

**Esa Hautamäki**

**KATKAISUSAHAN RULLARADAN SYÖTTÖLAITE**

**Opinnäytetyö**

**KESKI-POHJANMAAN AMMATTIKORKEAKOULU**

**Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma**

**2010**

<b>KESKIPOHJANMAAN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Ylivieskan yksikkö	<b>Päiväys</b> 10.12.2010	<b>Tekijä/tekijät</b> Esa Hautamäki
<b>Koulutusohjelma</b> Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma		
<b>Työn nimi</b> Katkaisusahan rullaradan syöttölaite		
<b>Työn ohjaaja</b> Tapio Malinen	<b>Sivumäärä</b> 26+5	
<b>Työn valvoja</b> Juha Tiri		
<p>Työn tavoitteena oli suunnitella laite, joka syöttää katkaisusahan rullaradalle palkkia tarpeen mukaan ja jota voidaan käyttää myös sahaamattoman materiaalin puskurivarastona.</p> <p>Työn toteutus alkoi lähtötilanteen ja olemassa olevien sovellusten kartoituksella. Saatujen tietojen perusteella kokosin kolme erilaista ratkaisuvaihtoehtoa joista yksi valittiin jatkokehittelyyn. Tästä kokonaisuudesta tein tilavuusmallin Solid Works- ohjelmistolla. Työn tuloksena saatiin myös valmiit piirustukset 3d-malleista.</p>		

<b>Asiasanat</b> Tuotekehitys, Mekaniikkasuunnittelu, 3D-mallintaminen
---

<b>CENTRAL OSTROBOTHNIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES</b>	<b>Date</b> 10.12.2010	<b>Author</b> Esa Hautamäki
<b>Degree programme</b> Mechanical and Production Engineering		
<b>Name of thesis</b> Steel beam feeder for cutting saw		
<b>Instructor</b> Tapio Malinen	<b>Pages</b> 26+5	
<b>Supervisor</b> Juha Tiri		
<p>The main goal of this thesis work was to design an appliance to feed steel beams to cutting saw. It can also be used as buffer stock for beams.</p> <p>Designing was started by acquiring data about existing applications, client requirements and starting situation. According to this data, three possible solutions was sketched and one of them was chosen for further development. Then virtual 3D-model was made of the chosen solution by using Solid Works- programme. End result was complete drawings of machine.</p>		

<b>Key words</b> Research and development, Mechanical Designing, 3D-modelling
--

**TIIVISTELMÄ**  
**ABSTRACT**

**SISÄLLYS**

1. JOHDANTO .....	1
2. LÄHTÖTIEDOT.....	3
2.1 Nykytilanteen kuvaus.....	3
2.2 Vaatimuslista .....	3
3. RAKENTEIDEN JA TOIMINTOJEN VALINTA.....	5
3.1 Olemassa olevia ratkaisuja.....	5
3.2 Kokonaistoiminnot ja osatoiminnot .....	6
3.3 Osatoimintojen ratkaisuja.....	7
3.4 Rakennekokonaisuuksien koonti ja arviointi.....	11
3.5 Rakenneluonnokset.....	14
4. VALITUN RAKENNEKOKONAISUUDEN SUUNNITTELU.....	15
4.1 Varastohyllyn suunnittelu.....	15
4.2 Nosturin suunnittelu.....	18
4.3 Lujuustarkastelu.....	19
4.4 Hydrauliikan suunnittelu.....	20
4.5 Ohjauksen ja automatiikan suunnittelu.....	22
5. JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	23

**LÄHTEET**  
**LIITTEET**

## 1. JOHDANTO

Työn tilasi Pohjanmaan Metalli, joka on Ylivieskassa toimiva pääosin teräsrakenteita ja putkistokannattimia toimittava yritys, joka työllistää noin 10 henkilöä. Suuri osa tuotteista valmistetaan teräspalkista, joka katkotaan sopivaan mittaan katkaisusahalla. Nykyinen rullarata on manuaalinen ja syöttö siihen tapahtuu palkki kerrallaan trukilla ulkoa, jossa palkit ovat enemmän tai vähemmän sekalaisessa järjestyksessä.

Tehtävänä tässä opinnäytetyössä oli suunnitella palkkivarasto ja palkin syöttölaite katkaisusahan rullaradalle. Tilaajalle suunnitellaan myös moottoroitu rullarata, mutta sen tekee toisen ammattikorkeakoulun opiskelija. Työ esittelee ehdotuksen järjestelystä, jolla sahan syöttö voisi toimia niin että sahan käyttö sitoo trukkia vuoron aikana mahdollisimman vähän ja sahaa käyttävä henkilö voi keskittyä sahaamiseen. Koko materiaalivarastoa ei suunniteltavaan laitteeseen ole tarkoitus mahduttaa, vaan noin yhden päivän palkkitarve. Tällöin sahaustyöhön ei tule keskeytyksiä, kun syöttölaite ladataan vuoron alussa.

Rajaukset projektissa olivat siis sellaiset, että oma työni käsitti rullaradan aihiovaraston suunnittelun ja siihen liittyen selvityksen olemassa olevista ratkaisuista. Toisin sanoen tutkimus siitä, onko olemassa laite, joka sellaisenaan soveltuu tässä kohteessa käytettäväksi. Jos sellaista laitetta ei vielä ole, tehtäväksi tulee suunnitella sellainen ja tuottaa siitä piirustukset. Toisen

ammattikorkeakoulun opiskelijan työhön kuului rullaradan suunnittelu ja projektin käytännön toteutus, eli valmistus ja käyttöönotto.

Suunnittelu alkoi vaatimuksien, nykytilanteen ja olemassa olevien sovellusten kartoittamisella, josta jatkoin tuotekehitysprosessin mukaisesti. Laitteen mahdollisista osatoimintovaihtoehdoista koottiin kolme ratkaisuvaihtoehtoa, joista yksi valittiin jatkokehittelyyn. Ratkaisuvaihtoehdoista tein suuntaa antavat tilavuus- eli 3D-mallit, joiden perusteella niiden toimivuutta ja rajoituksia oli helpompi arvioida. Valitusta ratkaisuvaihtoehdosta tein yksityiskohtaisen 3D-mallin ja siitä lopulliset piirustukset. Mallintamiseen käytin SolidWorks-ohjelmistoa.

## **2. LÄHTÖTIEDOT**

### **2.1 Nykytilanteen kuvaus**

Nykyinen rata on huonokuntoinen, eikä kovin turvallinen. Rullaradan toiminta on manuaalinen ja palkkivarasto ulkona sekalaisessa järjestyksessä. Talvisin palkit saattavat jäädä lumen alle, joten ainakin eniten käytetyt koot olisi hyvä saada hyllyyn. Rullaradan käyttö on hitaahkoa ja koska puskurivarastoa ei radalla juurikaan ole, palkkeja joutuu sahatessa hakemaan miltei yksitellen trukilla.

Tilalle suunnitellaan moottoroitu rullarata ja palkkivarastointijärjestelmä. Varastoitava ja liikuteltava materiaali on kokonaisia U-, I- ja RHS-teräspalkkisalkoja pituuden ollessa noin 12m. Koot vaihtelevat 100mm – 200mm välillä.

### **2.2 Vaatimuslista**

Jotta suunnittelukohteesta hankittu tieto tulisi täysimääräisesti hyödynnettyä, se on syytä kerätä tiiviimpään muotoon; koota se taulukossa 1 esitetyksi vaatimuslistaksi. Vaatimuslista on luettelo vaatimuksista ja toiveista jotka halutaan toteuttaa. Se on samalla perusta myöhemmin suoritettavalle arvostelulle ja päätöksenteolle. Listaa laadittaessa kannattaa miettiä mitä vielä julkaisemattomia vaatimuksia ja toivomuksia voisi ilmetä, mitä ominaisuuksia ratkaisulla on oltava ja mitä ei saisi olla.

Vaatimushierarkia on kolmiportainen. Kiinteät vaatimukset (KV) on täytettävä kaikissa tilanteissa. Vähimmäisvaatimusten (VV) on saavutettava tietty vähimmäisarvo. Vähimmäisarvon ylittäminen on suotavaa. Toivomukset (T) otetaan huomioon mahdollisuuksien mukaan. Tämä jaottelu on välttämätöntä, koska arvosteluun jolla eri ratkaisuvaihtoehdot myöhemmin laitetaan paremmuusjärjestykseen, ei kannata tarjota tuotetta, joka ei täytä vaatimuksia.

	VAATIMUKSET
KV	Linjalta tulee sahalle yksi palkki kerrallaan
T	Ohjaus voi olla automaattinen
KV	Turvallisuus
VV	Lastauksen ja käytön helppous
VV	Aihiovarastoon tulee mahtua päivän sahaustarve

TAULUKKO 1: Vaatimuslista

Tärkeää syöttölaitteessa on, että sahalle tulee vain yksi palkki kerrallaan. Sillä kaikkein pienimpiä kokoja lukuun ottamatta usean aihion sahaaminen kerralla ei onnistu. Ohjausautomaattikka on toiveena, koska sahaa itsessään ohjataan manuaalisesti. Tulevaisuudessa mahdollisesti hankitaan cnc-ohjattu saha. Tämä mahdollistaisi sahan ja rullaradan automatisoinnin ja edelleen syötön sekä purun automatiikan hyödyntämisen. Manuaalinen syötön ohjaus on siis vielä riittävä. Käytön helppous liittyy myös turvallisuuteen, mutta laitteen monimutkaisuus ja hankala käyttö nollaisi myös tehokkaasti siitä saatavan hyödyn, sillä se jäisi käyttämättä. Laitteen turvallisuuteen palataan ohjauksen suunnittelua käsittelevässä luvussa.



### 3. RAKENTEIDEN JA TOIMINTOJEN VALINTA

#### 3.1 Olemassa olevia ratkaisuja

Valmiita tässä työssä käsiteltävään tilanteeseen sopivia kaupallisia ratkaisuita, joita voisi soveltaa suoraan, ei ole olemassa. Kuitenkin jo olemassa olevaa tekniikkaa ja ratkaisuja soveltaen voidaan rakentaa tarpeen täyttävä laite.

Tein tutustumiskäynnit kahteen erilaiseen yritykseen, joista toinen on sahalaitos ja toinen metallipaja. Sahalla on pitkän tavaran käsittelyssä paljon automaatiota. Metallipajalla on taas ratkaistu vastaavanlainen ongelma kuin tässä työssä esitelty tosin hieman eri tavalla, koska sahan 'läpi' menee vähemmän ja erilaista materiaalia.

Konepajassa ulkona on hyllykkö, joka on moottoroidun rullaradan yläpuolella. Kurottajalla tuodaan ulkovarastosta hyllyyn nippu materiaalia, joka yksitellen lasketaan samalla kurottajalla rullaradalle. Hallin seinästä avataan luukku jonka läpi aihio menee toiselle rullaradalle, joka syöttää cnc-sahaa. Tämän rullaradan yläpuolella on samanlainen hylly kuin ulkonakin ja se toimii "pätkävarastona", johon puoliksi käytetyt aihiot laitetaan. Pätkävaraston täyttö ja purku tapahtuu hallin sisällä olevalla trukilla. Molemmat rullaradat toimivat toisistaan riippumatta, joten ulkona voi olla jo uusi aihio odottamassa rullaradalla, kun toista vielä sahataan.

Varasto tässä systeemissä on täysin manuaalinen ja edellyttää ainesputkien ja vartaiden kuljetusta kurottajalla. Systemi sitoo myös sisällä olevaa trukkia. Tosin jo tämän laitteiston suora kopiointi olisi edistystä yrityksessä olevaan verrattuna,

mutta käytettävissä oleva tila rajoittaa. Myös pitkien palkkien kuljettamista trukilla olisi pyrittävä vähentämään, ellei siitä pystytä kokonaan pääsemään eroon.

Mekaanisen puun yrityksessä maalaamossa ja höyläämössä on eri työvaiheita, jotka vaativat puutavaran lajittelua, annostelua ja kääntelyä eri asentoihin ja oikein päin. Suunniteltavassa laitteessa yksi vaatimus on, että se osaa antaa yhden palkin radalle/sahalle kerrallaan. Siten todennäköisesti tarvitaan eräänlainen annostelutoiminto.

Höyläämössä on mittaus joka selvittää, miten päin lankku on mittaamalla sen pinnan köyryyttä. Kappalelaskurit ovat optisia. Pituutta mitataan "valoveräjällä". Maalaamossa höylätty lautapino puretaan kerros kerrokselta ylhäältä päin imukupilla, joka nostaa aina ylimmän kerroksen vaakapiikkien päälle, joka siirtää sen liukuhihnalle. Lautojen välille saadaan välimatka siten, että ensin on hitaasti liikkuva kuljetin ja sitten nopeammin kulkeva kuljetin.

### **3.2 Kokonaistoiminnot ja osatoiminnot**

Järjestelmän kokonaistoiminto on kuvattavissa tulo- ja lähtösuureiden avulla. Kokonaistoiminto toteutuu, kun tulosuureet - aine, energia ja tieto – muuttuvat halutulla tavalla. Järjestelmän päävuona on ainevuon, kappaleen varastointi ja siirtäminen. Aineen liikutteluun tarvitaan energiaa, jonka ohjaukseen tarvitaan tietoa.



KUVIO 1: Kokonaistoiminnot

Kokonaistoimintona koko laitteistolle olisi systeemi, joka syöttää haluttua palkkia sahalle yksi kerrallaan. Kokonaistoiminto voidaan jakaa yksinkertaisiin osatoimintoihin, joille voidaan löytää ratkaisu tai useita ratkaisuvaihtoehtoja. Osatoimintoina on varaston täyttö, varaston purkumekaniikka, palkin annostelu yksi kerrallaan, käyttövoima ja ohjaus.

### 3.3 Osatoimintojen ratkaisuja

#### 3.3.1 Käyttövoima

Laitteiston käyttövoimana voitaisiin käyttää joko paineilmaa, hydraulikkaa tai sähkövoimaa. Kaikkia näitä tulisi käyttökohteessa olemaan; rullarata suunnitellaan hydraulitoimiseksi, 1~ ja 3~ -pistorasiat sekä paineilmatulo löytyvät sahan vierestä. Laitteiston järeyden kannalta pneumatiikka ei välttämättä sovellu tähän tapaukseen. Myös saatavilla olevan paineilman laatu ja määrän rajallisuus voi aiheuttaa ongelmia. Paineilmaa ei ainakaan tällä hetkellä käytetä hallissa kuin satunnaisesti.

Rajasin käyttövoiman valinnan niin, että sekä hyllyn mekaniikka että nosturi käyttäisivät samaa käyttövoimaa, jolloin tarvitaan vähemmän erilaisia

komponentteja. Hydrauliiikan käytöllä nosturin ja hyllyn toiminta on mahdollista toteuttaa samalla käyttövoimalla. Sähköisten komponenttien käyttö monimutkaistaisi rakennetta liikaa. Saman käyttövoiman käyttö rullaradan kanssa yhtenäistää rakennetta.

### **3.3.2 Materiaalin kulku varastoon**

Materiaalin kulku varastoon pitäisi toteutua mahdollisimman suoraviivaisesti rekasta varastoon. Optimaalinen tilanne olisi, jos materiaali voitaisiin purkaa suoraan kuorma-autosta laitteen varastoon. Käytettävissä oleva tila ei kuitenkaan ole mielestäni tarpeeksi suuri. Autosta niput purettaisiin linjan viereen josta ne auton lähdettyä voitaisiin purkaa trukilla linjalle. Tässä vaiheessa nipuista ittotettaisiin sinkilät, niput järjestettäisiin yhteen kerrokseen ja siirretään varastopaikoilleen.

### **3.3.3 Materiaalin varastointi**

Vaihtoehtoja materiaalivarastoksi luonnostelin kolme: 1) Monta rullarataa vierekkäin, kiinni toisissaan, materiaali on rullaratojen päällä. Rullaradat liikkuvat sivusuunnassa siten että aina yksi on sahan radan kohdalla, ja tästä otetaan palkkia. 2) Varastoautomaatti, esim vertikaalikaruselli eli "paternoster". Purku tapahtuu siten, että haluttua tavaraa sisältävä hylly liikkuu purkukohdalle ja purku tapahtuu esimerkiksi ketjukuljettimella. Tai 3) ulos liikkuva ulokehylly ja saksinosturi. Purku tapahtuisi siten, että hylly tulee ulos sen verran että palkki on nosturin yläpuolella. Saksinosturi nousee ylös ja nostaa palkin ylös hyllyltä. Hylly menee takaisin sisään. Saksinosturi laskeutuu alas ja palkki jää rullaradan rullien päälle.

### 3.3.4 Yhden palkin annostelu rullaradalle kerrallaan

Yhden palkin saaminen sahattavaksi kerrallaan on laitteistossa tärkeää. Manuaalisesti ohjatulla nosturilla yhden palkin nouto hyllystä voi olla vaikeaa eteenkin pimeällä. Siispä tarvitaan laite, joka annostelee nosturille tai suoraan rullaradalle aina yhden palkin varastosta. Toiminto voi olla seuraavanlainen: Hyllytasossa on ketjukuljetin, joka syöttää palkkeja luiskaan jossa on stoppari. Luiska on mitoitettu siten että siihen mahtuu yksi palkki kerrallaan. Kun stoppari vedetään pois niin palkki liukuu luiskaa pitkin nosturin tai radan päälle.

Palkin annostelulaitteet voidaan kytkeä toimimaan samalla hydraulisylinterillä tai vääntömoottorilla, kun varmistutaan siitä että palkkia ei tule useammalta hyllyltä kerrallaan. Tämä voidaan ratkaista esimerkiksi niin että vain yhden hyllyn kuljetin käy kerrallaan ja anturoinnilla ohjataan annostelulaite olemaan luovuttamatta palkkia (varsinkin) jos useamman hyllyn annostelijassa on palkki. Annostelijasta palkki voitaisiin peruuttaa takaisin hyllylle nostamalla stopparia ylöspäin, jolloin muodostuu luiska hyllyyn päin. Tämän jälkeen kuljetinta peruuttamalla voisi palkin ajaa takaisin hyllylle.

### 3.3.5 Hyllyn sivuttaisliike

Hyllyn sivuttaisliike voidaan toteuttaa joko ulosliukuvilla hyllyillä tai ketjukuljettimilla. Jos käytetään ketjukuljettimia, täytyy ratkaista käytetäänkö joka hyllyn kuljettimelle omaa moottoria vai saavatko kaikki hyllyt liikevoimansa samasta moottorista. Hyllyt eivät saa purkautua yhtä aikaa, joten yhden moottorin järjestely vaatii pyörimisliikkeen tuomisen yhdelle kuljettimelle kerrallaan.

Tarkemmin sanottuna liike voitaisiin tuoda kaikille kuljettimille aina, mutta sähkömekaanisella kytkimellä laitetaan "veto päälle" aina vain yhteen kerrallaan.

Liukuhyllyn tapauksessa voidaan toiminta järjestää vastaavalla laitteistolla. Tällöin konstruktio on miltei samanlainen kuin ketjukuljettimella, mutta ketjukuljettimeen on kiinnitetty hylly. Liukuhyllyn liikuttelu siis tapahtuu ketjulla. Huonona puolena on, että palkin annostelu täytyy järjestää ohjauksella, kun ketjukuljettimella annostelija voi olla hyllyn päässä.

### 3.3.6 Nosturi

Jos materiaalin varastointi ratkaistaan ulokehyllyllä, tulee ratkaistavaksi pystysuuntaisen liikkeen toteuttaminen. Yksinkertaisimmillaan nosto ja lasku tapahtuisi trukilla, mutta yhden palkin saaminen hyllystä edellyttäisi suurta tarkkuutta. Mahdollisia tarkaisuja olisivat: magneeteilla nosto ylhäältä, saksinosturi, nouseva ja laskeva hyllykkö. Saksinosturi menee pieneen tilaan, ja voidaan sijoittaa rullaradan rullien väliin. Käyttämällä tarpeeksi "saksia" nii ulottuma riittää myös ylähyllylle. Nosturi voidaan myös helposti tukea alhaalta. Magneeteilla nosto ylhäältä on huono, koska sijoittaminen on vaikeaa muualle kuin hyllyn yläosaan, mikä taas asettaa hurjat vaatimukset hyllyn materiaalille.

Nosturin voidaan sijoittaa rullarataan tai sen ja varastohyllyn väliin. Väliin sijoittamalla rakenteesta saisi helpommin hahmotettavan ja lisäksi palkin annostelulle olisi enemmän tilaa. Tällöin, jos hyllyä halutaan täyttää nosturia apuna käyttäen täytyy rullaradan kohdalla olla jonkinlainen sivuttaisliike että palkki saadaan rullaradalta tai nippujen purusta nosturille. Tämä lisää laitteiston mutkikkuutta, koska sivuttaisliikkeen tekevä laite, ketjukuljetin tai muu, pitäisi

olla nouseva ja laskeva, jotta se voitaisiin ottaa pois tieltä rullaradan pitkittäisliikkeen käynnin ajaksi. Tällöin lienee järkevää sijoittaa nostolaite rullaradan kohdalle.

Lisäksi tarvitaan sivuttaisliike vielä nosturillekin, jotta palkki tai palkit saadaan hyllylle asti. Vaikka hyllyssä itsessäänkin olisi sivuttaisliike, pitää palkki saada rullaradan yläpuolelta hyllytason päälle että sivuttaisliike alkaisi vetää palkkia. Nosturin sivuttaisliikkeen tarvitsee olla vain niin pitkä että nosturilla olevan tavaran saa hyllylle, eli nosturin kuormatilan leveys ja annostelijan pituus laskettuna yhteen.

### **3.3.7 Palkkinippujen purku**

Varaston vastakkaiselle puolelle rullarataa tulisi paikka, jossa varastoitavat palkkiniput puretaan ja johon tulisi sivusta syötettävät palkkikoot. Palkkinippu laitetaan tasolle, aukaistaan sinkilät ja järjestetään palkit yhteen kerrokseen. Tämän jälkeen ketjukuljetin vie palkit nosturille joka kuljettaa ne hyllyyn.

## **3.4 Rakennekokonaisuuksien koonti ja arviointi**

Mahdollisista osatoimintojen ratkaisuista saisi yhteensä vaikka tuhansia rakennekokonaisuuksia, mutta jotkin ratkaisut sulkevat toisiaan pois, esimerkiksi jos valitaan varastointivaihtoehto, jossa ei ole tarvetta pystysuuntaiselle liikkeelle, nosturi olisi turha. Tällöin ei myöskään nosturin sivuttaisliikettä voi olla. Varastointitapa määrittää laitetta siinä määrin, että käyttämällä tätä osatoimintoa määrävänä poikkeavuutena, saadaan kolme hyvinkin toisistaan poikkeavaa ratkaisua.

### 3.4.1 Osatoimintokokonaisuudet

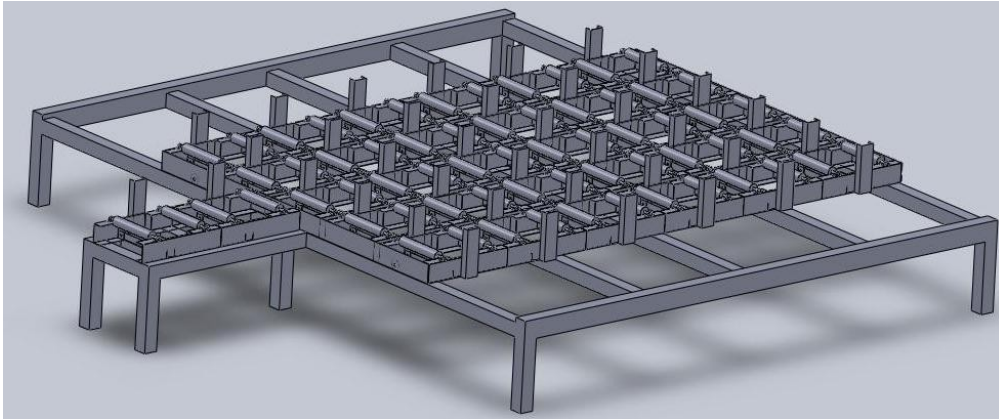
Kuvioon on viivoilla yhdistetyin pistein merkitty edellä tekstissä valitut osatoimintojen ratkaisut. Näin on saatu kolme osatoimintokokonaisuutta; 1,2 ja 3. Kaikkien vaihtoehtojen käyttövoimaksi on edellä valittu hydrauliiikka.

		Vaihtoehto		
		1	2	3
Käyttövoima	sähkö	hydrauliikka	hydrauliikka	pneumatiikka
materiaalin varastointi	vaakahylly	varastoautomaatti	varastoautomaatti	ulokehylly
materiaalin kulku varastoon	trukilla	purkuautomaatiikalla	purkuautomaatiikalla	-
palkin annostelu rullaradalle	ohjauksella	annostelijalla	annostelijalla	ulokehyllyn ulosliukuvan hyllyn avulla
nosturi	magneetti	saksinosturi	saksinosturi	ei nosturia
nosturin sijoitus	rullarataan	hyllyn ja rullaradan väliin	hyllyn ja rullaradan väliin	-
nosturin sivuttaisliike	ketjukuljetin	liukuva kuormataso	liukuva kuormataso	-
palkkinippujen purku	muualla	purkutasolla	purkutasolla	-

KUVIO 2: osatoimintotaulukko

Vaihtoehto 1 on vaakahyllykkö, johon palkit lastataan trukilla. Palkin annostelu tapahtuu manuaaliohjauksella. Vaakahyllyssä nosturin sijoittaminen hyllyyn aiheuttaisi hankaluuksia, mutta materiaalin nostot hoidetaan trukilla tässä vaihtoehdossa, joten nosturia ei tähän vaihtehtoon tule. Palkkinippujen purku tapahtuu laitteiston ulkopuolella.





KUVIO 3: Rakennevaihtoehto 1

Vaihtoehto 2 on rullaradan viereen sijoitettava varastoautomaatti, vertikaalikärselli, joka lastataan purkuautomaatiikalla. Palkin annostelu tapahtuu annostelulaitteella. Koska varastoautomaatin purkuaukko on aina samalla korkeudella rullaradan kuljetustason kanssa, nosturi on tarpeeton. Palkkinippujen purku tapahtuu rullaradan sivulle tulevalla purkutasolla.

Vaihtoehto 3 on ulokehylly, joka lastataan purkuautomaatiikalla tai suoraan trukilla. Palkin annostelu tapahtuu annostelijalla. ulokehyllyssä on tietenkin päällekkäin olevia hyllyjä, joten siihen tarvitaan nosturi. nosturi sijoitetaan rullarataan ja sivuttaisliike hoidetaan liukuvalla kuormatasolla. Palkkinippujen purku tapahtuu purkutasolla kuten vaihtoehdossa 2 tai laitteiston ulkopuolella.

### 3.4.2 Osatoimintokokonaisuuksien arvostelu

Vaihtoehto 1:n huonoina puolina on huono kapasiteetti ja suuri tilantarve. Se on myös epäkäytännöllinen kuormatessa. Hyvinä puolena on rakenteiden yksinkertaisuus. Vaihtoehto 2:n huonona puolena on ainakin hinta. Hyvinä puolina olisi suuri kapasiteetti ja pieni tilantarve verrattuna vaakahyllykköön.

Tehtävänannossa yksi tärkeä pointti oli kapasiteetti ja sen laajentamismahdollisuus. Vaihtoehto 3:n huonona puolena on tarve nosturille. Hyvinä puolina on melko hyvä kapasiteetti ja pieni tilantarve. Tämä vaihtoehto on myös halvempi kuin vaihtoehto 2, joten se on näistä ratkaisumalleista paras ja valitaan jatkokehittelyyn.

### **3.5 Rakenneluonnokset**

Yllä kootuista rakennevaihtoehtoista piirrettiin SolidWorks- 3D-CAD- ohjelmalla karkeahkot rakenneluonnokset, joista ilmenee kunkin vaihtoehdon periaatteet. Piirroksia käytettiin hahmottamaan konkreettisemmin vaihtoehtojen toimintaa. Rakennekuvien teko toimi myös verryttelynä SolidWorksin käyttöön vuoden tauon jälkeen.

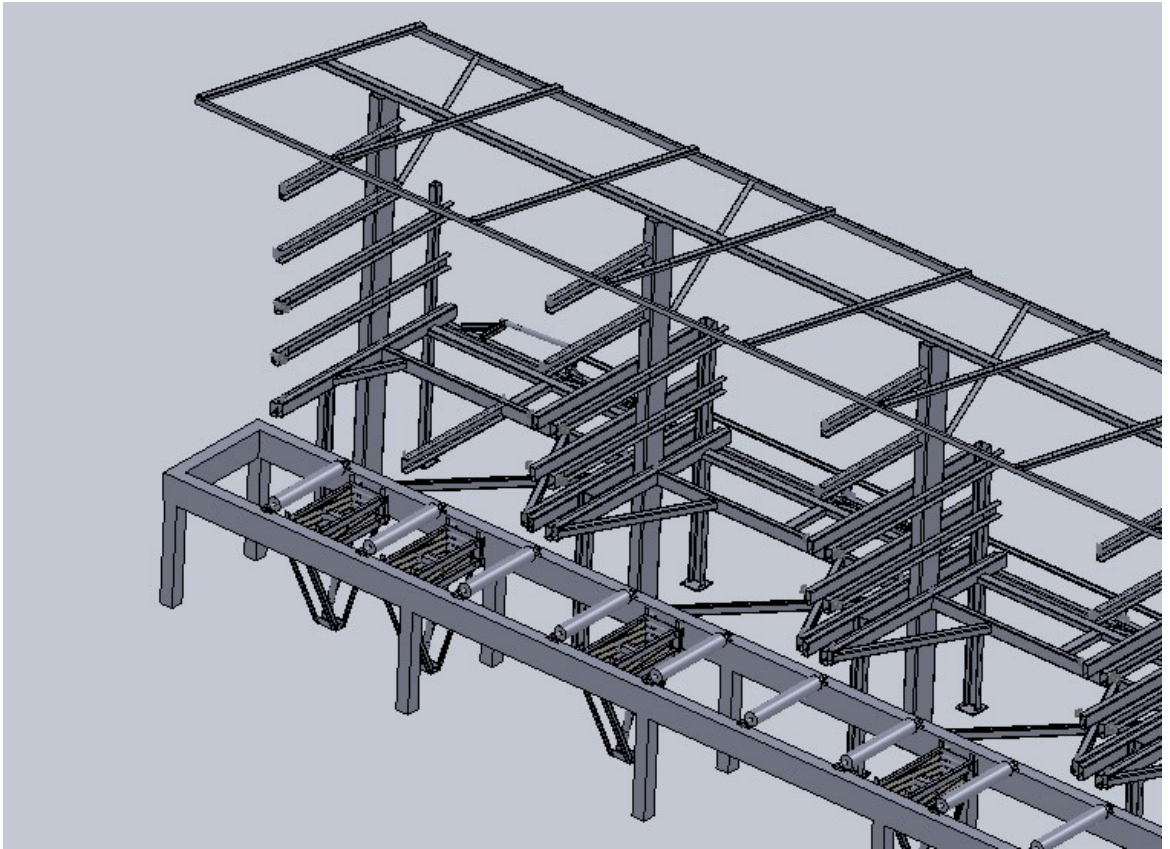
#### **4. VALITUN RAKENNEKOKONAISUUDEN SUUNNITTELU**

Jatkokehitykseen valittu rakennekokonaisuus oli vaihtoehto numero 3, eli mekanoitu ulokehylly. Tämä ratkaisu vastaa mielestäni parhaiten vaatimuksia olematta silti liian kallis. Vaihtoehto numero 3 olisi ollut halvin ja yksinkertaisin mutta hyvin tilaa vievä ja epäkäytännöllinen. Numero 2 oli ylivoimaisesti kallein vaihtoehto.

Kun paras rakennekokonaisuus oli valittu, alkoi yksityiskohtien suunnittelu rinnakkain 3d-mallinnuksen kanssa. Mallinnuksen edetessä oli helppo arvioida, miten valitut yksityiskohdat tulisivat käytännössä toimimaan.

##### **4.1 Varastohyllyn suunnittelu**

Rullarata ja varastohylly kiinnittyvät alustaksi valettavaan betonilattiaan valun yhteydessä asennetuin kierretangoiin. Tämä mahdollistaa hyllyn ja rullaradan tarkan sovittamisen yhteen. Kuviossa 4 havainnollistuu laitteiston rakenne. Kuvassa vain alimman hyllyn liukukyksiköt ja niitä liikuttava mekanismi on paikallaan ja esitettyinä on laitteiston sahan puolinen pääty. Rullarata on hyvin pelkistetty ja todellisuudessa jatkuisi edemmäs vasemmalle, koska saha on sisätiloissa ja syöttölaitteisto ulkona.



KUVIO 4: Syöttölaitteen periaatekuva

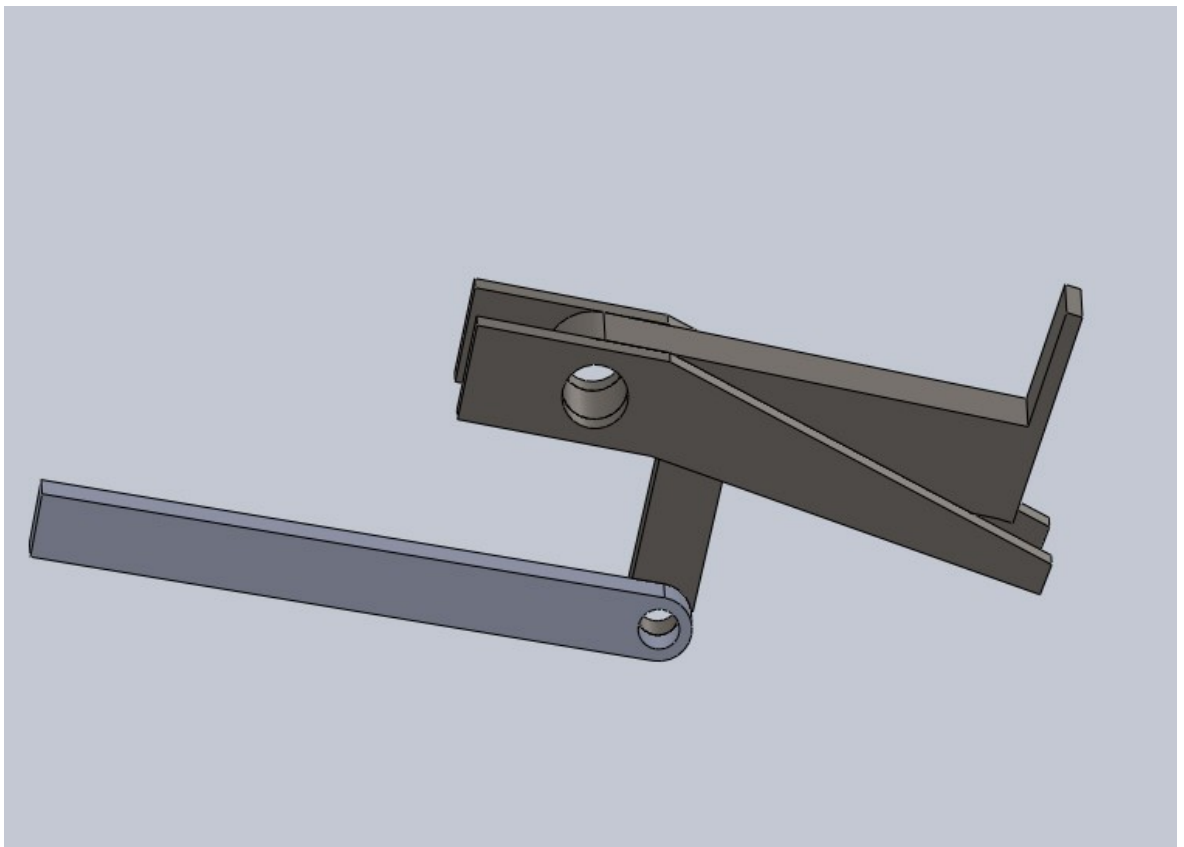
Päädysssä oleva liukukyksikkö on erilainen muihin verrattuna, koska päätyyn voi siten tilapäisesti laittaa sivuun lyhemmänkin aihion jos sen sahaaminen keskeytyy tai sitä tarvitaan vasta myöhemmin. Kuvassa on myös luonnosteltuna katon runko johon voidaan kiinnittää peltinen katto. Laite on ulkona, joten se on alttiina sääilmiöille. Näin myös hyllyssä olevat aihiot ovat sateensuojassa. Suojakoteloiteja ei ole myöskään esitetty.

Hyllytasoissa päädyin ratkaisuun, jossa hyllyt on jaettu lyhyempiin osiin jotka mahtuvat hyllyn rungon pystypalkkien väliin. Hyllyt liikkuvat kiskoilla, jotka ovat yksinkertaisesti kyljelleen käännetty c-palkit. Tämä luo suhteellisen suljetun rakenteen. U-palkin sisäreunat ovat vinot, joten sitä ei olisi voinut käyttää. Rullina

hyllyissä on tavalliset kuulalaakerit, neljä kappaletta hylly-yksikköä kohden. Liikkuvien hyllytasojen lisäksi niiden yläpuolella on kaksi kiinteää ulokehyllyä. Niihin voidaan tarvittaessa

#### 4.1.1. Annostelijan suunnittelu

Ensin varastohyllyn sivuttaisliikkeeksi oli suunnitelmissa ketjukuljetin, mutta tämä olisi vaatinut nosturiin sivuttaisliikkeen. Erillinen annostelija hyllyn päästä siis jäi pois lopullisesta toteutuksesta. Tähän syynä oli liukuhyllyn valinta sivuttaisliikkeeksi. Kuvioista 5 ilmenee millainen annostelija olisi ollut. Sivut kiinnittyisivät hyllyn päähän ja niiden väliin jäävä L:n muotoinen stoppari liikkusi tarpeen mukaan kun mekanismi liikuttaisi sitä vaakatangon välityksellä. Kun palkki tulee hyllyn reunaan, se liukuu stopparin päälle. Siitä se liukuu alas notimen päälle, kun stopparia lasketaan alaspäin. Palkki voidaan liu'uttaa takaisin ketjukuljettimelle nostamalla stopparia ylöspäin.



#### 4.1.2. Hyllyn sivuttaisliikkeen voimansiirto

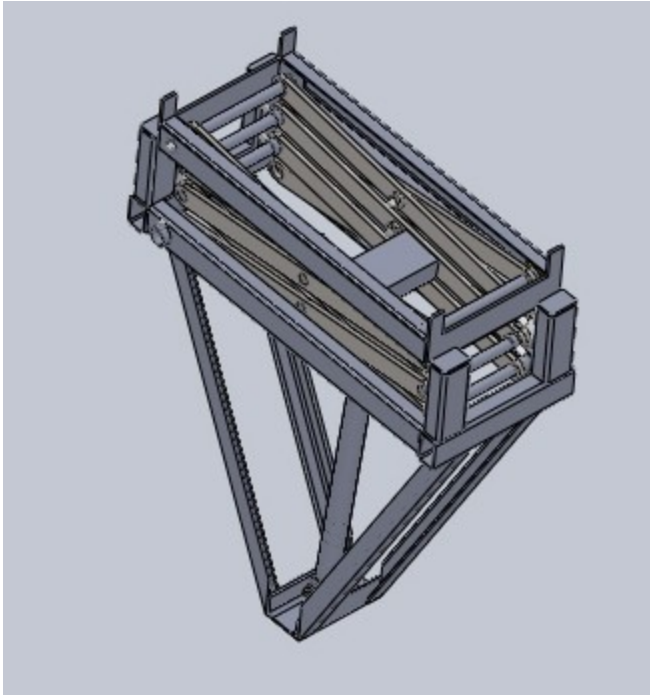
Ketjukuljettimeen perustuva toiminta olisi ollut seuraavanlainen: Kuljettimien vetoakseleille asennetaan magneettikytkimet joka akselille. Kuljettimille voimansiirto tulisi ketjuvälityksellä yhdeltä hydraulimoottorilta. Sähköisellä kytkennällä olisi mahdollista valita yksi kytkin tarttumaan, jolloin vastaava ketjukuljetin liikkuu. Hydraulimoottorin pyörimissuunnalla valittaisiin kuljettimen toimintasuunta.

Yllä kuvattu ratkaisu kuitenkin monimutkaistaisi rakennetta verrattuna toimintoon, jossa itse hylly liikkuu kiskoilla. Sopivaa magneettikytkintä ei myöskään löytynyt. Liike tapahtuu siten, että hydraulisyylinteri liikuttaa jokaista hyllynpätkää vivuston välityksellä samaan tahtiin. Hyllytasot ovat kolmessa kerroksessa, joihin jokaiseen tarvitaan oma mekanismi jotta niitä voidaan käyttää yksi kerrallaan. Hyllyt liikkuvat suhteellisen kevyesti, joten niitä liikuttamaan riittää melko pieni hydraulisyylinteri.

#### 4.2 Nosturin suunnittelu

Nostimeen valitsin saksirakenteen, koska sillä saavutetaan hyvä ulottuvuus ja pieni koko. Näin nosturi oli mahdollista sijoittaa rullaradan rungon sisään. Nosturin rakenne näkyy kuviossa 6. Nosturin nostotyö tapahtuu pystysuoraan ja nostomatka on yli metri. Näin pitkäskuinen hydraulisyylinteri olisi kalliimpi kuin valittu noin 500mm iskunpituudella varustettu sylinteri. Saksirakenteella saadaan aikaan "välitys", jolloin lyhemmällä iskulla saadaan sama nostomatka. Tässä tapauksessa tämän välityksen suhde on 1:2. Nosturi koostuu useammasta nostimesta, joissa on kussakin oma sylinterinsä ja jotka on yhdistetty akselilla

toimimaan samaan aikaan. Nostinyksikkö kiinnittyy rullaradan runkopalkkien sisäkylkiin niin, että nostotaso jää ala-asennossa hieman rullaradan rullien ylätasoa alle, eli niin, että palkki jää rullien varaan.



KUVIO 6: Nostinyksikkö

Sylinterin halkaisijan mitoitus.

Oletetaan että järjestelmän paine  $P$  on 12MPa ja maksimikuorma  $F_{\text{nostin}}$  on 5KN. Väliytysuhteen ollessa 2:1, matkan lisäksi tarvittava voima kaksinkertaistuu. Sylinterin voiman  $F$  on siis oltava  $2F_{\text{nostin}}$ , eli 10KN. Ratkaisemalla paineen kaavasta (Huhtanen 2008):

$$p = \frac{F}{A} = \frac{F}{\frac{\pi * d^2}{4}}$$

halkaisija  $d$ , saadaan tulokseksi että tällöin sylinterin halkaisija on:

$$d = \sqrt{\frac{4F}{\pi * p}} = \sqrt{\frac{4 * 10000N}{\pi * 12 * 10^6 Pa}} = 32,6 \text{ mm}$$

Tulosta lähinnä oleva standardikoko on 32mm. (Hydoring 2008) Tällä halkaisijalla paineen on oltava:

$$P = \frac{10000N}{804,25 \text{ mm}} = 12,43 \text{ MPa}$$

$d=32\text{mm} \rightarrow A=804,25\text{mm}^2, 2F=10\text{KN}, \text{MPa} = \text{N}/\text{mm}^2$

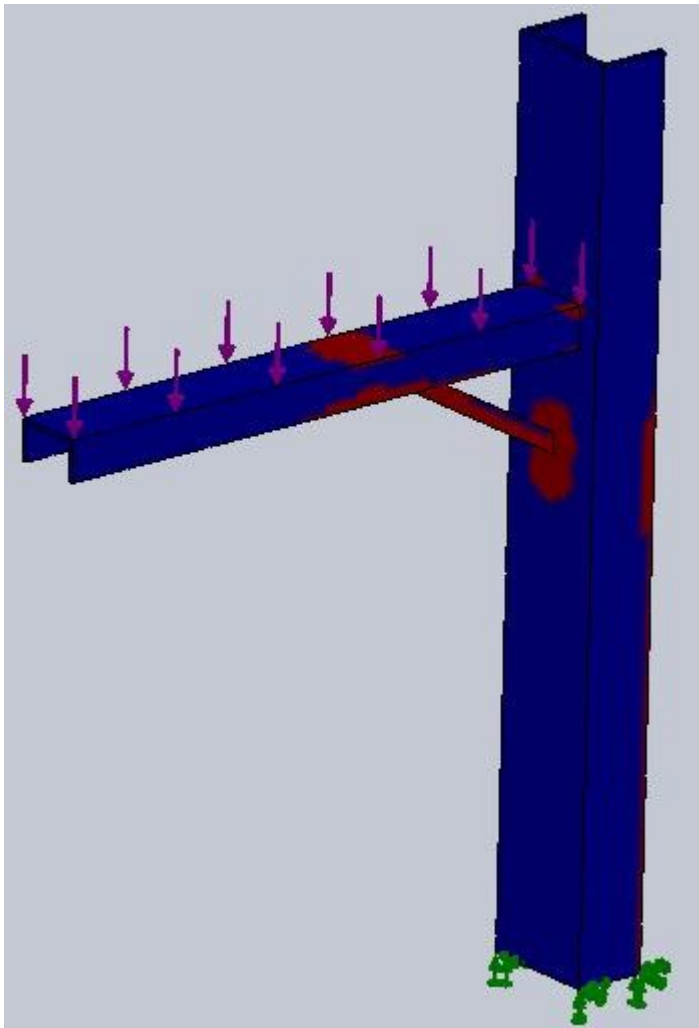
Valitaan sylinterin halkaisijaksi 32mm. Järjestelmän paineen on tällöin oltava 13MPa

Nostimet on alhaalta tuettu nivelellä, jonka läpi nostimet yhdistävä akselikin kulkee ja toiselta puolen nostimen rungossa kuin kiskoilla liikkuvilla laakereilla. Saksien yläpäässä on vastaava rakenne. Nostimet eivät ole yläpäästään sidottuna toisiinsa.

### 4.3 Lujuustarkastelu

Lujuustarkastelu suoritettiin SolidWorksin SimulationXpress- työkalu. Rajotuksiansa takia menetelmä ei ole aivan yhtä luotettava kuin laskea lujuudet käsin, mutta katsoin sen silti riittävän tarkaksi. Simulointi suoritettiin soveltuvista kohdista hieman soveltaen rakennetta, että päästiin eroon hitsisaumoista joita SimulationXpress ei osaa laskea. Läpi hitsattu sauma voidaan olettaa perusaineen veroiseksi, joten ongelma voitiin kiertää mallintamalla kriittisistä komponenteista saumattomat versiot laskentaa varten. Simulointityökalussa on myös optimointimahdollisuus. Tämä tarkoittaa sitä, että ohjelma voidaan asettaa laskemaan valittuihin kohtiin haluttua varmuuskerrointa vastaava mitta. Mitoituksen hienosäätö tehtiin siten, että valittiin aina ohjelman laskemaa tulosta vastaava seuraava suurempi standardikoko. Optimoinnissa käytetty varmuuskerroin oli 2 ja materiaali rakenneteräs S235.



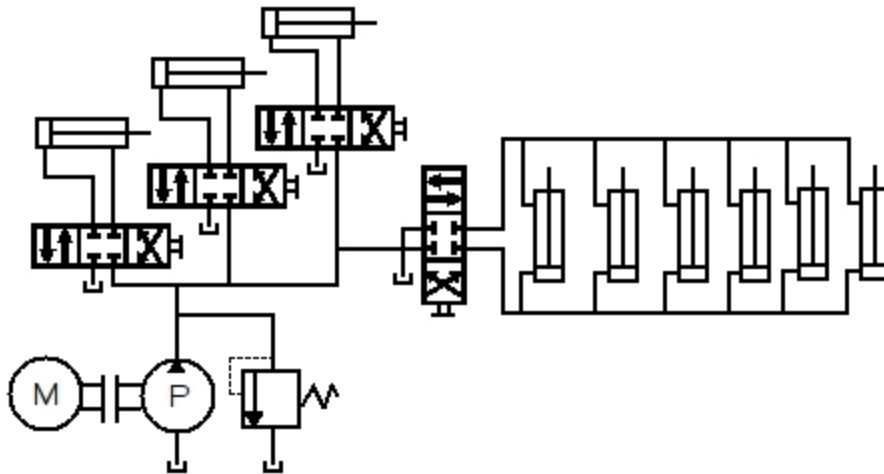


KUVIO 7: Esimerkki kuormitusten simuloinista

Kuviossa 7 oleva palkkirakenne on kiinnitetty joustamattomasti kuviteltuun alustaan vihreiden nuolten osoittamasta kohdasta eli alapinnastaan. Violettien nuolten osoittamaan tasoon vaikuttaa voima. SimulationXpress osoittaa punaisella kohdat, joissa syötetty varmuuskerroin alittuu. Kuvan esittämää rakennetta olisi vahvistettava tai siihen vaikuttavaa rasiitusta pitäisi muuttaa, koska rakenne on syötetylle kuormitukselle aivan liian heikko.

#### 4.4 Hydrauliiikan suunnittelu

Hydraulisylinterien mitoitus suoritettiin hyllyn ja nosturin suunnittelun yhteydessä. Putkiston mitoitusta ei sisällytetty työhön, joten laskettavaksi jäi laitteiston vaatima öljymäärä ja tilavuusvirta. Syöttölaite käyttää samaa hydraulikoneikkoa rullaradan kanssa. Ohjaus koostuu neljästä vipukäyttöisestä venttiilistä. Yksi ohjaa nostimia ja muut jokainen yhden hyllyn sivuttaisliikettä.



KUVIO 8: Hydrauliiikkakaavio syöttölaitteen hydrauliiikasta

Paine ja tilavuusvirta mitoitettiin nosturin vaatimusten mukaan, koska hyllyn sylinterien vaatimukset ovat pienemmät. Nosturin vaatima paine on laskettu kohdassa 4.2.

Käytön kannalta järkevän nopeuden (nosturin liike kestää 10s) saavuttamiseksi nosturi vaatii toimiakseen tilavuusvirran  $q$ . Järjestelmässä on kuusi nostinta, joten yhden nostimen vaatima tilavuusvirta on kuudes osa koko systeemistä eli  $q/6$ :

$$\frac{q}{6} = A * v = \frac{(32 * 10^{-3} m)^2 * \pi}{4} * 0,05 m/s$$

v=sylinterin liikenopeus, tässä 0,5m/10s=0,05m/s

$$\frac{q}{6} = 4,0212 * 10^{-5} m^3/s = 2,413 l/min \rightarrow q = 14,476 l/min$$

Tilavuusvirta on noin 15l/min.

Öljymäärä V:

$$V = A * s = 804,25 mm^2 * 500mm * 6 = 2412750 mm^2, eli 2,41 l$$

Käytetyt sylinterit ovat melko pieniä, joten niiden liikutteluun riittää suhteellisen pieni nestemäärä.

#### 4.5 Ohjauksen ja automatiikan suunnittelu

Manuaalinen ohjaus katsottiin riittäväksi, joten automatiikkaa ei suunniteltu. Sen sijaan ohjaus toteutetaan käsikäyttöisillä hydrauliventtiileillä. Tämä on esitettyinä luvussa 4.4.

## 5. JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Mallinnusta ja piirustusten tekoa hidasti SolidWorksin opiskelijaversiolla Student Design Kit:in ominaisuudet – tai lähinnä niiden puute. Perusasiat opiskelijaversiollakin onnistuvat, mutta mallintamista nopeuttavat lisäominaisuudet, esimerkiksi "Toolbox"- mallikirjasto loistaa poissaolollaan. Opiskelijaversiota käytin lisenssisyistä, koska aikatauluista johtuen tein suurimman osan mallinnuksesta kotona omalla tietokoneella.

Ohjaus kannattaisi tehdä sähkötoimisilla hydrauliventtiileillä silmällä pitäen mahdollista tulevaisuudessa tehtävää automatisointia joka tulisi ajankohtaiseksi kun yritykseen hankitaan CNC-saha. Tällöin sahan ohjaukseen voitaisiin kytkeä rulladan ja välillisesti syöttölaitteen ohjaus. Käytännössä kuitenkin suunnitelmien pitäminen mahdollisimman yksinkertaisena tekee täytännön toteutuksesta todennäköisempää syöttölaitteen kohdalla.

Mahdollinen toimeksiantajayrityksen tuoteskaalan laajentuminen vaikkapa hallirakenteisiin aiheuttaa sen että ennen käytännön toteutusta mittoja voidaan joutua hieman muokkaamaan. Tämä johtuu alussa tehdystä määrittelystä, jonka mukaan laite suunnitellaan 100-200mm:n palkeille joiden pituus on 12m. Jos halutaan käyttää palkkia, jonka täysi pituus on 6m, olisi nosturi mahdollista eriyttää kahdeksi osaksi. Tämä olisi kohtuullisen helppoa, nosturin hallinta voitaisiin toteuttaa kahdella venttiilillä, joista kumpikin ohjaisi kolmea nostinta. 12-metrinen palkkien käyttö ei kuitenkaan häiriintyisi, koska nosturin osia voitaisiin käyttää myös yhtäaikaisesti. Nostimet yhdistävä tanko olisi myös

poistettava kahden keskimmäisen nostimen välistä, jos nosturin osittainen käyttö halutaan mahdollistaa.

Työ oli haastava ja mielenkiintoinen. Kommunikaatio projektin toisen opiskelijan kanssa toimi hyvin. 3D- mallien avulla oli ideointi ja ideoiden esittäminen helppoa. Rakenneluonnoksia mallintaessa ylimääräisiä ja huonosti nimettyjä tiedostoja syntyi kohtalaisen paljon, joten ennen lopullisen mallinnusprosessin aloittamista täytyi kehittää järjestelmä, joka pitää tiedostot järjestyksessä. Siirsin aina Solidworksin tiedostonhallintatyökalulla erilliseen kansioon osat jotka eivät suoraan liittyneet sen hetkiseen uusimpaan kokoonpanoon. Käyttämällä tätä erityistä työkalua eikä Windowsin tiedostonhallintaa, kokoonpanoissa olevat tiedot osien sijainnista päivittyivät. Tällä tavoin avattaessa vanha kokoonpano, osia ei tarvitse etsiä vaan ohjelma löytää ne automaattisesti. Tämän lisäksi jokaisen tiedoston kuvaavan nimen edessä oli tunnisteenä osanumero, joka kertoi minkä kokoonpanon missä alikokoonpanossa osa tai kokoonpano sijaitsee. Näin ylimääräiset osat oli helppo siirtää pois sekoittamasta. Ylimääräisten osien kansioista oli myös helppo käydä katsomassa miltä jonkun osan aikaisempi versio on näyttänyt.

Dokumentointi on mallintaessa helppo unohtaa. Vauhtiin kun oli päässyt, ei muistiinpanoja tullut pidettyä. Jonkin verran helpommalla olisi päässyt jos osat olisi suunniteltu valmiimmiksi ennen niiden piirtämistä. Nyt osista tuli tarpeettoman paljon erilaisia versioita.

Työn tuloksena oli piirustukset ja osaluettelo katkaisusahan rullaradan syöttölaitteeseen. Kone on suunniteltu melko valmiiksi. Puuttuvia asioita mallissa ovat ohjauskomponenttien kiinnitys ja sijoittelu, hydrauliputkien ja -letkujen reitit.

Hydraulikoneikon mitoituksen liittyen laskin syöttölaitteen vaatimukset hydrauliiikan syötölle, joka saadaan rullaradan koneikosta.

**LÄHTEET**

OJ Hydrauliikka, OAMK, Pentti Huhtanen; Tuntimuistiinpanot, 2008

OJ Tuotekehitys, OAMK, Mikko Ylimaula; Tuntimuistiinpanot, 2008

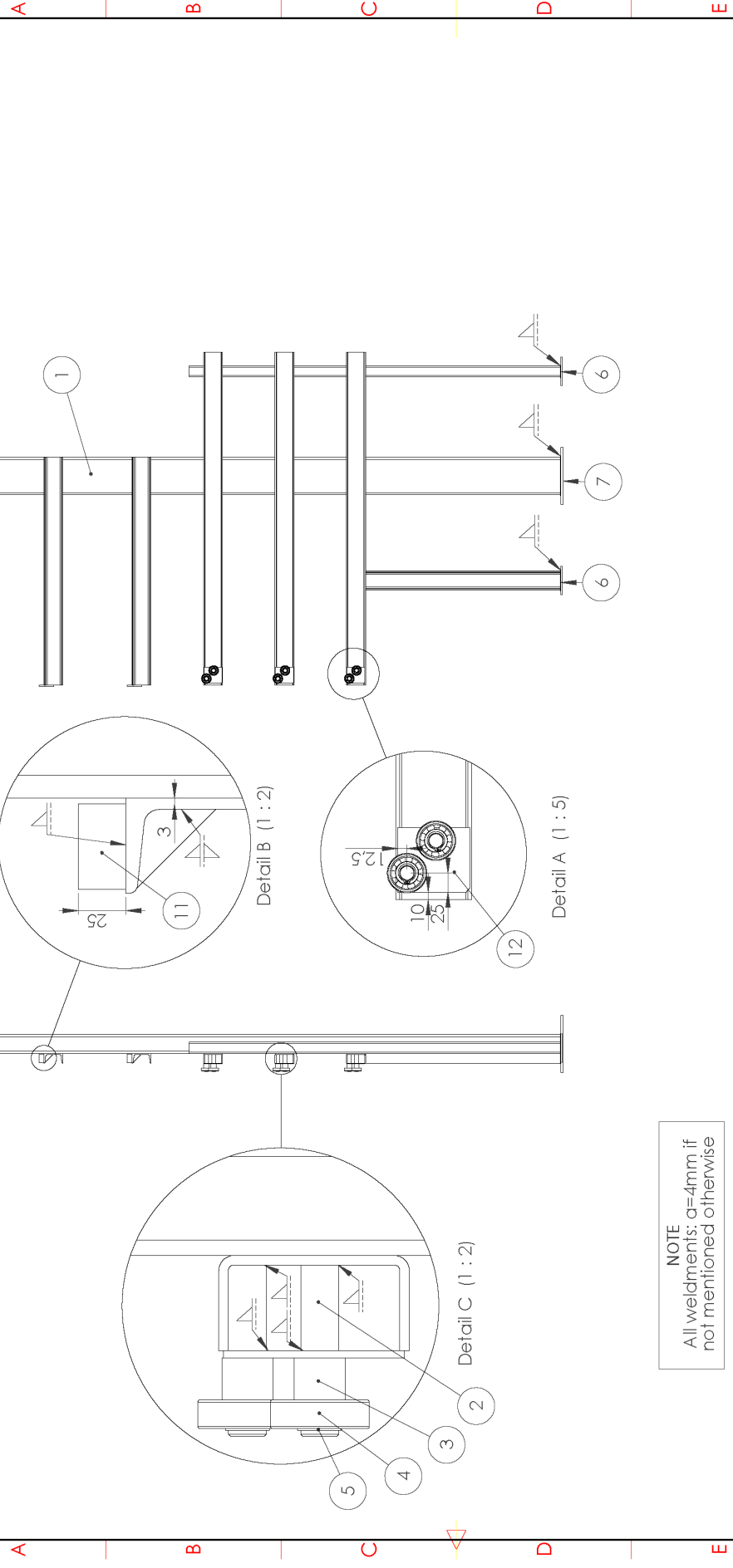
Hydoring, Hydraulisyliinterit tuotekuvasto 2008

## **LIITTEET**

LIITE 1: Laitteistoon liittyvien alikokoonpanojen piirustukset.



1 2 3 4 5 6 7 8

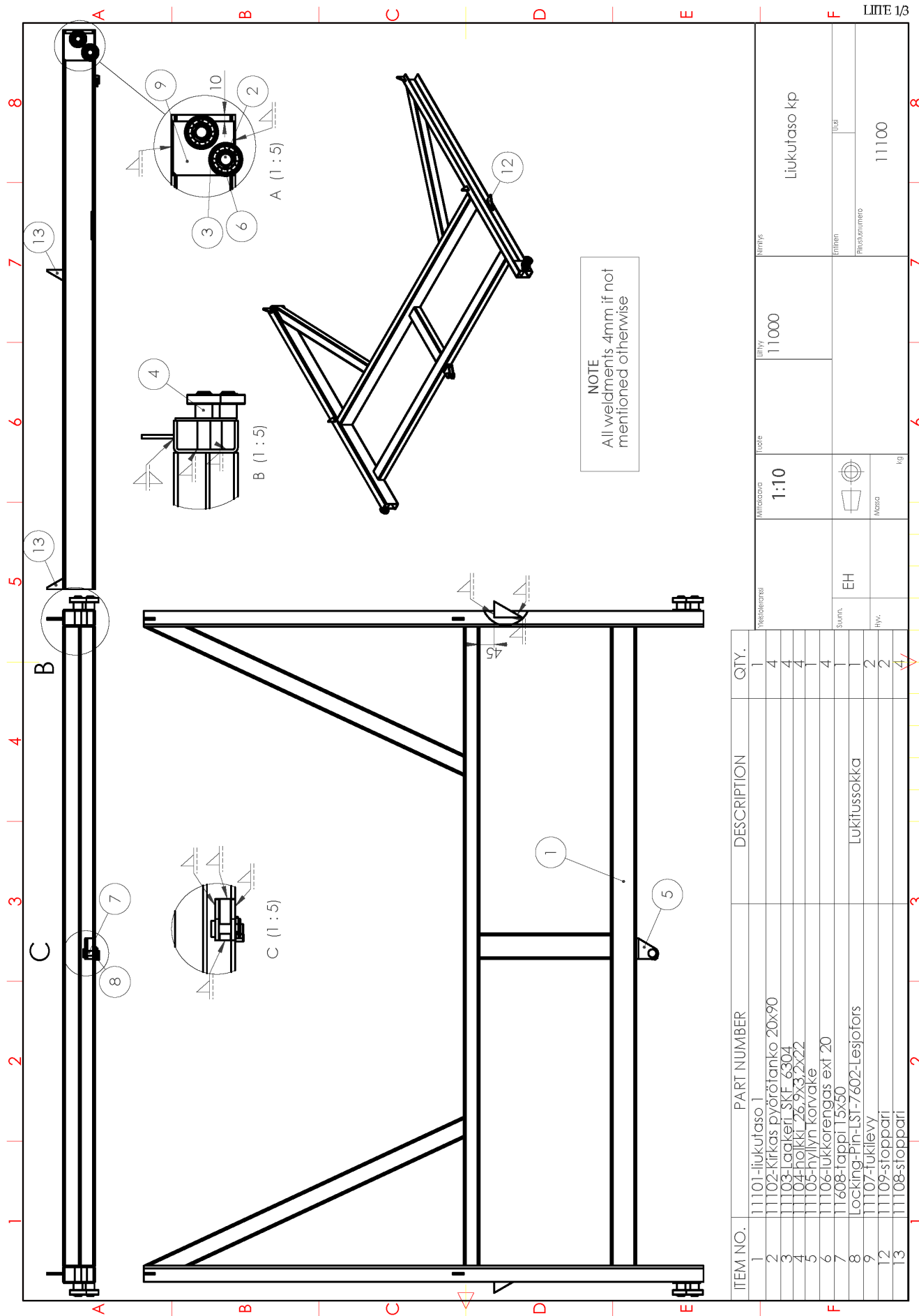


**NOTE**  
All weldments: a=4mm if not mentioned otherwise

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	11501-Tunko 3		6
2	11102-Kirkas pyörätanko 20x90		6
3	11104-halkki 26,9x3,2x22		6
4	11103-lakkeri SKF 6304		6
5	11106-lukkorengas ext 20		2
6	11302-levy 150x150x8		2
7	11303-levy 300x300x12		1
11	11304-levy 45x75x6		2
12	11107-tukilevy		3

Yhteiskokosi	Mittakaava	Ilmiv	Ilmiv	Ilmiv
	1:20		11000	Runko kp 3
Stuun.	EH			Ilmiv
Hyv.				Piirustenumero
				11500
				Massa
				kg



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	11101-liukutaso 1		1
2	11102-kirkas pyörätanko 20x90		4
3	1103-Laakeri SKF 6304		4
4	1104-naikki 26,9x3,2x22		4
5	1105-hyllyn korvake		1
6	11106-lukkorengas ext 20		4
7	11608-tappi 15x50		1
8	Locking-Pin-LST-7602-Lesjöfors		1
9	11107-tukilevy		2
12	11109-stoppari		2
13	11108-stoppari		4

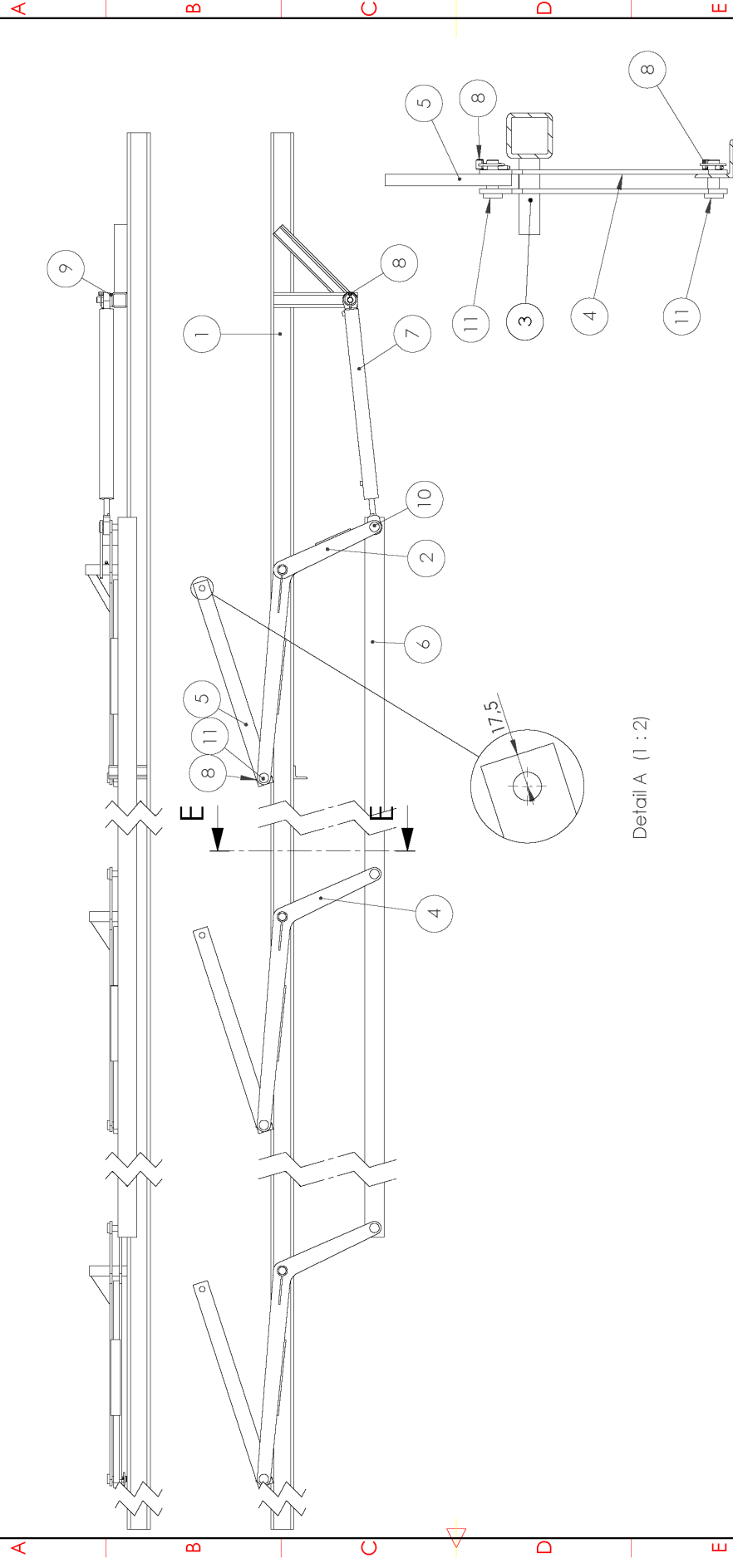
  

Mittausosa	Luote	Ilmyy	Eritys
1:10		11000	Liukutaso kp

Suunn.	Eh	Massa	kg
			11100

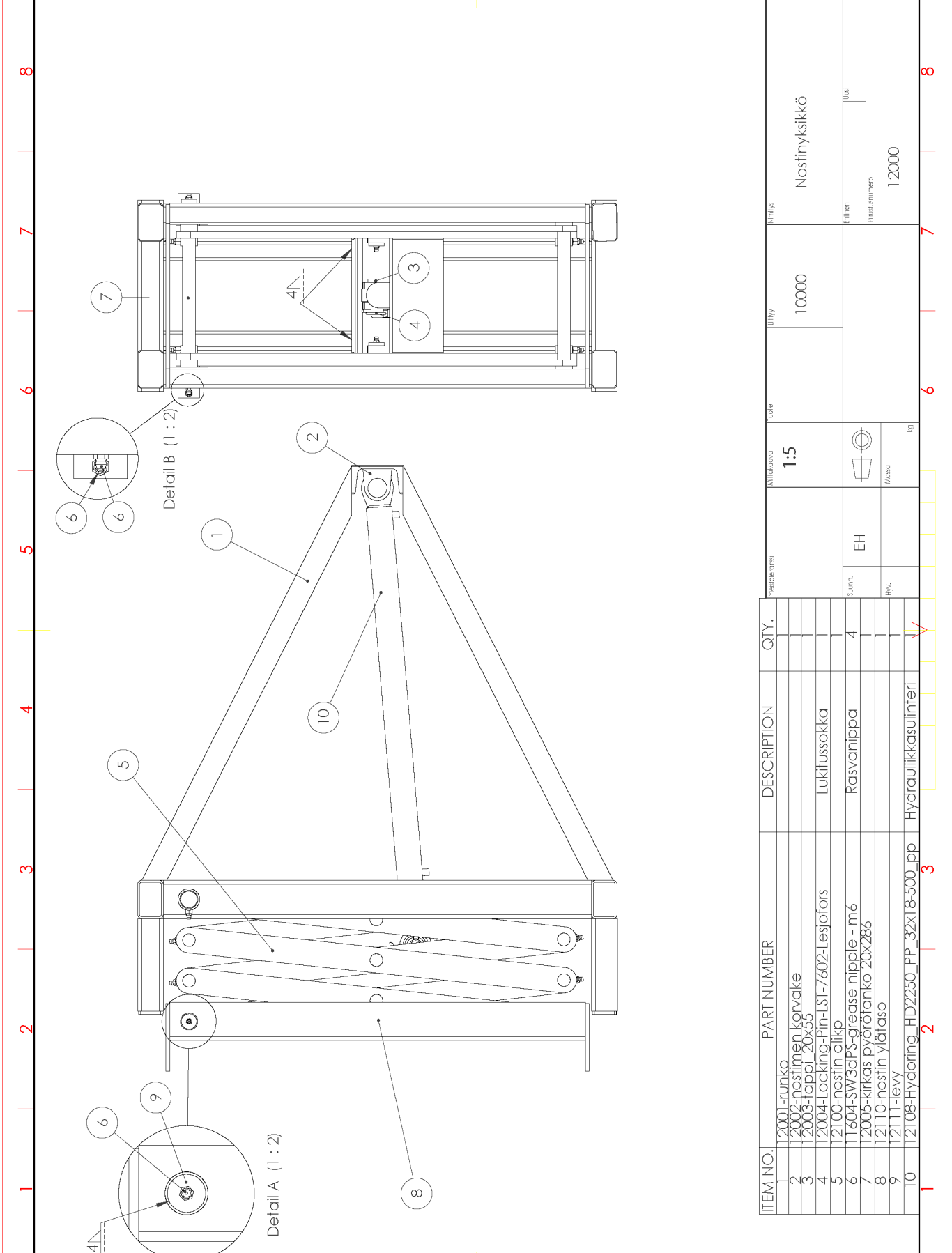
1 2 3 4 5 6 7 8



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	11601-vipurunko		1
2	11602-vipu 1		1
3	11604-SW3aPS-grease nipple - m6		1
4	11603-vipu 2		4
5	11605-tanko	40x15 Laita L=560	5
6	11606-kulmatanko 50x50x4		1
7	11607-Hydoring_HD2250_PP_25x14-400_pp		11
8	Locking-Pin-LSI-7602-Lesjators		11
9	11610-aluslevy		1
10	11609-tappi 15x70		1
11	11608-tappi 15x50		2

Yhteistoimitus	Mittakaava	Ilule	Ilmiv	Ilmitys
	1:10		11000	Vivusto
Stuun.	EH	Massa	kg	11600
Hyv.				
				11600
				11600

LINTE 1/5



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	2001-runko		
2	2002-nostimen konvake		
3	2003-tappi 20x55		
4	12004-Locking-Pin-LST-7602-Lesjofors	Lukitusosokka	
5	2100-nostin alikp		
6	11604-SW3dPS-grease nipple - m6	Rasvaniippa	4
7	12005-Kirkas pyörätanko 20x286		
8	12110-nostin ylätaso		
9	12111-levy		
10	12108-Hydroloring_HD2250_PP_32x18-500_pp	Hydrauliikkasulinteri	1

Yhteistoimitus		Mittacaava		Ilmivoly		Nostinyksikkö	
Stuuru.	EH	1:5		10000			
Hv.							
Massa	kg						12000

1 2 3 4 5 6 7 8

A B C D E F

