

AUTOMAATTINEN OVI SILTANOSTURILLE

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone ja tuotantotekniikka
Mekatroniikka
Opinnäytetyö
28.4.2007
Antti Virtanen

Lahden ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

VIRTANEN ANTTI: Automaattinen ovi siltanosturille

Mekatroniikan opinnäytetyö, 38 sivua, 8 liitesivua

Kevät 2007

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella jo olemassa olevaan siltanosturiluukkuun mekanismi, jolla luukku saadaan aukeamaan automaattisesti siltanosturin lähestyessä sitä. Laite suunnitellaan Lahden Kestobetoni Oy:lle. Laite tulee yrityksen omaan käyttöön, ja se on tarkoitus valmistaa tässä opinnäytetyössä esitelyjen suunnitelmien pohjalta.

Laitteen on tarkoitus syrjäyttää tämänhetkinen luukunavausmetodi. Tällä hetkellä luukun avaaminen tapahtuu mekaanisesti siten, että siltanosturin lähestyessä luukua siltanosturiin asennetut ohjurikaaret osuvat luukussa oleviin rullaohjaimiin ja luukku aukeaa nosturin omalla työntövoimalla. Tämän hetkinen avausmetodi on hyvin ongelmallinen talvisin, sillä siltanosturit eivät jaksaa työntää luukua auki jäätyneiden nosturikiskojen luukkauden vuoksi. Tuo nykyinen avausmekanismi rasittaa myös hyvin paljon sekä siltanostureiden että luukun rakenteita.

Siltanostureita käytetään Kestobetonilla pääasiassa betonielementtien sekä muottien siirtämiseen. Luukku erottaa hallin sisäpuolen ulkotiloista.

Opinnäytetyössä keskitytään laitteen mekaniikka-, pneumatiikka- ja sähkösuunnitteluun sekä komponenttien mitoittamiseen ja valintaan. Tuotoksena ovat sähkö-, pneumatiikka- ja mekaniikkapiirustukset, joista käy ilmi laitteen toimintaperiaate.

Avainsanat: siltanosturiluukku, pneumatiikka, suunnittelu.

Lahti University of Applied Sciences
Faculty of Technology

VIRTANEN ANTTI: Automatic door for bridge crane

Bachelor`s Thesis in Mechatronics , 38 pages, 8 appendices

Spring 2007

ABSTRACT

The objective of this study was to design a mechanism for an already existing bridge crane door whereby the door would open automatically when bridge crane approaches it. The study was commissioned by Lahden Kestobetoni Oy. The mechanism was designed for the company`s own use and it will be manufactured on the basis of this study.

The new mechanism replaces the old one. At present the door opens when the curved guide of a bridge crane hits to the guide roller of the door. The door opens by the push force of the crane. The current method is quite problematic in winter because sometimes bridge cranes have not enough energy to open the door due to frozen crane rails. In addition, the current opening mechanism strains the construction of the bridge cranes and the door.

At Kestobetoni bridge cranes are mainly used for moving concrete elements and concrete forms. The door opens outside.

The study concentrates on the mechanics, pneumatics and electrics design of the mechanism and also dimensioning and choosing of components. Drawings of mechanics, pneumatics and electrics are the results of this study.

Key words: bridge crane door, pneumatic, design.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
1.1 Työn tarkoitus ja tavoitteet	1
1.2 Toteutus	2
1.3 Odotettavissa olevat ongelmat	2
1.4 Suunnittelun kulku	2
1.4.1 Työn alulle saaminen	2
1.4.2 Työstäminen	3
1.4.3 Suunnitelmieni tarkistuttaminen ja luovuttaminen	3
2 IDEOINTI	4
2.1 Luukun aukaiseminen	4
2.1.1 Luukun avaaminen ulospäin	4
2.1.2 Luukun avaaminen sisäänpäin	4
2.1.3 Valitsemani toteutustapa	5
2.2 Sähköinen, pneumaattinen vai hydraulinen avausmekanismi	5
2.2.1 Hydraulinen avausmekanismi	5
2.2.2 Sähköinen avausmekanismi	6
2.2.3 Pneumaattinen avausmekanismi	6
3 SUUNNITTELU JA MITOITUS	7
3.1 Luukun avaamiseen vaadittava voima	7
3.1.1 Luukun massa	7
3.1.2 Pneumatiikkasyntereiden kiinnitys ja kulma	8
3.2 Pneumatiikan suunnittelu	9
3.2.1 Perustiedot	9
3.2.2 Sylintereiden liike	11
3.2.3 Sylintereiltä vaadittavat voimat	11
3.2.4 Sylintereiden valitseminen	12
3.2.5 Suuntaventtiilin ja putkistojen mitoittaminen	12
3.3 Runko	13
3.3.1 Liikelle lähtö	13
3.3.2 Yläpalkin mitoittaminen	14
3.3.3 Pystyputkien ja poikkiputkien mitoittaminen	16

3.3.4 Liitokset rakenteissa	17
3.4 Avausautomaatiikka ja sen toteutus	17
3.4.1 Optiset lähestymiskytkimet	17
3.4.2 Riskitilanteiden minimointi	17
3.4.3 Kosketuskytkimet	18
3.4.4 Painikkeet	19
3.4.5 Varoitusvalot	19
4 TOIMINTAKUVAUS	19
5 PIIRUSTUKSET	20
5.1 Pneumatiikka piirustukset	20
5.2 Sähköpiirustukset	20
5.3 Mekaaniset piirustukset	20
6 PÄÄTÄNTÄ	21
6.1 Esiintyneet ongelmat	21
6.1.1 Vaikeudet toimintaelimen valinnassa	21
6.1.2 Vaikeudet mekaanisen suunnittelun osalla	21
6.1.3 Ohjauksen ja automatisoinnin vaikeudet	22
6.2 Suunnitelmien arviointi	22
6.2.1 Suunnittelun kulku	22
6.2.2 Tavoitteiden täytyminen	23
LÄHTEET	24

1 JOHDANTO

1.1 Työn tarkoitus ja tavoitteet

Työn tarkoituksena oli suunnitella automaattinen luukun avausmekanismi jo olemassa olevaan yläreunasta saranoituun siltanosturiluukkuun. Luukku on kuvattuna kuviossa 1. Luukun olisi tarkoitus avautua automaattisesti siltanosturin lähestyessä sitä ja sulkeutua, kun siltanosturi on ohittanut luukun. Tavoitteena oli toteuttaa avausmekanismi mahdollisimman yksinkertaisesti ja pienin kuluin siten kuitenkin, että automatiikka olisi luotettava ja soveltuva paikalla vallitseviin olosuhteisiin. Suunnitelmille tuli myös tehdä kustannusarvio.



KUVIO 1. Kuva luukusta, johon automaattinen avausmekanismi tulisi suunnitella.

1.2 Toteutus

Tarkoitukseni oli tehdä suunnittelutyötä kotonani omalla tietokoneellani. Sain myös luvan käydä Kestobetonilla, aina kun koin sen olevan tarpeellista. Ohjaajani työssäni oli Olli Kaikkonen, jolta kyselinkin työn aikana useampaan kertaan työn toteuttamisesta. Pneumaattisten ja sähköisten suunnitelmien osalta olin yhteydessä Arto Kettuseen ja Markus Halmeeseen. Apunani käytin seuraavia tietokone ohjelmistoja: Solidworks, CADs, Univer Pneumatic, Festo Fluidsim, Microsoft Excel ja Microsoft Word. Suunnittelussa käytin myös tukenani koneenrakennukseen ja pneumatiikkaan liittyvää kirjallisuutta.

1.3 Odotettavissa olevat ongelmat

Etukäteen ajattelin, että suurimman ongelman suunnitelmilleni toisivat paikalla vallitsevat olosuhteet, kuten betonipöly ja talvisin pakkanen. Suunnittelua hankaloitti myös se, että sisäpuolella hallia katto oli aivan luukun yläpalkin kanssa samalla tasolla, jonka vuoksi avausmekanismien suunnittelemisen hallin sisäpuolella vaikutti mahdottomalta. Myös haasteensa avausmekanismin hallin ulkopuoliseen rakentamiseen toi se, että hallinpääty kuuluu olennaisesti torninosturin nostoalueeseen, jonka vuoksi rakenteet tuli suunnitella mahdollisimman vähän tilaa vieviksi. Ongelmana oli myös ajatus siitä, kuinka luukku saadaan aukeamaan riittävän nopeasti täydellä nopeudella lähestyvän siltanosturin tieltä, vai joudutaanko kenties tekemään muutoksia siltanostureiden ohjauksien kanssa.

1.4 Suunnittelun kulku

1.4.1 Työn alulle saaminen

Aluksi sovin ja keskustelin Kestobetonin toimitusjohtajan Janne Kolsin kanssa tästä automaattisesta siltanosturiluukusta, sen mahdollisesta toteutuksesta, työn laajuudesta ja rajauksesta sekä aikatauluista. Seuraavaksi tein pienimuotoisen,

muutamien sivun mittaisen esittelyn kyseenomaisesta tehtävästä ja vein sen näytille opintolinjani Yliopettajalle Olli Kaikkoselle. Kun sain Kaikkoselta hyväksynnän tehtävän suorittamiseksi opinnäytetyönä, tein sopimukset Kestobetonin kanssa.

1.4.2 Työstäminen

Työn alkuvaiheessa päätin, että teen työtä omin avuin niin pitkälle kuin osaan. Pneumaattisten komponenttien mitoituksessa ja valinnassa käännyin useampaankin kertaan ER-tarvike nimisen yrityksen puoleen, josta sain todella hyvää asiantuntevaa palvelua. Myös Hytar Oy auttoi minua pneumatiikkaan liittyvissä kysymyksissä. Sähköisten osa-alueiden suunnittelun tein käytännössä täysin yksin, eikä sen tekemisessä esiintynyt juurikaan ongelmia. Mekaaniset osuudet tein myös kokonaan itse oppimieni tietojen ja taitojen avulla. Suunnittelun ohella olin myös tiiviisti yhteydessä Kestobetonin työntekijöihin, heiltä sainkin paljon ehdotuksia, suosituksia ja tietoa kyseiseen tapaukseen liittyen. Kävin myös paikan päällä Kestobetonilla aina kun tarvetta oli.

1.4.3 Suunnitelmieni tarkistuttaminen ja luovuttaminen

Saatuani suunnitelmat sille tasolle, että ne olivat mielestäni valmiit, kävin tarkistuttamassa ne kouluni opettajilla; Arto Kettunen tarkisti pneumatiikka piirustukseni ja Markus Halme sähköpiirustukseni. Opettajien katsottua läpeensä suunnitelmani, tein tarvittavat korjaukset. Suunnitelmien valmistuttua, palautin ja esittelin aikaansaannokseni Kestobetonin toimitusjohtajalle Janne Kolsille.

2 IDEOINTI

2.1 Luukun aukaiseminen

Sovellus oli tarkoitus suunnitella jo valmiiseen luukkuun, jonka avaaminen on tapahtunut aikaisemmin täysin mekaanisesti. Avaaminen on siis tapahtunut siten, että siltanosturia ajettaessa siltanostureihin asennetut ohjurikaaret osuvat luukussa oleviin rullaohjaimiin, ja luukku aukeaa nosturin työntövoimalla. Luukun avaaminen oli siis saranoinnin puolesta mahdollista avata joko ulkopuolelle hallia tai sisäpuolelle hallia. Molemmilla tapauksilla oli omat etunsa ja haittansa.

2.1.1 Luukun avaaminen ulospäin

Mikäli luukku avattaisiin ulospäin, etuna olisi se, että avausmekanismille rakennettava runko olisi suhteellisen helppoa rakentaa hyvien kiinnityspisteiden ja tilan vuoksi. Ulospäin avautuva luukku olisi myös esteettisesti sopiva ratkaisu, sillä Kestobetonin uuden hallin siltanosturiluukku on myös toteutettu siten, että se aukeaa ulospäin. Haittapuolena ulospäin avautuvalla luukulla olisi se, että avausmekanismille rakennettava runkorakenne tulisi olemaan ehkä hieman torninosturin tiellä, sillä osa Kestobetonin tuotteista viimeistellään aivan vanhan hallin päädyssä olevissa pesupukeissa, ja ne on myös kyettävä nostamaan niistä torninosturilla elementtivarastoon. Oman vaikeutensa tilanteeseen tuovat myös Suomen vaativat sääolosuhteet, eli mikäli luukku avattaisiin ulospäin, se tarkoittaisi sitä, että rakenteet tulisivat ulkotiloihin, jolloin etenkin talvipakkasien tuomia ongelmia saattaisi esiintyä, erityisesti pneumatiikkasovelluksissa.

2.1.2 Luukun avaaminen sisäänpäin

Mikäli luukku avattaisiin hallin sisäpuolelle, pakkasen ja muiden sääolosuhteiden aiheuttamat tilanteet eivät olisi haittana. Kuitenkin ongelmana sisäänpäin avautuvalle luukulle on se, että tilat rakenteille ovat olemattomat hallin sisällä. Luukun

avausmekanismit on luonnollisesti oltava luukun yläpuolella, sillä alapuoli pitää olla vapaa kulkeville siltanostureille. Luukku on aivan hallin katon rajassa, eikä kiinnitysmahdollisuuksiakaan juuri ole, siksi jouduin hylkäämään ajatuksen hallin sisäpuolelle aukeavasta luukusta.

2.1.3 Valitsemani toteutustapa

Päädyin siis siihen, että luukku on avattava ulospäin. Kuitenkin pyrin suunnittelussa siihen, että avausmekanismit ja rakenteet olisivat mahdollisimman vähän tilaa vieviä, jotta ne eivät häiritä torninosturin toimintaa. Mekanismeissa on myös otettava huomioon Suomen vaativat sääolosuhteet, niin pakkasten kuin vesisateidenkin varalta.

2.2 Sähköinen, pneumaattinen vai hydraulinen avausmekanismi

Avausmekanismin toimintaelimen valintaprosessi alkoi sillä, että etsin internetistä ja kirjoista vastaavanlaisia rakennelmia siinä toivossa, että olisin saanut ideoita rakenteen toteuttamiseksi. Kuitenkaan vastaavanlaista tilannetta en löytänyt lainkaan, sillä useimmiten vastaavan kokoisten luukkujen ja ovien avaaminen oli toteutettu nosto- tai liukuovilla eikä saranoidulla luukulla, kuten tässä tapauksessa. Aloinkin pohtia eri vaihtoehtojen hyviä ja huonoja puolia.

2.2.1 Hydraulinen avausmekanismi

Hydraulisella avausmekanismilla hyvänä puolena olisi ollut: riittävä voima, sääolosuhteiden sieto ja järkevä lineaarinen voimansiirto hydraulikkasyntereiden avulla. Kuitenkin hylkäsin hydraulikan tässä tilanteessa sen vuoksi, että sen rakentaminen olisi tullut liian kalliiksi, sekä siksi, että liikenopeudet eivät olisi olleet riittävän nopeita.

2.2.2 Sähköinen avausmekanismi

Sähköisen avausmekanismin hylkäsin, koska en keksinyt tai löytänyt tilanteeseen sopivaa järkevää voimansiirtomenetelmää, jolla sähkömoottorin pyöriväliike olisi muunnettu lineaariseksi liikkeeksi. Pohdin kyllä ratkaisua, jossa sähkömoottori pyörittäisi pitkää laakeroitua akselia, jonka ympärille kietoutuisivat vaijerit tai kuormaliinat vetäen luukun yläasentoon. Hylkäsin kuitenkin nuo vaijeri ja kuormaliina-tyyppiset ratkaisut, koska ajattelin sen olevan ongelmallinen mahdollisissa vikatilanteissa enkä pitänyt kyseenomaista ratkaisua kovinkaan ammattimaisena. Sähkömoottorilla toteutettu avausmekanismi olisi myös todennäköisesti vaatinut niin kookkaat runkorakenteet ympärilleen, että ne olisivat tulleet pesupukkien yläpuolelle ja sen vuoksi vaikeuttaneet torninosturilla tehtävää työtä.

2.2.3 Pneumaattinen avausmekanismi

Pneumaattinen, eli paineilmaan perustuva, järjestelmä sopikin tilanteeseen mielestäni hyvin, sillä Kestobetonilla oli valmiina tehokas paineilmaverkosto. Pneumatiikkasyylintereillä luukun avaaminen oli myös mahdollista toteuttaa järkevästi ja ammattimaisesti. Runkorakenteetkin oli mahdollista toteuttaa pneumaattisen järjestelmän avulla suhteellisen vähän tilaa vieviksi. Myös pneumatiikkasyylintereiden suuret liikenopeudet olivat etuina, eikä hintakaan pneumatiikan osalla ollut liian suuri. Myös liikuteltavat voimat olivat mahdollisia pneumaattisesti toteutettaviksi. Pneumatiikka oli myös suotuisa vikatilanteita ajatellen, sillä tilanteessa, jossa jokin vika tai häiriö estäisi luukun aukeamisen, eivät pneumatiikkajärjestelmän alhaiset voimat välttämättä rikkoisi mitään. Ainoa ongelma pneumatiikan kohdalla olivat nuo vaativat Suomen sääolosuhteet, joista etenkin pakkasen huolestutti, sillä paineilman seassa on usein hieman vettä, joka jäätyessään voi aiheuttaa ongelmia paineilmajärjestelmissä. Kuitenkin keskusteltuani pneumatiikka-asiantuntijoiden kanssa tulin siihen tulokseen, että nuo pakkasen aiheuttamat ongelmatilanteet pneumatiikan suhteen oli minimoitavissa tarpeeksi pieniksi seuraavanlaisesti. Pneumatiikkasyylinterien tuli olla tiivisteiden ja mäntien osalta pakkasenkestäviä. Lisäksi pneumatiikka sylinterit vaativat oikeanlaisen pakkasen kestävän voiteluaineen. Kaikki muut järjestelmän edellyttämät komponentit tuli si-

joittaa lämpimään halliin. Lisäksi järjestelmään oli asennettava vedenerottimet kosteuden erottamiseksi paineilmasta.

3 SUUNNITTELU JA MITOITUS

3.1 Luukun avaamiseen vaadittava voima

3.1.1 Luukun massa

Mitoituksen lähtökohtana oli selvittää luukun aukaisemiseen vaadittava voima. Aluksi piti siis selvittää luukun massa. Mittasin luukun pituuden, leveyden ja korkeuden. Selvitin rungon valmistamisessa käytetyn materiaalin sekä luukun päällystämässä käytetyt pintamateriaalit. Taulukoista katsoin luukun valmistamisessa käytettyjen materiaalien massat metriä tai neliometriä kohden, niiden avulla sain laskettua luukunmassan riittävällä tarkkuudella. Luukku on 11 metriä leveä ja 1.55 metriä korkea. Luukun runko on rakennettu 30 x 30 x 3 neliöputkesta. Pituusmassa kyseenomaiselle neliöputkelle on 2.36 kg/m. Luukun runko on hitsattu siten, että rungossa on pystysuunnassa kyseenomaisia neliöputkia 10 kappaletta ja vaakasuunnassa 3 kappaletta. Rungonpaino on:

$$m_{\text{runko}} = (10 \cdot 1.55\text{m} + 3 \cdot 11\text{m}) \cdot 2.36 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 114.46\text{kg} \approx 115\text{kg} .$$

Luukku on päällystetty molemmin puolin 1 mm paksulla alumiinilevyllä (tiheys = 2700kg/m³). (Maol-taulukot 1993, 134.) Luukun päällystelevyjen paino on:

$$m_{\text{päällyste}} = 11\text{m} \cdot 1.5\text{m} \cdot 0.001\text{m} \cdot 2 \cdot 2700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 89.1\text{kg} \approx 90\text{kg} .$$

Luukku on eristetty villalla ja ohutlevyt on kiinnitetty luukkuun ruuveilla. Arvioin eristyksien ja kiinnitysruuvien yhteispainon olevan noin 5 kg.

Luukun kokonaispaino on siis yhteensä:

$$m_{\text{luukku}} = m_{\text{runko}} + m_{\text{päällyste}} + m_{\text{eristeet_ja_ruuvit}} = 114.46\text{kg} + 89.1\text{kg} + 5\text{kg} = 208.56\text{kg} \approx 210\text{kg}$$

Luukun tukemiseksi luukkuun kiinnitetään luukun levyinen 50 x 30 x 2.5 putkipalkki sylintereiden varsien kiinnityskohtaan. Tukipalkin pituusmassa on 2.82 kg/m. Tukipalkin massa on siis:

$$m_{\text{tukipalkki}} = 11\text{m} \cdot 2.82 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 31.02\text{kg} \approx 31\text{kg} .$$

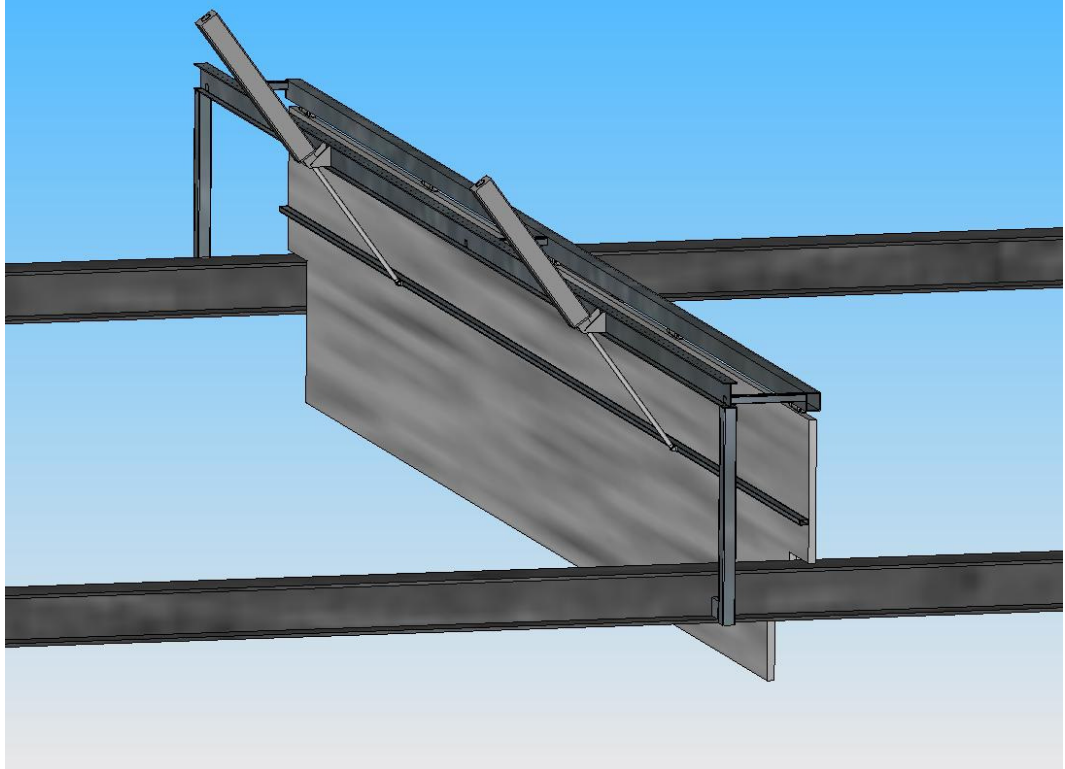
Tukipalkin ja luukun yhteismassa on:

$$m = m_{\text{tukipalkki}} + m_{\text{luukku}} = 31.02\text{kg} + 208.56\text{kg} = 239.58\text{kg} \approx 240\text{kg} .$$

3.1.2 Pneumatiikkasylintereiden kiinnitys ja kulma

Kun luukun massa ja voimansiirtoelin olivat tiedossa, piti suunnitella pneumatiikkasylintereiden kiinnitys, jotta oli mahdollista selvittää luukun avaamiseen tarvittava voima. Päätin toteuttaa avauksen siten, että pneumatiikkasynterit asennettiin noin 45° asteen kulmaan sulkeutuneeseen luukkuun nähden. Luukun ollessa auki, sylinterit ovat kohtisuorassa luukkua vasten. Sylinterit kiinnitettäisiin runkopalkkiin etupäistään liikkuvalla nivelkiinnikkeellä. Sylinterin kiinnitys luukkuun tapahtuisi männän varteen asennettavan pallonivelkiinnikkeen avulla, joka sallisi liikkeen joka suuntaan. Liikkuvien nivelkiinnikkeiden ansioista sylintereihin ei kohdistu kuin sylinterinsuuntaisia voimia. Suurin sylintereiltä vaadittava voima luukun avaamiseksi vaaditaan silloin, kun luukku on täysin auki eli yläasennossa, jolloin sylinterit ovat 90° kulmassa luukkuun nähden. Sen vuoksi tein komponenttien mitoittamisen perustuen tilanteeseen, jolloin luukku on yläasennossa. Sylintereiltä vaadittavan voiman suuruuteen vaikutti vielä sylintereiden varsien etukiinnikkeiden etäisyys luukun saranoista. Eli mikäli valittiin suuren iskunpituuden omaavat sylinterit luukun avaamiseksi, silloin sylintereiltä vaadittava voima olisi

pienempi kuin pienellä iskunpituudella varustetuilla sylintereillä, koska pitkällä iskunpituudella sylintereiden etukiinnikkeet voitaisiin asentaa kauemmaksi luukun saranoista. Kuvioista 2 selviää, kuinka sylinterit sijoitetaan rakenteisiin.



KUVIO 2. Kuvassa on kokoonpanoluonnos suunnitellusta avausmekanismista.

3.2 Pneumatiikan suunnittelu

3.2.1 Perustiedot

Aluksi selvitin Kestobetonin paineilmaverkostosta mitoituksen kannalta oleelliset seikat, kuten mitoituspaineen, sekä varmistin, että kompressoreiden tuottama tilavuusvirta olisi riittävä. Seuraavaksi valitsin sovellukseen soveltuvat sylinterit mitoituspaineen (6bar) ja sylintereiltä vaadittavan voiman avulla. Luukun massa aiheuttaa $208.56\text{kg} \cdot 9.81\frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 2045.97\text{N} \approx 2046\text{N}$ suuruisen voiman, jonka etäisyys on 0.775 metriä luukun saranoista. Luukun tukemiseksi asennettavan tukipalkin massa aiheuttaa $31.02\text{kg} \cdot 9.81\frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 304.31\text{N} \approx 304\text{N}$ suuruisen voiman,

jonka etäisyys luukunsaranoista on 0.58 metriä. Sylintereiden varret kiinnitetään tukipalkkiin, joten sylintereiltä vaadittavan voiman etäisyys luukun saranoista on myös 0.58 metriä. Sylintereiltä vaadittava kokonaisvoima on:

$$\sum f(x) = 0 \Rightarrow a_x = 0$$

$$\sum f(y) = 0 \Rightarrow a_y + b_y - 304.31N - 2045.97N = 0$$

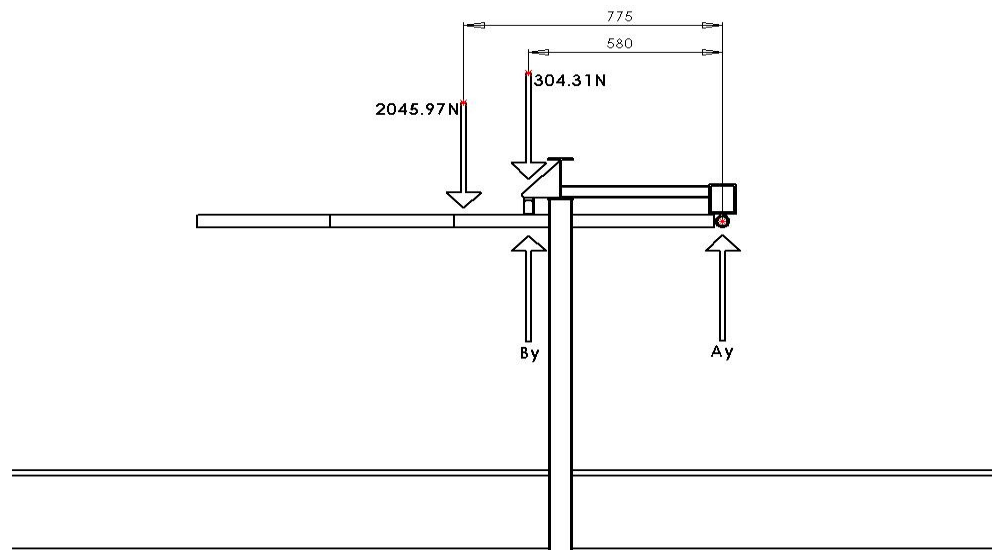
$$\sum M(a) = 0 \Rightarrow -304.31N \cdot 0.58m + b_y \cdot 0.58m - 2045.97N \cdot 0.775m = 0$$

$$\Rightarrow b_y = \frac{2045.97N \cdot 0.775m + 304.31N \cdot 0.58m}{0.58m} = 3038N \approx 3050N$$

Joten luukun- ja tukipalkinmassan aiheuttama kokonaisvoima sylintereille on

$$F_b = 3050N. \text{ Yhtä sylinteriä kohden voima on } \frac{F_b}{2} = \frac{3050N}{2} = 1525N. \text{ Kuvioista}$$

3 nähdään luukun massan ja tukipalkin aiheuttamat voimat.



KUVIO 3. Vapaakappale kuvio vaikuttavista voimista luukun ollessa yläasennossa (kuvattuna oikealta).

3.2.2 Sylintereiden liike

Sylintereiden vetävän liikkeen pitää olla noin 860mm, joten valitaan sylintereiden iskunpituudeksi hieman suurempi eli 900mm. Halutaan, että luukku aukeaa 1.5 sekunnissa, joten sylintereiden keskinopeus:

$$v_k = \frac{s}{t} = \frac{0.86m}{1.5s} = 0.573 \frac{m}{s}.$$

Sylinterin maksiminopeus on noin 1.4-kertainen keskinopeuteen nähden, sillä sylinterin liike koostuu kiihdytyksestä, vakionopeusvaiheesta ja hidastusvaiheesta. (Ellman, Hautanen, Järvinen & Simpura 2002, 134.)

$$v_{\max} = v_k \cdot 1.4 = 0.573 \frac{m}{s} \cdot 1.4 = 0.803 \frac{m}{s}.$$

Sylinterin kiihdytysvaihe on tyypillisesti noin 10...30 % sylinterin iskunpituudesta. (Fonselius, Hautanen, Mutikainen, Pekkola, Salmijärvi & Simpura 1997, 69.) Näin suurella iskunpituudella varustetuilla sylintereillä tuo kiihdytysvaihe on hyvin lähellä tuota 10 %, joten käytän kiihtyvyyttä laskettaessa kiihdytysmatkana 10 % sylinterin iskunpituudesta, eli 90mm. Sylinterin kiihtyvyys on:

$$a = \frac{v_{\max}^2}{2 \cdot s} = \frac{(0.803 \frac{m}{s})^2}{2 \cdot 0.09m} = 3.583 \frac{m}{s^2},$$

olettaen että kiihtyvyys on tasaista. (Fonselius ym. 1997, 69.)

3.2.3 Sylintereiltä vaadittavat voimat

Kiihdytyksen aiheuttama voima:

$$F_a = ma = 240kg \cdot 3.583 \frac{m}{s^2} = 859.92N \approx 860N.$$

Todellisuudessa tuo kiihdytyksen vaatima voima ei ole aivan noin suuri, sillä kiihdytysvaihe alkaa luukun ollessa alhaalla, jolloin sylintereihin kohdistuva voima ei ole 240kg suuruinen vaan huomattavasti pienempi. Käytän kuitenkin sylinterin mitoituksessa kiihdytykseen kuluvana voimana tuota 860N arvoa. Kitkojen ja ilmanvastusten voittamiseen vaadittava voima on arviolta noin 20 % kokonaisvoimasta. (Fonselius ym. 1997, 69.) Yhdeltä sylinteriltä vaadittava voima on:

$$F = \frac{(F_b + F_a) \cdot 1.20}{2} = \frac{(3050N + 860N) \cdot 1.20}{2} = 2475 \approx 2500N .$$

3.2.4 Sylintereiden valitseminen

Tarvitaan siis sylinterit, joiden teoreettiset voimat ovat minimissään 2500N 5bar:lla. Mitoituspaine on 6 bar, mutta valitaan sylinterit 5 bar:in mukaan, koska täytyy huomioida letkujen ja suuntaventtiilin aiheuttamat painehäviöt (maksimissaan yhteensä 1 bar). Valitsemani sylinterit ovat halkaisijaltaan 100 mm ja männänvarren halkaisijat ovat 25 mm. Sylinterit ovat kaksitoimisia, joilla iskunpituudet ovat 900 mm. Teoreettinen vetävä voima kyseenomaiselle sylinterille on:

$$F = pA = 500000Pa \cdot (\pi \cdot (0.050m)^2 - \pi \cdot (0.0125m)^2) = 3681.6N \approx 3682N .$$

(Ellman ym. 2002, 134.) Koska valitsemani sylinterit ovat kaksitoimisia, mutta sovelluksessa ei tarvita kuin vetävää voimaa, niin sylintereiden plus-liikkeen liitäntäreikiin asennetaan huohottimet.

3.2.5 Suuntaventtiilin ja putkistojen mitoittaminen

Suuntaventtiilin ja putkistojen mitoittamisen tein taulukoiden perusteella siten, että painehäviöt pitää olla alle 1 bar. (Ellman ym. 2002, 148.) Suuntaventtiiliksi valitsin sähköohjatun 3/2 suuntaventtiilin, joka on normaalisti suljettu. Suuntaventtiilin nimellistilavuusvirta piti olla yhtä sylinteriä kohden minimissään 2200 l/min. Päätin kustannuksien minimoimiseksi toteuttaa sylinterien ohjauksen yhdel-

lä suuntaventtiilillä, jolloin tilavuusvirta sai olla siis minimissään 4400 l/min. Valitsin Camozzin tuoteluettelosta sopivan 3/2 suuntaventtiilin, jolla nimellistilavuusvirta oli 5400 l/min ja käämin ohjauksjännite 230VAC. Letkuksi valitsin 26/16 kumiletkun, jolla siis sisähalkaisija 16 mm. Jotta sylinterit toimisivat myös pakka-
sessa, päätin asentaa paineilmajärjestelmään vedenerottimen, jolla nimellistilavuusvirta minimissään 6000 l/min. Ongelmatilanteiden välttämiseksi päätin myös, että vedenerottimen tyhjennys tulee tapahtua automaattisesti. Suuntaventtiilin poistoaukkoon liitetään virtaventtiili (kuristin), jotta luukun sulkeutuminen tapahtuisi hallitusti. Sovelluksen toiminnan kannalta on erityisen tärkeää riittävä paine. Mikäli paine ei ole riittävä, se saattaa aiheuttaa siltanosturin ja luukun yhteentörmäyksen. Sen vuoksi putkistoon asennetaan myös paineentunnistin, joka valvoo, että putkistoissa on riittävä paine luukun avaamiseksi. Mikäli paineentunnistin tunnistaa, että järjestelmässä ei ole riittävän suuri paine, niin tunnistimen kytkinosa toimii ja hallinpäädäyissä (ulko- ja sisäpuolella) olevat punaiset varoitusvalot syttyvät ja ilmoittavat siltanosturinkuljettajalle, että nosturia ei saa ajaa hallista ulos ennen kuin paine on riittävän suuri. Paineilmajärjestelmässä kaikki liitännät ovat kokoa G $\frac{1}{2}$.

3.3 Runko

3.3.1 Liikkelle lähtö

Rungon suunnittelun aloitin heti, kun olin päättänyt toteuttaa luukun avaamisen pneumatiikka sylintereiden avulla. Rungon suunnittelun tavoitteena oli suunnitella rungosta mahdollisimman yksinkertainen ja riittävän vahva. Halusin myös suunnitella rungosta mahdollisimman vähän tilaa vieväksi, jotta se häittäisi mahdollisimman vähän torninosturilla tehtävää työtä.

3.3.2 Yläpalkin mitoittaminen

Ensimmäisenä valitsin yläpalkin, johon sylinterit tulivat kiinni etukiinnikkeistään. Yläpalkin tuli kestää hyvin alaspäin kohdistuvaa rasiitusta, mutta sivuttaissuuntaista rasiitusta ei palkkiin liiemmin kohdistu, sen vuoksi valitsin yläpalkiksi IPE 140 palkin (pituusmassa 12.9 kg/m). Yläpalkin oman massan aiheuttama taivutusmomentti:

$$l = 11200\text{mm}$$

$$q = 12.9 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0.1265 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

$$W_x = 77.3\text{m}^3$$

$$M_{\text{yläpalkki}} = \frac{ql^2}{8} = \frac{0.1265 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \cdot (11200\text{mm})^2}{8} = 1983520\text{Nmm} = 1984\text{Nm}$$

(Valtanen 1997, 606.) Sylinterien kiinnitykset ovat 2600 mm etäisyydellä yläpalkinpäistä. Yhden sylinterin aiheuttama taivutusmomentti yläpalkin keskellä eli 5.6 metrin etäisyydellä yläpalkin päistä luukun ollessa auki on:

$$M_{\text{syl}} = Fa \left(1 - \frac{x}{l}\right) = 1525\text{N} \cdot 2600\text{mm} \cdot \left(1 - \frac{5600\text{mm}}{11200\text{mm}}\right) = 1982500\text{Nmm} = 1982.5\text{Nm}$$

(Valtanen 1997, 605.) Molempiin sylintereihin kohdistuu yhtä suuri voima ja molempien sylintereiden kiinnitykset ovat samalla etäisyydellä (2.6 metriä) yläpalkin päistä, sen vuoksi myös sylinterin aiheuttama taivutusmomentti on sama molemmilla sylintereillä. Yläpalkkiin kohdistuva kokonaistaivutusjännitys on:

$$M_{\text{kok}} = \frac{(M_{\text{yläpalkki}} + M_{\text{syl}} \cdot 2)}{W_x} = \frac{(1983520\text{Nmm} + 1982500\text{Nmm} \cdot 2)}{77.3 \cdot 10^3 \text{mm}^3} = 76.95\text{MPa} \approx 77\text{MPa}$$

Runkomateriaalina käytetään SFS-EN 10025 S355J2G3 rakenneterästä, jonka sallittu taivutusmomentti on 225 Mpa. Voimme siis todeta palkin kestävän hyvin

siihen kohdistuvat rasitukset. Yhden sylinterin voiman aiheuttama taipuma yläpalkin keskikohdassa luukun ollessa auki:

$$f_{syl} = \frac{Fa\sqrt{(l^2 - a^2)^3}}{9\sqrt{3}EI} = \frac{1525N \cdot 2600mm \cdot \sqrt{((11200mm)^2 - (2600mm)^2)^3}}{9 \cdot \sqrt{3} \cdot 210000 \frac{N}{mm} \cdot (5.41 \cdot 10^6 mm^4) \cdot 11200mm} = 25.84mm$$

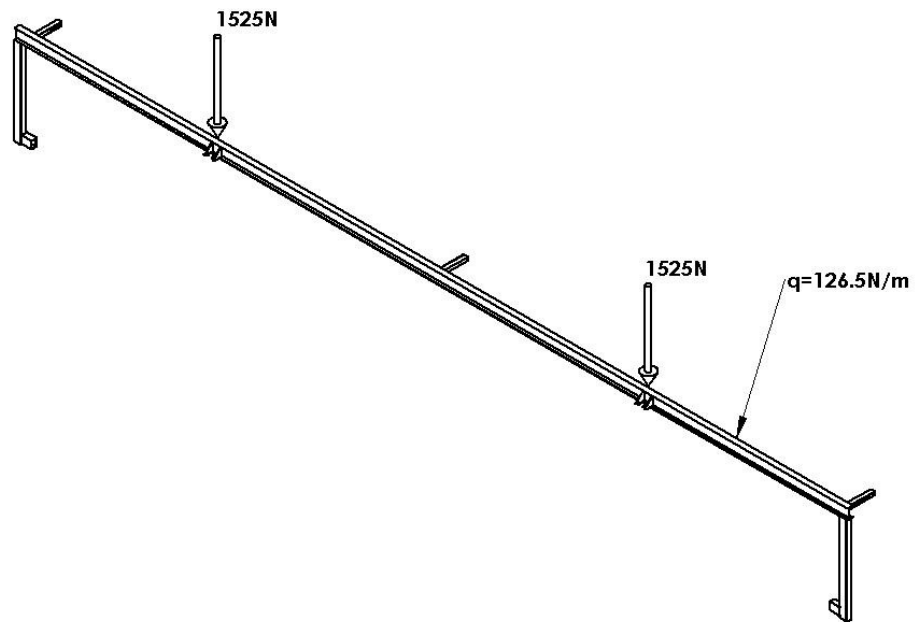
(Valtanen 1997, 605.) Yläpalkin oman massan aiheuttama taipuma:

$$f_{yläpalkki} = \frac{5}{384} \cdot \frac{ql^4}{EI} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0.1265 \frac{N}{mm} \cdot (11200mm)^4}{210000 \frac{N}{mm} \cdot (5.41 \cdot 10^6 mm^4)} = 22.8mm.$$

(Valtanen 1997, 606.) Kokonaistaipuma on siis:

$$f_{kok} = f_{syl} \cdot 2 + f_{yläpalkki} = 25.84mm \cdot 2 + 22.8mm = 74.49mm \approx 7.5cm.$$

Kuviosta 4 nähdään yläpalkkiin kohdistuvien voimien suuruudet sekä niiden etäisyydet.



KUVIO 4. Kuvasta nähtävissä yläpalkkiin (IPE 140) kohdistuvat voimat.

3.3.3 Pystyputkien ja poikkiputkien mitoittaminen

Pystyputkiksi, jonka päälle yläpalkki hitsataan kiinni, valitsin 100x70x6 neliöputkipalkit, jotka kiinnitetään alapäistään nosturin alakiskoihin piirustuksien (liite 7) osoittamalla tavalla. Runkokehikkoon kohdistuvien sivuttaisvoimien (hallin suuntaisten) vuoksi kehikkoon tulee kolme poikkiputkea siten, että ne hitsataan toisesta päästä kehikon yläpalkkiin ja toisesta päästä luukun yläpalkkiin kiinni. Poikkiputkiksi valitsin 60x40x5 neliöputkipalkin. Sekä pystyputket että poikkiputket ovat suhteellisen järeitä ja lyhyitä, sen vuoksi en kokenut tarpeelliseksi niiden rasitusten tai taipumien laskemista.

3.3.4 Liitokset rakenteissa

Runkorakenteiden kaikki liitokset ovat hitsausliitoksia. Rakenteissa runkomateriaalina käytetään SFS-EN 10025 S355J2G3 rakenneterästä.

3.4 Avausautomaatiikka ja sen toteutus

3.4.1 Optiset lähestymiskytkimet

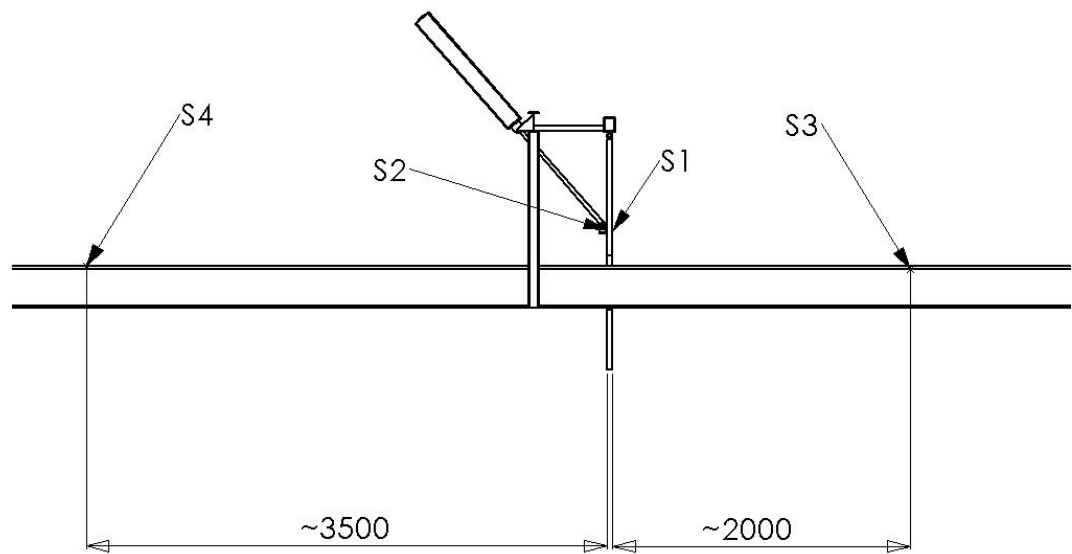
S1 ja S2 ovat peilistä heijastavia optisia lähestymiskytkimiä, jotka asennetaan luukkuun kiinni siten, että luukun ollessa kiinni S1 osoittaa hallin sisäpuolelle ja S2 hallin ulkopuolelle. Optisten lähestymiskytkimien asennuspaikat on katsottavissa kuvioista 5. Siltanostureihin asennetaan peilit molemmille puolille, siten että hallin sisäpuolella olevan nosturin luukun puoleinen peili on samassa linjassa S1:sen kanssa ja vastaavasti hallin ulkopuolella olevan nosturin luukunpuoleinen peili on samassa linjassa S2:sen kanssa. S1 ja S2 anturit suunnataan tarkasti siten, että niiden valonsäteet osuvat siltanostureissa olevien peilien keskikohtaan. S1 säädetään siten, että tunnistusetäisyys on noin 2 metriä. S2 säädetään siten, että tunnistusetäisyys anturilla on noin 3.5 metriä. Lopulliset kalibroinnit S1 ja S2 antureille tehdään kuitenkin kokeilemalla, eli siis antureiden tunnistus etäisyydet valitaan riittävän suuriksi, jotta luukku ehtii riittävällä turvavälillä (n.0.5 m) aueta täydellä nopeudella (~1 m/s) lähestyvän siltanosturin edestä.

3.4.2 Riskitilanteiden minimointi

Täydellisen toiminnan varmistamiseksi optisten antureiden S1 ja S2 rinnalle voidaan myös halutessa asentaa toiset vastaavanlaiset optiset anturit, jolloin yhden anturin rikkoutuessakin toinen anturi varmistaa luukun aukeamisen lähestyvän nosturin edestä. Optiset anturit ja peilit on myös syytä puhdistaa säännöllisesti, jotta voidaan olla varmoja antureiden moitteettomasta toimivuudesta.

3.4.3 Kosketuskytkimet

S3 ja S4 ovat mekaanisia kosketuskytkimiä, joiden kytkimet toimivat nostureiden runkoihin asennettujen ohjaimien koskettaessa kytkimien ohjainpäihin. Anturit S3 ja S4 asennetaan nosturikiskoon siten, että S3 tulee hallin sisäpuolelle ja S4 ulkopuolelle. S3:sen ja S4:sen etäisyys luukusta tulee olla niin suuri, että optiset anturit (S1 tai S2, riippuen lähestymissuunnasta) tunnistaa nosturin noin puoli metriä sen jälkeen, kun nosturissa oleva ohjain on osunut kosketuskytkimeen. Ts. luukku lähestyttäessä S3 tai S4 (riippuen tulosuunnasta) antaa pulssin puoli metriä ennen luukussa olevien optisten antureiden tunnistusta. Kosketuskytkimien asennuspai-
kat on myös katsottavissa kuviosta 3.



KUVIO 5. Kuvassa on siltanosturiluukku ja siihen suunnitellut avausmekanismit kuvattuna oikealta. Kuvasta näkyy suunnitellut optisten antureiden S1 ja S2 sekä kosketuskytkimien S3 ja S4 sijainnit.

3.4.4 Painikkeet

Ohjauskeskuksen kanteen tulee pääkytkin Q1, josta voidaan kytkeä virrat päälle ja pois. Keskuksen kanteen tulee myös hätäseis-painike F2, joka painettaessa pohjaan katkaisee kaikilta toimilaitteilta sähköt. Keskuksen kanteen myös asennetaan painonapit S5 ja S6, joiden avulla luukku voidaan avata ja sulkea ilman antureiden tekemiä tunnistuksia. S5-painiketta painamalla luukku aukeaa ja S6-painiketta painamalla luukku sulkeutuu.

3.4.5 Varoitusvalot

Hallin päätyyn asennetaan sisä- ja ulkopuolelle punaiset varoitusvalot H1 ja H2, jotka syttyvät silloin kun järjestelmässä ei ole riittävä paine luukun avaamiseksi. Valot ilmoittavat käyttäjälle, että nosturia ei saa ajaa hallista ulos ennen kuin paine on riittävä. Käytännössä sylintereiden ilmankulutus on hyvin pientä Kestobetonin paineilmajärjestelmän mittakaavassa, kulutus on myös vain hetkellistä, joten ainoat tilanteet, jolloin paine ei ole riittävä luukun avaamiseksi voi olla silloin, kun paineilmakompressorit eivät ole päällä, sulkuventtiili on kiinni tai järjestelmässä on jokin suuri vuoto.

4 TOIMINTAKUVAUS

Sovelluksen pääasiallinen käyttäminen tapahtuu automaattisesti, vaikka luukku on mahdollista avata myös painonappien avulla. Automaattinen luukun avaaminen tapahtuu seuraavasti; kun nosturi lähestyy luukkua, niin optiset anturit S1 tai S2 (riippuen lähestymissuunnasta) tunnistaa, jolloin luukku aukeaa ja nosturi voi jatkaa matkaansa luukun ohitse. Kun nosturi saavuttaa mekaanisen kosketuskytkimen S3 tai S4 (riippuen kulkusuunnasta), niin luukku sulkeutuu. Luukku voidaan myös avata manuaalisesti painamalla S5-painonappia ja sulkea painamalla S6-painonappia. Hallinpäädystä, sekä ulko- että sisäpuolella olevat varoitusvalot H1 ja H2 syttyvät, mikäli järjestelmässä ei ole riittävän suuri paine luukun avaamiseksi.

5 PIIRUSTUKSET

5.1 Pneumatiikka piirustukset

Ehkä keskeisin osa-alue tässä projektissa oli tuo pneumatiikka, sen vuoksi myös aloitin pneumatiikkapiirustuksien tekemisen hyvissä ajoin. Pneumatiikkapiirustuksen tein Festo Fluidsim tietokoneohjelmalla. Piirustusten tekemisessä käytin apunani aikaisempia koulumuistiinpanojani sekä pneumatiikka kirjallisuutta. Saatuani pneumatiikka piirustukset luonnosteltua käytin niitä apunani kun kävin alan yrityksissä kyselemässä ko. pneumatiikkajärjestelmän toteuttamismahdollisuuksista. Kävin myös tarkistuttamassa pneumatiikkapiirustukset Arto Kettusella, jonka suosituksista tein myös vielä muutamia pieniä muutoksia.

5.2 Sähköpiirustukset

Sähköpiirustusten tekemiseen olin jo rutinoitunut opiskelujeni varrella ja sainkin tehtyä sähkökuvat hyvin nopeasti lähes lopulliseen muotoonsa. Sähköpiirustukset tein SähköCADS:lla. Sähkökuvat tarkastutin sähkötekniikan opettajallamme Markus Halmeella, jolta sainkin hyviä neuvoja, ja niiden pohjalta tein pieniä käytännön muutoksia tekemiini sähköpiirustuksiin. Sähköpiirustukset sisältävät erilliset kuvat pääpiirikaaviosta ja ohjauspiirikaaviosta (liite 5 ja 6).

5.3 Mekaaniset piirustukset

Mekaniikkapiirustukset tein piirustuksista viimeisenä. Piirustukset tein Solidworksilla. Solidworksilla piirtäminen ei ollut minulle ennestään kovinkaan tuttua, ja jouduinkin ihan aluksi opettelemaan ohjelman käytön. Piirustuksia tehdessä myös opin hyvin ko. ohjelman käytön ja sainkin muutamassa päivässä mekaniikkakuvat valmiiksi. Tein kolmiulotteisen kokoonpanokuvan (liite 2), josta näkee, miltä valmis mekanismi tulisi näyttämään todellisessa ympäristössään. Lisäksi tein myös osakuvat (liite 7), joista selviää rakenteiden mitat ja muut oleelliset tiedot.

6 PÄÄTÄNTÄ

6.1 Esiintyneet ongelmat

6.1.1 Vaikeudet toimintaelimen valinnassa

Suurimman ongelman työssä aiheutti avausmekanismin toimintaelimen valinta, jolla luukku tulitisiin avaamaan. Mielestäni sovelluskohteeseen olisi ulkoisten olosuhteiden vuoksi sopinut parhaiten täysin sähköisesti toteutettu luukun avausjärjestelmä. Kuitenkaan en keksinyt soveltuvaa sähköistä voimansiirtomenetelmää, jolla tuo luukun avaaminen olisi voitu ammattimaisesti toteuttaa. Päätin siis toteuttaa sovelluksen pneumatiikkasyylintereillä, joiden ohjaus tapahtuisi sähköisesti. Ongelmanahan tuossa pneumaattisessa järjestelmässä on se, että koska sovellus tulee ulkotiloihin, niin kuinka hyvin pystytään välttämään pakkasen aiheuttamat ongelmat. Tämä siis vaatii paineilmalta erityistä puhtautta (vesi on pystyttävä erottamaan järjestelmästä ennen toimilaitteita). Sain tukea suunnitelmilleni pneumatiikka-asiantuntijoilta (Arto Kettuselta, ER-tarvikkeesta ja Hytar Oy:sta), heidän mukaansa tuo pakkanen ei ole ylitsepääsemätön ongelma. Kuitenkin on syytä varautua siihen, että erityisesti syksyisin ja keväisin, kun ilmankosteus on suuri ja lämpötila on nollan celsiusasteen tienoilla, järjestelmään voi päästä myös hiukan vettä, joka jäätyessään voi aiheuttaa ongelmia.

6.1.2 Vaikeudet mekaanisen suunnittelun osalla

Mekaanisen suunnittelun osalla ongelmia syntyi sen suhteen, että tilanpuutteen vuoksi runkorakenteita oli mahdoton sijoittaa hallin sisäpuolelle. Jouduin siis suunnittelemaan rakenteet hallin ulkopuolelle. Mekaanisten rakenteiden suunnittelu hallin ulkopuolelle ei myöskään ollut täysin ongelmaton. Rakenteet eivät saaneet olla liian suuria, jotta ne eivät olisi torninosturin tiellä (torninosturilla piti pystyä nostamaan betonielementtejä varastoon hallin päädyssä olevista pepukeista). Yhtenä ongelmana oli myös se, että runkokehikolle ei löytynyt kun-

nollisia tukipisteitä muuta kuin kiskoista, joiden päällä siltanosturit liikkuvat. Runkokehikon pääasialliset tukipisteet suunnittelin siis siltanostureiden kiskoihin, jolloin yläpalkille, johon sylinterit kiinnitettäisiin, tulisi jänneväliksi 11 metriä. Suuri jänneväli yhdessä sylintereiden aiheuttamien voimien kanssa asetti myös vaatimuksia runkorakenteille.

6.1.3 Ohjauksen ja automatisoinnin vaikeudet

Automaattisen ohjauksen toteuttaminen luukun avaamiseksi sujui lähes ongelmitta. Kuitenkin sähkökomponenttien suojausluokkien piti olla riittäviä hallissa leijuvan betonipölyn vuoksi. Piti myös pohtia ratkaisuja, joilla taattaisiin luukun automaattinen toiminta myös tilanteessa, jolloin jostain syystä hallissa ei olisi riittävää painetta luukunavaamiseksi.

6.2 Suunnitelmien arviointi

6.2.1 Suunnittelun kulku

Suunnitelmien tekeminen sujui mielestäni joutuisasti, ja pystyinkin tekemään sitä lähes täysipäiväisesti. Aihe oli mielestäni mielenkiintoinen, ja heti aiheesta kuultuani mielessäni oli jo muutamia näkemyksiä projektin toteuttamiseksi. Kuitenkin suunnitelmien edetessä eteeni tuli ongelmia, joiden vuoksi jouduin tekemään ratkaisuja, jotka eivät olleet alkuperäisten näkemyksieni mukaisia. Edes näin jälkikäteen ajateltuna, en keksi mitään, mitä olisin tehnyt toisin sovelluksen toteuttamiseksi annetuiden alkukriteereiden pohjalta. Kuitenkin etsiessäni Internetin välityksellä tietoa vastaavanlaisista sovelluksista huomasin samantyylisten sovelluksien olevan toteutettu sähkömoottorilla ohjatulla alumiinisella nosto-ovella. Näin jälkeinpäin ajateltuna tuollainen alumiininen nosto-ovi, joka auetessaan kääntyisi hallin sisäpuolelle katon suuntaisesti, voisi olla myös toimiva ja ehkä myös varmempi kuin minun ratkaisuni. Kuitenkin koska tehtäväni oli suunnitella avausmekanismi jo olemassa olevaan siltanosturiluukkuun, niin en edes ajatellut suunnit-

telmiani tehdessäni tuota alumiinista nosto-ovea enkä mitään muitakaan ”luukku-tyyppejä”. Mainitsin kuitenkin toimitusjohtaja Janne Kolsille noista muista mahdollisista toteutustavoista, joihin olen tämän työn aikana törmännyt.

6.2.2 Tavoitteiden täytyminen

Kaiken kaikkiaan koen saavuttaneeni hyvin asetetut tavoitteet projektille, ja uskoisin vahvasti suunnitelmien toimivuuden olevan luotettavaa myös käytännön soveluksessa, mikäli suunnitelmiani tultaisiin hyödyntämään. Myös Kestobetonin toimitusjohtaja Janne Kolsi vaikutti olevan tyytyväinen aikaansaannoksiini. Keskustelimme myös suunnitelmieni palautuksen yhteydessä Kolsin kanssa mahdollisista eri vaihtoehdoista näiden tekemieni suunnitelmien rinnalle ja kerroin myös löytämästäni vastaavantyylisestä systeemistä, jossa luukku oli alumiininen kääntyvä nosto-ovi. Olen myös hyvin tyytyväinen siihen, että sain tehtyä suunnitelmat hyvin pitkälle omien opittujen tietojen pohjalta.

LÄHTEET

Ellman, A., Hautanen, J., Järvinen, K. & Simpura, A., 2002. Pneumatiikka. Edita Prima Oy, Helsinki.

Fonselius, J., Hautanen, J., Mutikainen, T. Pekkola, K., Salmijärvi, O. & Simpura, A., 1997. Koneautomaatio ja Pneumatiikka. Oy Edita Ab, Helsinki.

Kervinen, M., Korpela, R., Mustonen, L. ym. MAOL-taulukot, 1993. Otava, Keuruu.

Valtanen, E. 1994. Koneenrakentajan taulukkokirja. Teknolit Oy, Jyväskylä.

LIITTEET

- LIITE 1. Sähkö- ja pneumatiikkakomponenttien osaluettelo
- LIITE 2. 3D-kuvat suunnitellusta kokonaisuudesta
- LIITE 3. Pneumatiikkapiirustus
- LIITE 4. 3D-kuva runkorakenteesta
- LIITE 5. Sähköpiirustus, pääpiirikaavio
- LIITE 6. Sähköpiirustus, ohjauspiirikaavio
- LIITE 7. Osakuva runkorakenteesta
- LIITE 8. Osakuva tukipalkin kiinnittämisestä luokkuun

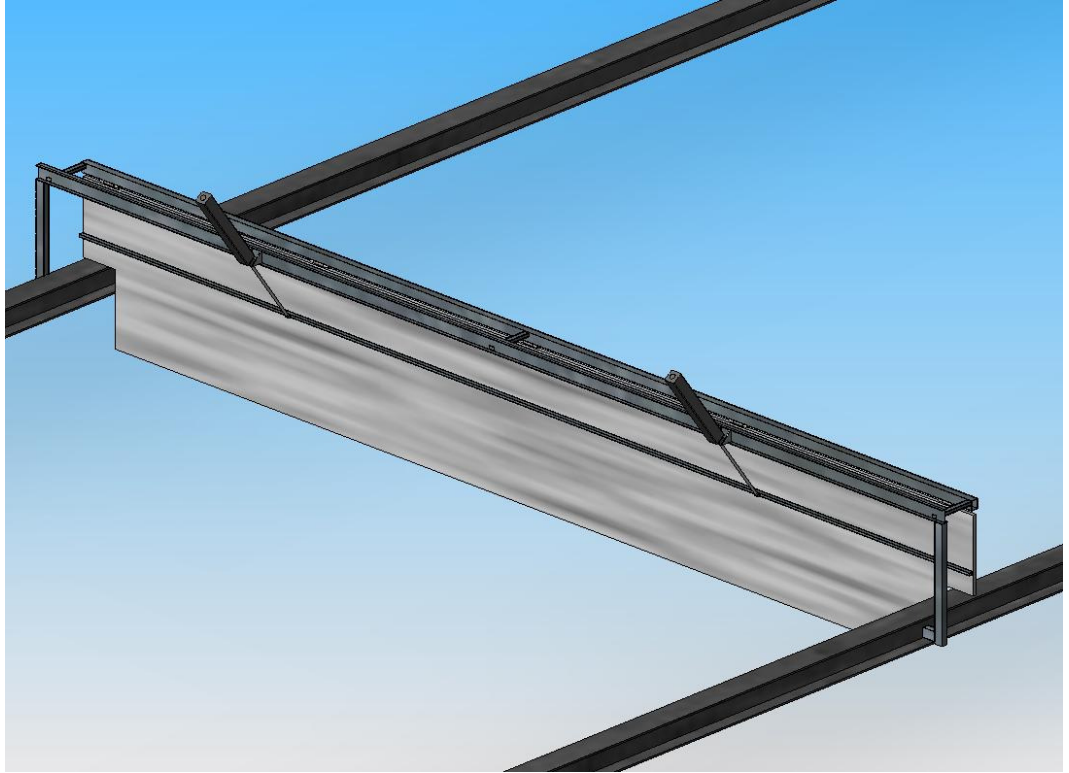
Liite 1.

SÄHKÖKOMPONENTIT	TIETOA	TUNNUS	LKM	KPL HINTA	HINTA YHT.
Painonappi+kosketin	toinen avautuva, toinen sulkeutuva	S5,S6	2	6,40	12,80
Hätä-seis painike	NC-kosketin	F2	1	7,90	7,90
Kontaktori	2 avautuvaa kosketinta	K1	1	13,50	13,50
Optinen anturi+peili	24VDC, tunnistusmatka>4m	S1,S2	2	89,00	178,00
Mekaaninen rajakytkin	rullaohjainpää, NC-kosketin	S3,S4	2	26,00	52,00
Pääkytkin	kaksiasentoa	Q1	1	9,80	9,80
Johdonsuojakatkaisija	2A, C-käyrä	F1	1	5,50	5,50
Virtalähde	24VDC, 1.25A	T1	1	48,00	48,00
Johdin (määrä metreinä)	MKEM 2.5mm ² , Värit:si,mu,pu,kv		50	0,33	16,50
Riviliitin		X1, X100	30	0,48	14,40
Riviliitin väli/päätylevy			8	0,29	2,32
Riviliitin merkintäliuska			5	0,58	2,90
Ohjauskeskusaappi	150x200x76 Polykarb.		1	30,00	30,00
Varoitusvalo	Punainen	H1,H2	2	10,00	20,00
					413,62 €

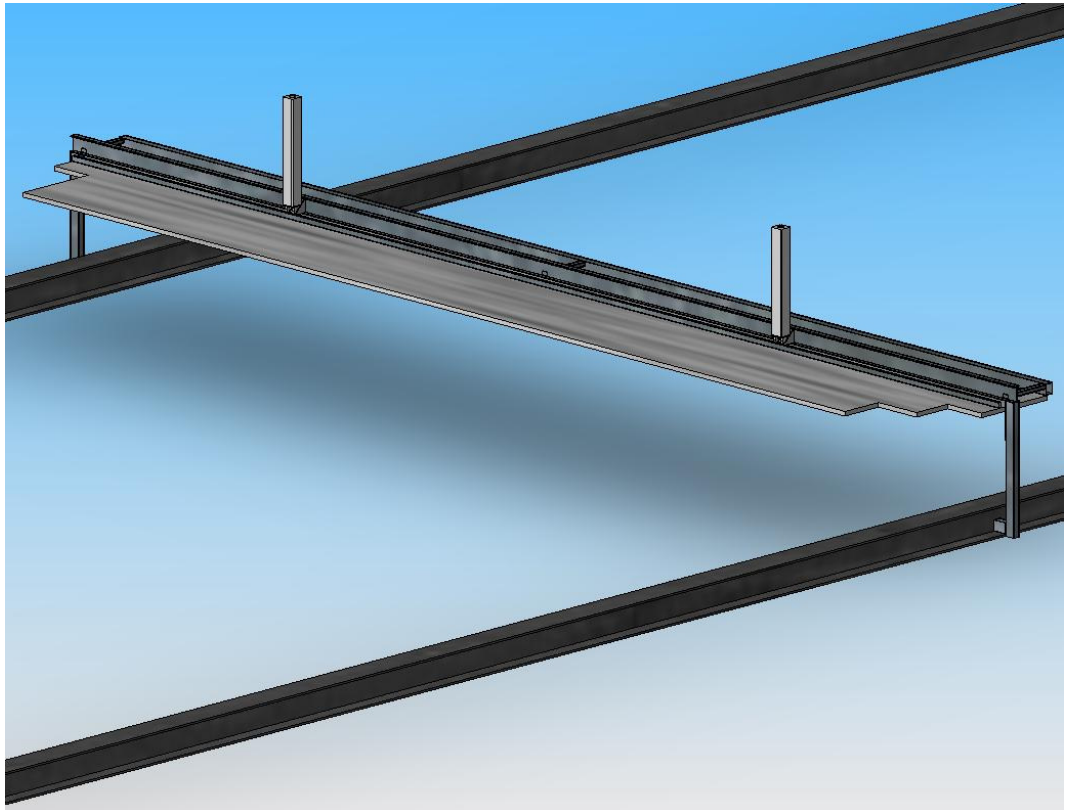
PNEUMATIikka KOMPON.	TIETOA	TUNNUS	MÄÄRÄ	HINTA KPL	HINTA YHT.
Sylinteri	Ø100/Ø25 isku: 900mm		2	400,00	800,00
Suuntaventtiili+ohjausyksikkö	Ohjaus 230VAC, Qn=5400L/min, G½	Y1	1	92,00	92,00
Huoltoyksikkö	vedenerotin, painesäädin, suodatin		1	120,00	120,00
Paineentunnistin	Säädettävä, G½		1	50,00	50,00
Huohotin	Sylintereiden +suunnan liitintään, G½		2	5,00	10,00
Virtaventtiili(kuristin)	Säädettävä, G½		1	10,00	10,00
Letkut(hinta metreinä)	Ø26/Ø16, 30metriä		30	11,03	330,90
Y-liitin	kierre G½		1	10,00	10,00
T-liitin	kierre G½		1	10,00	10,00
					1 432,90 €

Liite 2.

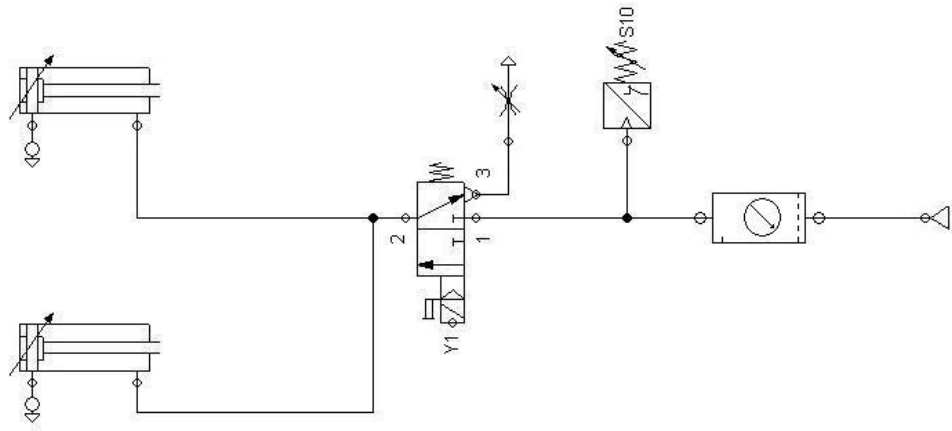
Luukku suljettuna



Luukku avattuna



Liite 3.



KOMPONENTIT

-sylinterit: 100/25 - 900mm, kaksitoimisia, säädettävät päätyvaimennukset, huoltotimet +suunnan liitäntään, pakkausten kestävät osat ja voiteluaine

-suuntaventtiili+ohjausyksikkö: 3/2 toiminen, ohjaus 230 VAC, nimellistilavuusvirta (6bar) Q>5400L/min

-virtaventtiili(kuristin): säädettävä

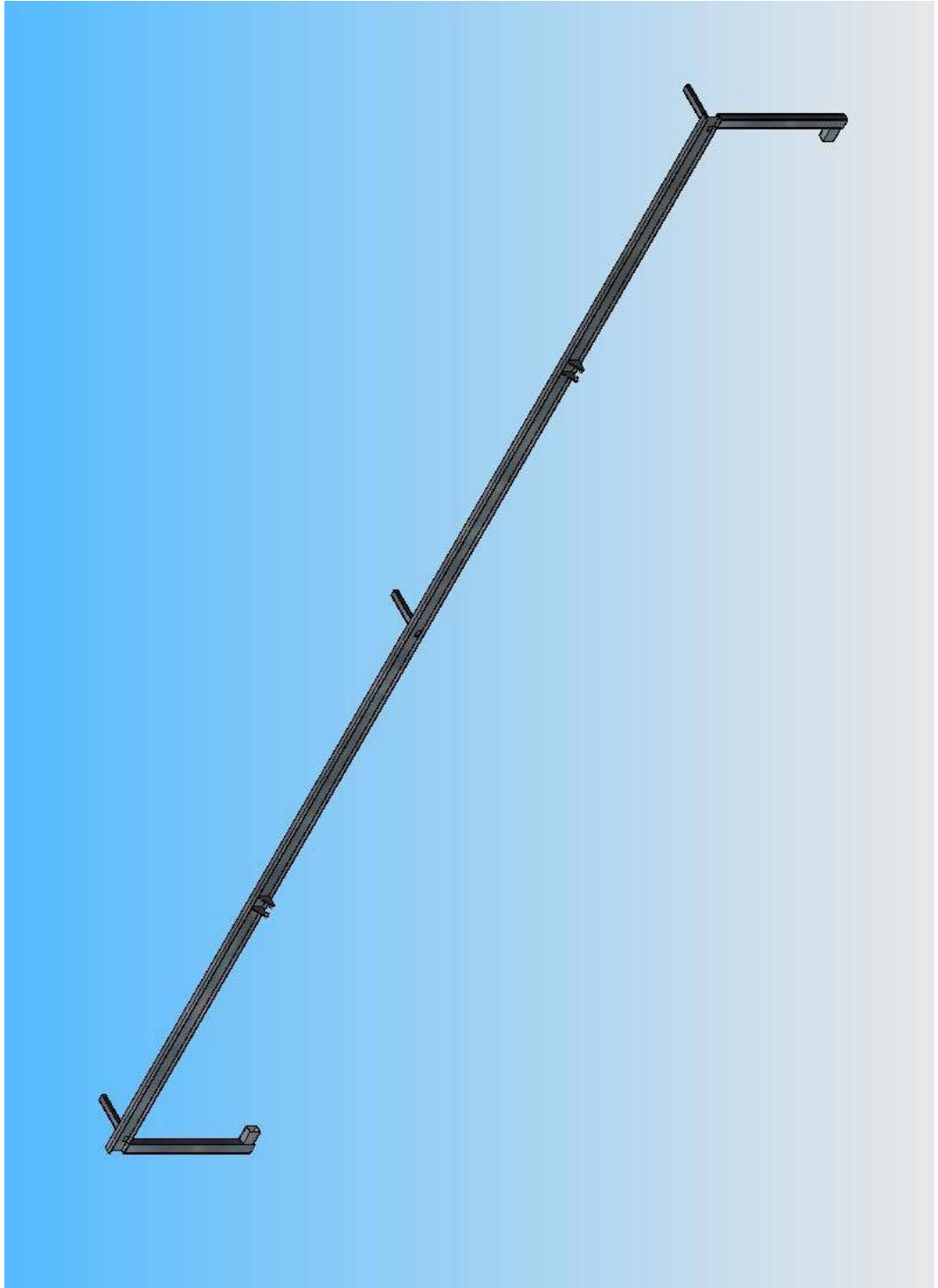
-paineentunnistin: säädettävä

-letkut: 16mm sisähalkaisijalla

-huoltoyksikkö: automaattinen vedenerotin+paineensäädin+suodatin, nimellistilavuusvirta(6bar) Q>5500L/min

(komponenteissa liitäntäaukkojen koko G½)

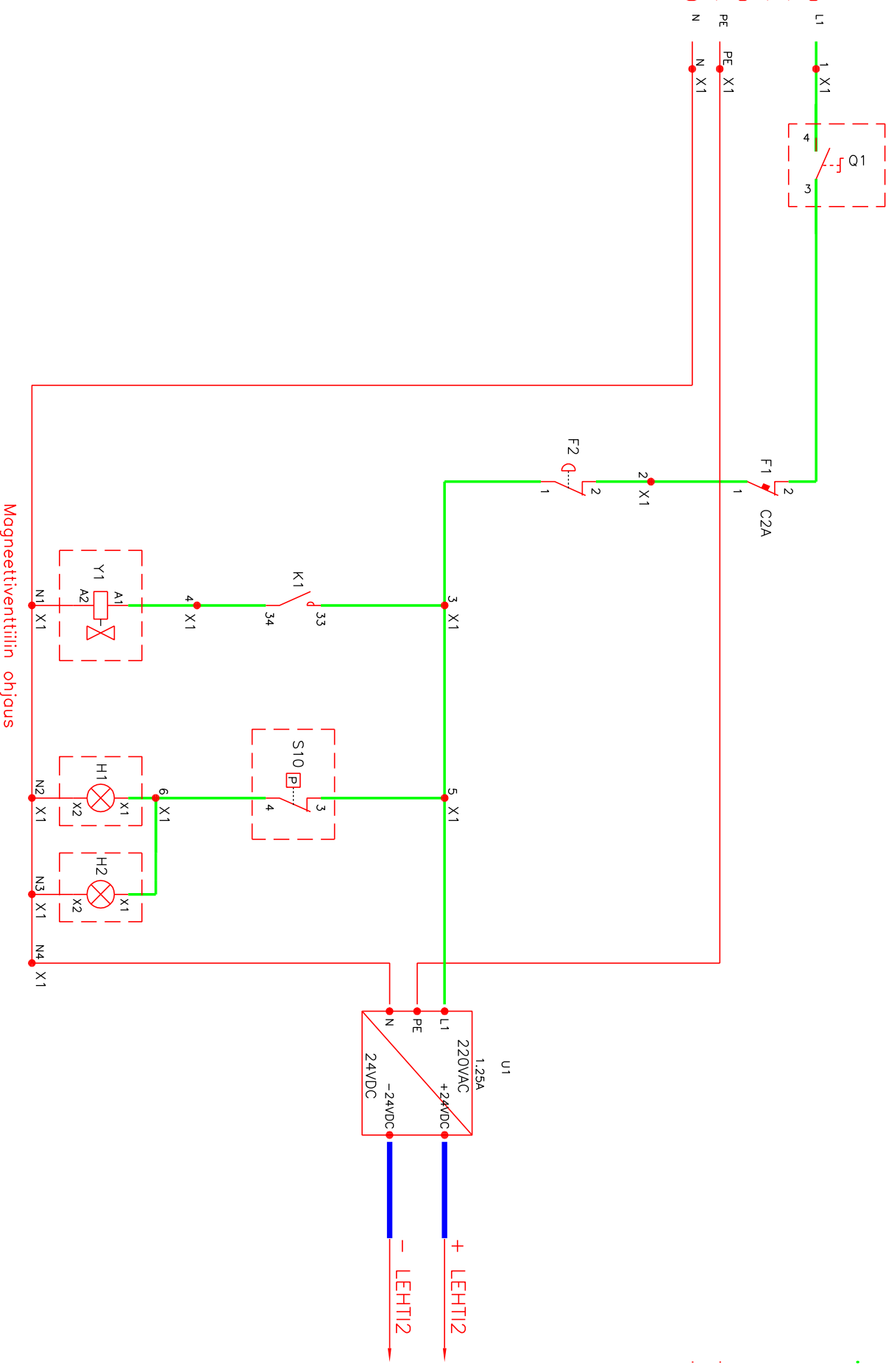
Liite 4.



D muutos
E muutos
F muutos

A muutos
B muutos
C muutos

SYÖTTÖ



Magneettiventtiilin ohjaus

Lahden Kestobetoni

Automaattinen Luukku
Pääpiirikaavio

Suunn.
A. Vi / 3.10.2006
Piirt.
Antti Virtanen
Tark.

Piirittynyt
Lehti
1 / 2

Keskus
SÄH

Työno

D muutos
E muutos
F muutos

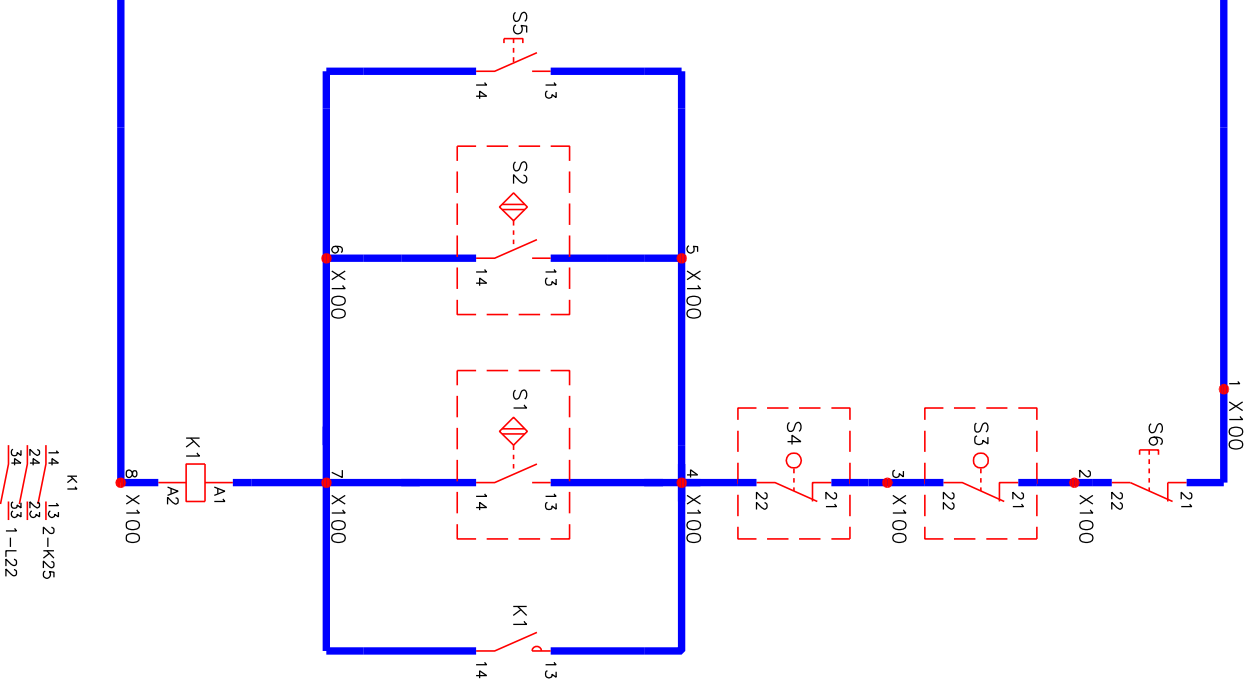
A muutos
B muutos
C muutos

A B C D E F G H J K L M N O P R S

11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37

+ LEHDELTA 1

- LEHDELTA 1



K1
14 13 2-K25
24 23
34 33 1-L22

Lahden Kestobetoni

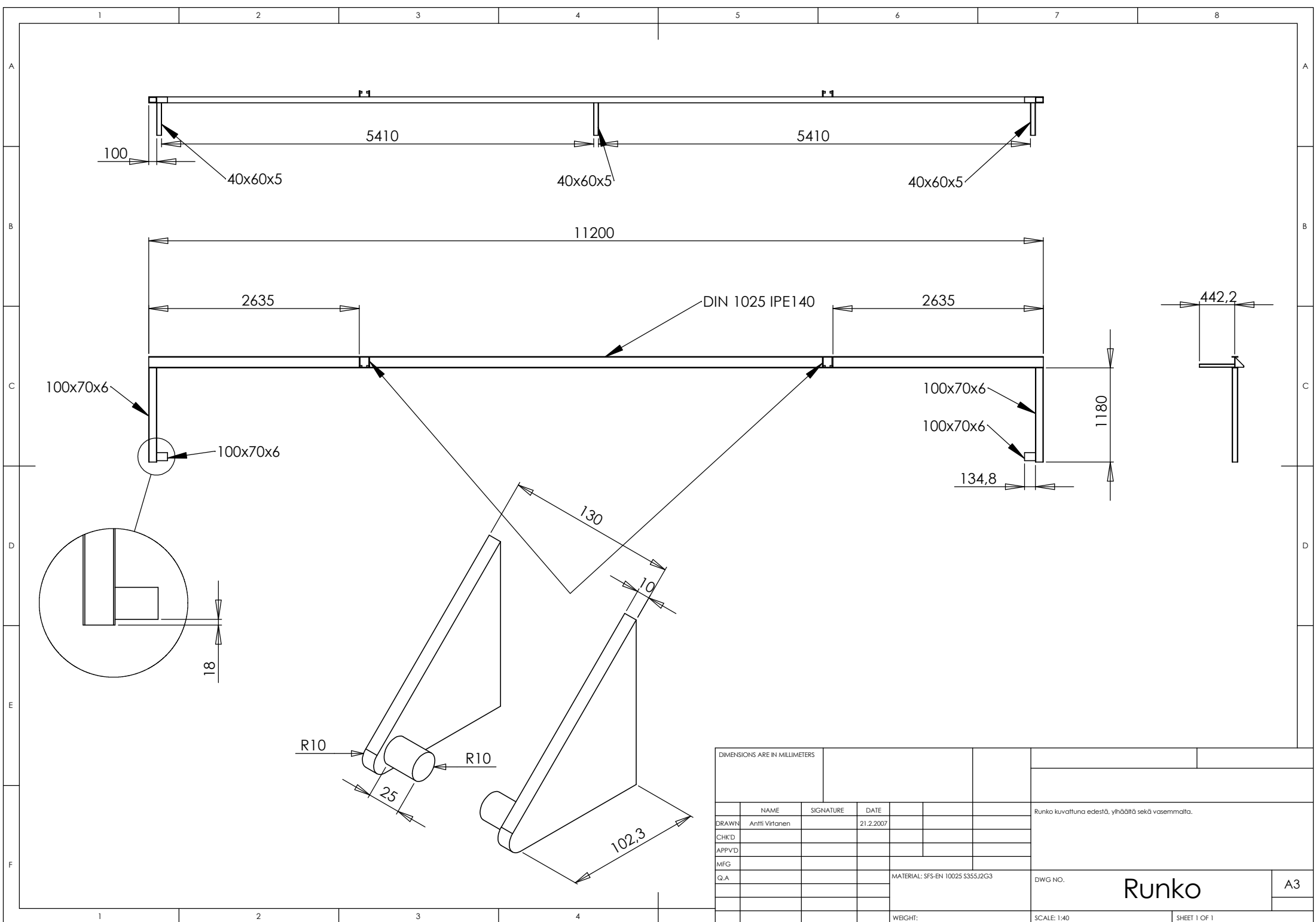
Automaattinen Luukku
Ohjauspiirikaavio

Suunn.
A. Vi / 3.10.2006
Piirt.
Antti Virtanen
Tark.

Piirittynyt
Lehti
2 / 2

Keskus
SÄH 1

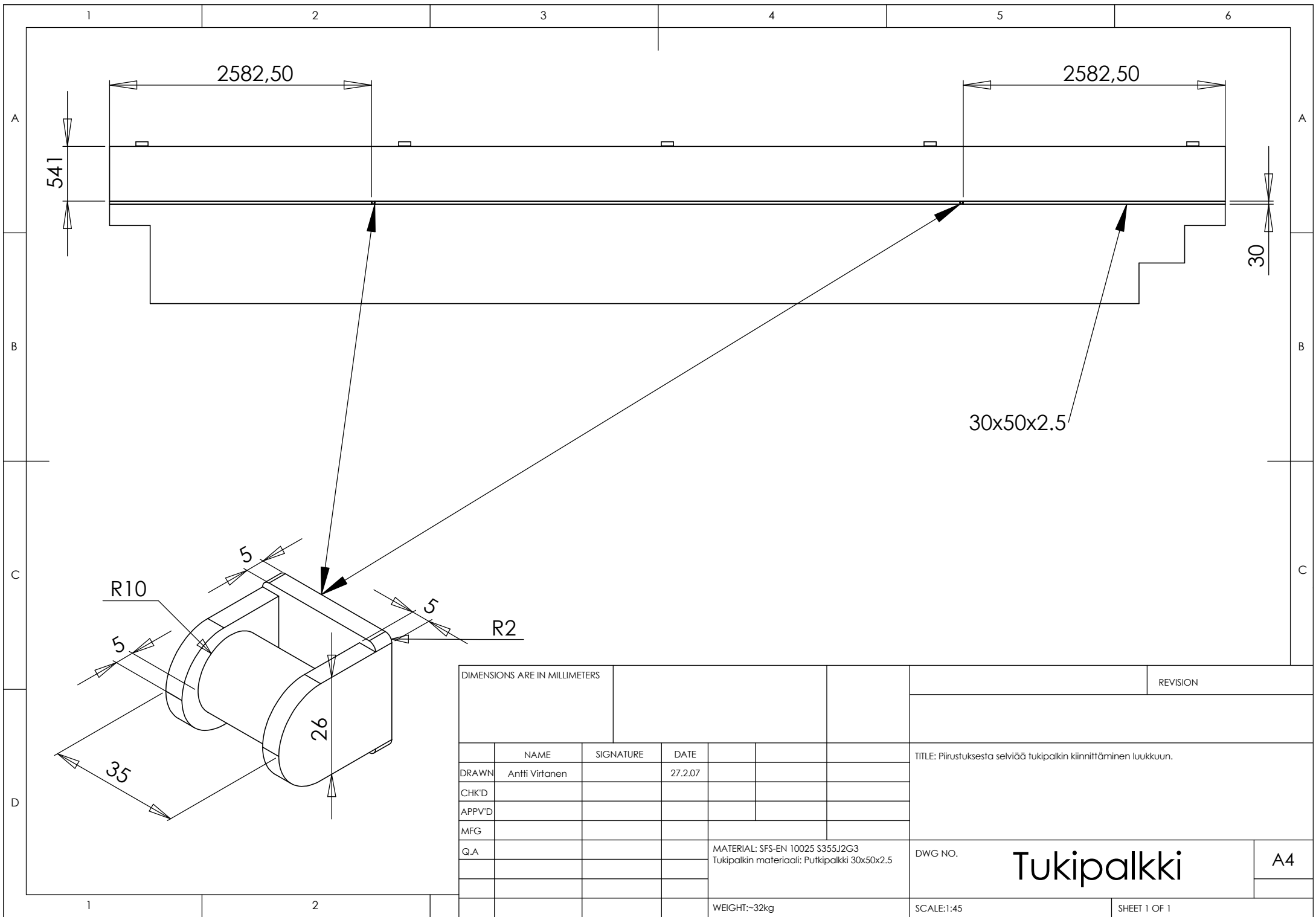
Työno



DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS

DRAWN				NAME				SIGNATURE				DATE			
Antti Virtanen								21.2.2007							
CHK'D															
APP'VD															
MFG															
Q.A												MATERIAL: SFS-EN 10025 S355J2G3			
												DWG. NO.			
												Runko			
												A3			
												WEIGHT:			
												SCALE: 1:40			
												SHEET 1 OF 1			

Runko kuvattuna edestä, ylhäältä sekä vasemmalta.



DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS

NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN Antti Virtanen		27.2.07
CHK'D		
APPV'D		
MFG		
Q.A		

MATERIAL: SFS-EN 10025 S355J2G3
Tukipalkin materiaali: Putkipalkki 30x50x2.5

WEIGHT: ~32kg

REVISION	
TITLE: Piirustuksesta selviää tukipalkin kiinnittäminen luukkuun.	
DWG NO.	Tukipalkki
SCALE: 1:45	A4
SHEET 1 OF 1	