen luksimäärä tarkalle työlle on 400 luksia, voidaan DiaLux-kaaviosta (kuva 9.1) havaita, että koko alue on valaistu vähintään 300 luksin valoteholla. Neliön muotoisella rajauksella on rajattu se alue, jota voidaan pitää sellaisena alueena jossa työtä tekevä henkilö käytännössä on suurimman osan ajastaan.

Lisävalaistus on toteutettu loisteputkivalaistuksella, eikä halogeenivalaistuksella. Tämä sen vuoksi, että loisteputkivalaistus tuottaa merkittävästi vähemmän lämpöä. Liiallinen lämpöenergia lisävalaistuksesta työpisteessä johtaa epämukaviin työskentelyolosuhteisiin.



Kuva 9.1 Dialux-kaavio lisävalaistuksen levittämisestä työskentelyalueelle ja ympäristöön



Kuva 9.2 Seinään asennettavan valotelineen 3d-malli

9.2 Viemäröinti

Urien tekeminen betoniin osoittautui erinomaiseksi viemäröintivaihtoehdoksi. Huolimatta siitä, että sen toteutus oli esillä olleista vaihtoehdoista ehdottomasti työläin.

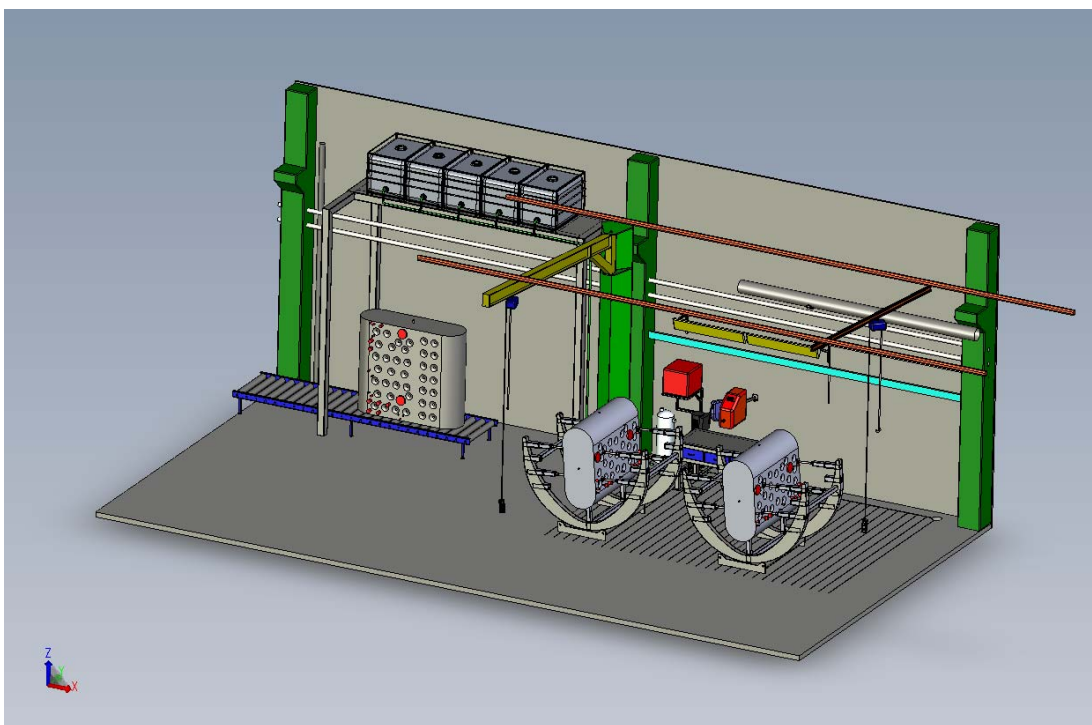
Vaikka kyseessä on vuokrahalli jonne koeponnistuspiste rakennetaan, ei tästä ratkaisusta ole ongelmaa, sillä urat voidaan peittää helposti betonitasoiteella, mikäli työpiste jostain syystä tulisi siirtää tai halli luovuttaa pois.

10 TULOKSIEN TARKASTELU

10.1 Koeponnistustyöpiste kokonaisuudessaan

Kun työpisteen suunnittelu oli valmis, voitiin 3d-mallista todeta kaikkien työvälineiden liikeradat sekä kaikkien toimilaitteiden välimatkat.

Kaiken kaikkiaan fyysisen ergonomian ja työturvallisuuden kannalta työpiste on suunnittelun jälkeen erittäin käyttökelpoinen sellaisenaan. On kuitenkin todettava, että vaikka työpiste on hyvin suunniteltu saattaa jotkin asiat vielä muuttua valmistuksen yhteydessä. Valmistusvaiheessa saatetaan oivaltaa vielä jotain sellaisia asioita joita tässä työssä ei ole vielä otettu huomioon.



Kuva 10.1 Koeponnistustyöpisteen lopullinen 3d-malli

11 YHTEENVETO

Yhteenvetona voidaan todeta, että projektin läpivienti onnistui erittäin hyvin. Eniten aikaa vei ehdottomasti uudenlaisen varaajan työtuen suunnittelu. Ergonomia suunnitellussa työpisteessä on nyt kohdallaan ja sen käyttäminen on niin vaivatonta kuin työ itsessään sallii. Projektin yksi tekijä oli kuitenkin raha. Monimutkaisia vaihtoehtoja jouduttiin ohittamaan sen vuoksi, että niiden valmistaminen olisi tullut liian kalliiksi.

Työpisteen toinen tavoite oli suunnitella mahdollisimman monikäyttöinen työpiste. Joka onnistui myös hyvin sen vuoksi, että koska työtuet ovat uudessa järjestelyssä

rullapöytien päällä, voidaan koeponnistuspisteessä koeponnistaa ongelmitta myös lämpöakku-tyyppinen energiavaraaja. Lämpöakku-tyyppinen energiavaraaja tuli suunnittelun loppuvaiheessa myös Kaukora Oy:n Orikedon toimipisteen valmistettavaksi. Lämpöakku on sylinterimäinen energiavaraaja joka ulkomuodoltaan muistuttaa selvästi painesäiliötä. Lämpöakun koeponnistaminen on aiemmin ollut hankalaa ja korjaushitsauksen yhteydessä varaaja on täytynyt aina tyhjentää vedestä, ennekuin hitsausta on voitu suorittaa. Rullapöydällä varustetussa koeponnistustyöpisteessä ei tätä ongelmaa enää ollut.

LÄHTEET

- 1: Suomen ergonomiayhdistys. Ergonomian määritelmä [verkkodokumentti]. [Viitattu 23.1.2008]. Saatavissa: http://www.ergonomiayhdistys.fi/ergonomia_maaritelma.html.
- 2: Työsuojelupiiri. Valaistus [verkkodokumentti]. [Viitattu 23.1.2008]. Saatavissa: <http://www.tyosuojelu.fi/fi/valaistus>.
- 3: Lukkari Juha 2007. Työturvallisuus teema-artikkeli. Hitsaus tekniikka 57 (1), 5.
- 4: Eliander, P., Paakkola, K., Engström, B. Hitsaus, syntyvät ilman epäpuhtaudet ja terveystarkastukset [verkkodokumentti]. [Viitattu 23.1.2008]. Saatavissa: http://www.terveysportti.fi/ltk/ltk.naytaartikkeli?p_artikkeli=ttl00244.
- 5: Gavelin, Frida. Krom och mangan vid svetsning - exponering och behov av åtgärder [verkkodokumentti]. [Viitattu 23.1.2008]. Tutkimus haitallisten kaasujen määräästä hitsauksessa. Saatavissa: <http://www.ivl.se/rapporter/pdf/B1675.pdf>.
- 6: Sosiaali- ja terveysministeriö. HTP-arvot 2007 - Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet. Helsinki: Sosiaali- ja terveysministeriö 2007. 28 s. (Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuja)

LIITELUETTELO

LIITE 1 Valaistusvoimakkuusmittausten mittauspöytäkirja

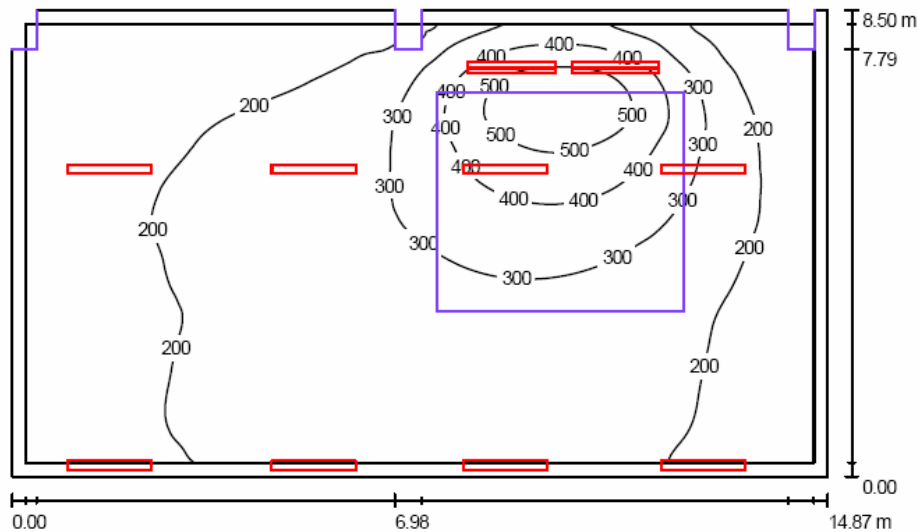
LIITE 2 DIALux yhteenvetosivu työpisteen valaistuksesta

LIITE 3 SolidWorks kuva valmiista työpisteestä

LIITE 4 Layout kuva valmiista työpisteestä

Tekijä Timo Jalonen
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite timo.jalonen@tp.spt.fi

Tila 1 / Yksisivuinen tulos



Tilan korkeus: 7.000 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava
1:110

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Käyttötaso	/	246	104	589	0.42
Lattia	15	193	27	383	0.14
Katto	0	31	12	59	0.39
Seinät (6)	12	136	0.39	4461	/

Käyttötaso:

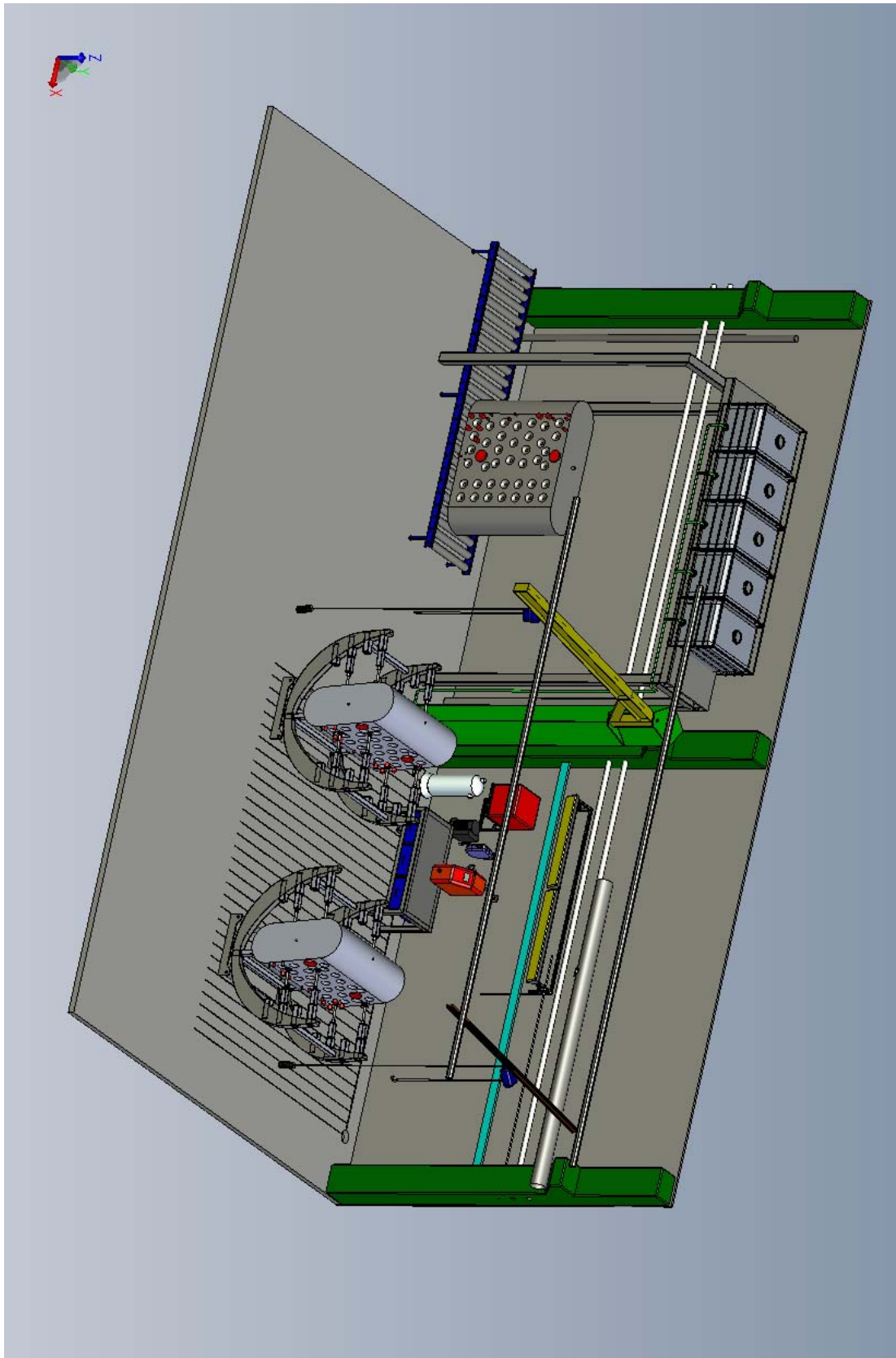
Korkeus: 0.850 m
Rasteri: 128 x 128 Pisteet
Reuna-alue: 0.250 m

Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	Φ [lm]	P [W]
1	8	Philips TMS028 2xTL-D58W/830 CON C (1.000)	10400	133.0
2	2	Philips Twigi 321TSW 2xTL-D58W/830 CON P (1.000)	10400	133.0

Yhteensä: 104000 1330.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $10.52 \text{ W/m}^2 = 4.28 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 126.40 m^2)



LIITE 4

