

**Juho Vähäsöyrinki**

**KUPPIKULJETTIMEN KAPASITEETIN  
KASVATTAMINEN**

**BET-KER Oy**

**Opinnäytetyö  
CENTRIA AMMATTIKORKEAKOULU  
Tuotantotalouden koulutusohjelma  
Helmikuu 2014**

<b>CENTRIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES</b>	<b>Aika</b> Helmikuu 2014	<b>Tekijä</b> Juho Vähäsöyrinki
<b>Koulutusohjelma</b> Tuotantotalous		
<b>Työn nimi</b> Kuppikuljettimen kapasiteetin kasvattaminen		
<b>Työn ohjaaja</b> Seppo Jokelainen		<b>Sivumäärä</b> 38 + 6
<b>Työelämäohjaaja</b> Esko Kinnunen		
<p>Opinnäytetyö tehtiin Bet-Ker Oy:lle, joka valmistaa tulenkestäviä massoja ja rakenneosia. Yritys sijaitsee Ylivieskassa.</p> <p>Työn tavoitteena oli suunnitella lisäaineita kuljettavan kupin kapasiteetti vastaamaan tuotannon kasvusta aiheutunutta tarvetta. Tämä ratkaisu parantaisi tuotantotehokkuutta. Työhön kuului lujuuslaskentaa ja 3D-mallinnusta sekä ongelman ratkointaa liittyen uuden kupin tilavuustarpeeseen.</p> <p>Työn tuloksena syntyi 3D-malli ja piirustukset uudesta kupista sekä giljotiiniluukun avausmekanismista. Lisäksi työssä varmistettiin kuilunrakenteiden kantavuus.</p>		
<b>Avainsanat</b>  Kuppi, kuljetin, tuotannon tehostaminen.		

<b>CENTRIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES</b>	<b>Date</b> February 2014	<b>Author</b> Juho Vähäsöyrinki
<b>Degree programme</b> Industrial Management		
<b>Name of thesis</b> Increasing the conveyor bucket capacity		
<b>Instructor</b> Seppo Jokelainen	<b>Pages</b> 38 + 6	
<b>Supervisor</b> Esko Kinnunen		
<p>This thesis was made for Bet-Ker Oy, which manufactures fire resistant masses and structures. The company is located in Ylivieska.</p> <p>The aim of work was to redesign the conveyor bucket that carries the additives to meet the current need for increased production. This would improve the efficiency of production. The work included the strength calculation, 3D-modeling and problem solving related to the new bucket capacity needs.</p> <p>As A result of the 3D model and drawings of the new bucket and the guillotine door opening mechanism were designed. At the same time it was ensured that the structures of the shaft load capacity are strong enough.</p>		

<p><b>Key words</b></p> <p>Bucket, conveyor, production efficiency.</p>
---

**TIIVISTELMÄ  
ABSTRACT**

**SISÄLLYS**

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2 TYÖN TILAAJAN ESITTELY</b>	<b>2</b>
2.1 Yritys ja tuotanto	2
2.2 Kuivatuotetehdas	3
<b>3 PROJEKTIN RAJOITTAVAT TEKIJÄT</b>	<b>5</b>
3.1 Alkutarkastelu	5
3.2 Kuilunrakenne ja aseman leveys	5
3.3 Moottori	7
<b>4 IDEOINTI</b>	<b>8</b>
4.1 Nykyinen kuppi	8
4.2 Halutun kapasiteetin selvittäminen	9
4.3 Kupin vaatimuksia	11
4.4 Kupin suunnittelu ja kupin tyhjennysluukun ideointi	12
4.5 Moottori ja sideaineiden lisäys	16
<b>5 KUPPIEN TILAVUUSTEHOKKUUS JA OIKEAN KUPIN VALINTA</b>	<b>18</b>
5.1 Kuppien tilavuustehokkuus	18
5.2 Kupin valinta	19
5.3 Luukun suunnittelu	22
<b>6 RAKENTEIDEN KANTAVUUS</b>	<b>24</b>
6.1 Vaikuttava massa	24
6.2 Rakenteisiin kohdistuva rasitus	25
<b>7 TÄRYN VALINTA</b>	<b>28</b>
7.1 Yleisimpiä tärytyyppejä	
7.1.1 Mäntätäryt	29
7.1.2 Kuulatäryt	29
7.1.3 Rullatäryt	30
7.1.4 Turbiinitäryt	31
7.1.5 Paineilmakäyttöiset iskuvasarat	32
7.2 Täryn sijoittelu	32
7.3 Valittu täry	34
<b>8 TULOKSET JA POHDINTA</b>	<b>34</b>

**LÄHTEET**  
**LIITTEET**

37  
39

- KUVIO 1. BET-KER Oy:n tuotantoalue käsittää 23 159 m<sup>2</sup>  
KUVIO 2. Kuppikuljetin lähdössä sekoittajan yläpuolelta.  
KUVIO 3. Kuilu ja vasemmassa alakulmassa taso, jolta sideainesilot täytetään  
KUVIO 4. Nykyinen kuppi ilman kiinnikkeitä  
KUVIO 5. Kappale joka ohjaisi runkoaineet kupin reunoille  
KUVIO 6. Kuppimallit 1, 2, 3 ja 4  
KUVIO 7. Kuppimallit 5, 6 ja 7  
KUVIO 8. Giljotiiniluukku  
KUVIO 9. Epäsäännöllinen kuppi  
KUVIO 10. Aukaisumalli 1. auki  
KUVIO 11. Aukaisumalli 1. kiinni  
KUVIO 12. Aukaisumalli 2. auki  
KUVIO 13. Aukaisumalli 2. kiinni  
KUVIO 14. Aukaisumalli 2 tarvitsisi useampia tukirautoja.  
KUVIO 15. Vapaakappalekuvio  
KUVIO 16. Mäntätäry  
KUVIO 17. Pneumaattinen kuulatäry  
KUVIO 18. Pneumaattinen rullatäry  
KUVIO 19. Pneumaattinen turbiinitäry  
KUVIO 20. Pneumaattinen iskuvasara  
KUVIO 21. Uusi kuppi ja giljotiiniluukku mallinnettuna asemaan.

- TAULUKKO 1. Lisäaineiden ainetiheydet  
TAULUKKO 2. Esimerkki laskurin toiminnasta  
TAULUKKO 3. Maksimi- ja minimi-tilavuusvälien tarkastelua

## 1 JOHDANTO

Työn tilaajana toimii ylivieskalainen Bet-Ker Oy ja tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tehdä esiselvitys ketjuvälitteisen kuppikuljettimen kapasiteetin kasvattamisesta. Kuljettimeen halutaan lisää kapasiteettia, koska kuljetettavien lisäaineiden tiheys on suhteellisen pieni. Kupin tilavuus oli aiemmin riittävä, mutta ongelmia syntyi lisäaineen vaihdoksen yhteydessä.

Opinnäytetyön selvitystavoitteisiin kuuluu kupille tarvittavan kapasiteetin selvittäminen, uuden kupin mallintaminen, giljotiiniluukun avausmekanismin suunnitteleminen, kuilun rakenteiden kantavuuden tarkistaminen, kupin tyhjenemisen varmistaminen ja nykyistä kuppia kuljettavan sähkömoottorin tehon riittävyuden pohtiminen. Saaduilla tuloksilla pyritään tuotannon tehostamiseen. Nykyisestä tilanteesta johtuen runsaasti keveitä lisäaineita sisältävien massojen annoskokoja joudutaan puolittamaan halutusta, mikä heikentää tuotannon tehokkuutta.

Ensimmäisenä esittelen opinnäytetyön tilaajan ja kerron yrityksen tuotannosta. Tämän jälkeen käyn läpi projektia rajoittavia tekijöitä ja niiden vaikutuksia. Selvitän kupille riittävän tilavuuden ja siitä syntyvän lisäaineannoksen kokonaispainon. Saatuaani tämän selville, lasken kuilulle tulevan rasituksen ja tarkistan kuilun kantavuuden. Opinnäytetyön loppupuolella mallinnan uuden giljotiiniluukun avausmekanismin sekä valitsen täryttimen varmistamaan raaka-aineiden tyhjenemisen kupista.

## 2 TYÖN TILAAJAN ESITTELY

### 2.1 Yritys ja tuotanto

BET-KER Oy on perustettu Pohjois-Pohjanmaalla, Ylivieskassa vuonna 1977. Sen omistussuhteet ovat vaihdelleet useaan otteeseen. Vuonna 1983 Lohja Oy osti BET-KER Oy:n Eero Miettiseltä ja Kalevi Mäkiseltä. Vuonna 1995 yhtiö siirtyi SKJ:n, Jukka Kyrölän ja Juhani Hautamäen omistukseen, josta lähtien Hautamäki toimi vuoteen 2013 saakka yhtiön toimitusjohtajana. Nykyisin toimitusjohtajana toimii hänen poikansa Antti Hautamäki.

Alkuaan BET-KER:illä valmistettiin myös betonia, mutta betonin tuotanto lopetettiin kokonaan vuonna 1996. Seuraavana vuonna betonivalmistuskalusto myytiin Rudus Oy:lle, joka edelleen valmistaa betonia samalla tehdasalueella.

BET-KER Oy:n toimiala on tulenkestävien massojen ja tulenkestävien rakenneosien valmistus. Tärkeimpinä tuotteina yrityksessä on valmiiden valumassojen valmistus suursäkkeihin 500 - 1500 kg:n ja pienempiin 25 kg:n säkkeihin. Massat voidaan toimittaa asiakkaalle myös siiloautolla. Toinen tärkeä osa yrityksen tuotantoa ovat tulenkestävät rakenneosat. Osien paino vaihtelee 1-5000 kg välillä ja ne voidaan kuivata tai polttaa. Tällaisia tuotteita ovat kiukaiden keraamiset osat, takkasydämet, senkan pohjan vuoraamiseen tarkoitettut elementit, kaasunpoistokellot, virtausohjaimet ja lämpösäteilyltä suojaavat elementit.

BET-KER:in liikevaihto on tätä nykyä n.10 miljoonaa euroa. Noin 70 % tuotteista menee terästeollisuuden käyttöön. Suurin asiakas on Rautaruukki ja muita asiakasyrityksiä joihin tuotteita menee ovat Ovako Bar ja Outokumpu. Yrityksessä työskentelee 23 työntekijää joista kahdeksan on toimihenkilöitä (Bet-Ker Oy 2013.), (Kauppalehti, Paul Öhrnberg 2011.)



KUVIO 1. BET-KER Oy:n tuotantoalue käsittää 23 159 m<sup>2</sup> (Bet-Ker Oy 2013.)

## 2.2 Kuivatuotetehdas

Opinnäytetyöprojekti sijoittuu tähän rakennukseen. Kuivatuotetehdas on tuotantoalueen korkein rakennus ja siitä käytetään usein lyhennettä KTT. Siellä valmistetaan massoja asiakkaille sekä yrityksen omaan tuotantoon. Valmiit massat säkitetään 500, 750, 1000 ja 1500 kg:n suursäkkeihin. Massoja säkitetään myös pienempiin 25 kg:n säkkeihin. Massojen valmistus suoritetaan tietokoneohjatusti.



Massan valmistuu KTT:lla alkaa, kun runkoaineet annostellaan runkoainevaa'alle. Samoin lisäaineet kulkevat oman vaa'an kautta. Nämä raaka-aineet kulkevat kuppikuljettimen kautta (KUVIO 2.) Lisäaineet tyhjennetään kuppikuljettimesta sekoittajan yläpuolella. Myös runkoaineet tyhjennetään kuppikuljettimen läpi sekoittimeen. Sekoittimesta aineet jatkavat matkaa säkitykseen tai tuotesiiloon. Lopuksi pikkusäkkeihin tai suursäkkeihin pakattu massa kuljetaan trukilla varastoon.



KUVIO 2. Kuppikuljetin lähdössä sekoittajan yläpuolelta.

KTT:lla valmistettava massa on valmistuote. Se koostuu runko-, lisä- ja sidosaineiden kokonaisuudesta. Se pakataan edellä mainittuina annoksina suursäkkeihin tai pikkusäkkeihin. Annokset pyritään valmistamaan mahdollisimman suurina tuotannon tehokkuuden edistämiseksi.

## 3 PROJEKTIA RAJOITAVAT TEKIJÄT

### 3.1 Alkutarkastelu

Alkuun perehdyin tekijöihin, jotka rajoittavat kuppikuljettimen kapasiteetin suurentamista. Tällaisia reunaehtoja olivat aseman leveys ja korkeus, kuppia kuljettavan moottorin teho sekä kuilun rakenteiden kantavuus. Kuppikuljettimen kokoa rajoittaa myös kaksi vaakaa ja niiden kantokyky sekä sekoittajan maksimikapasiteetti joka on 1600 kg. Kuilussa on myös sähköjohto sekä kuppia tyhjentävä sylinteri, jotka ovat mahdollisesti laajennuksen tiellä. Nämä tosin ovat siirrettävissä uuden kupin tieltä

### 3.2 Kuilunrakenne ja aseman leveys

Aseman leveys ja kuilussa olevat kiskot rajoittavat kupin halkaisijan jo nykyisin olevaan 700 mm:iin. Kupin maltillinen korottaminen voisi onnistua nykyisestä 1031 mm:stä. Korkeutta rajoittaa tehtaan yläkerran tyhjennysasemalla ylä- ja alapuolelta kuppia lähestyvät sylinterit, jotka tukevat täyttö- ja tyhjennystorvea. Alakerran asemalla kupin korkeutta rajoittaa asemalla olevan pölynpoistotorven sekä täyttökierukoiden suojapelti. Peltiä olisi mahdollista muokata uuteen muotoon ja saada näin lisää tilaa korkeammalle kupille.

Aseman leveys ja kuilu muodostavat niin suuren kokonaisuuden, että niiden muuttaminen olisi hyvin työläs toimenpide, sekä kenties kannattamatonta. Kuilu koostuu ristikkorakenteesta joka on kokonaisuudessaan kymmenen metriä pitkä. Ristikkorakenne on tuettu kolmen IPE - palkin avulla rakennuksen tukirakenteisiin. IPE - palkkien välinen etäisyys on viisi metriä. Ristikkorakenteen

sisällä on kiskot, jossa kuppi kulkee ketjuvälitteisen kuljettimen avulla. Mikäli laajennettu kuppi ja sen rakenteet tuovat yli huomattavasti lisäpainoa, tulee rakenteiden kantavuus tarkistaa. Nykyinen kuppi painaa kelkan, moottorin ja täyden lisääinemäärän kanssa noin 350 kg.

Mikäli kuppikuljettimen kuilunrakenne (KUVIO 3.) on aikanaan suunniteltu määräysten mukaan, sen varmuuskertoimen täytyy olla vähintään 1,5. 1,5 varmuuskerroin tarkoittaa lievää ylimitoitusta ja täyttää yleiset vaatimukset. Tällä luvulla rakenteiden pitäisi kestää kevyet rasitusvaihtelut. Varmuuskertoimesta käytetään myös nimitystä varmuusluku.

”Yleisesti koneenrakennuksessa käytetään tavallisissa kuormitustapauksissa varmuuslukua  $n = 1,5$  ja rakenteelle sallitut jännitykset esim. standardissa SFS 3200 perustuvat tähän lukuun. Sallitut leikkausjännitykset ovat yleisesti 60 % sallitusta vetomyötörajasta.”

(<http://www2.amk.fi/digma.fi>).



KUVIO 3. Kuilu ja vasemmassa alakulmassa taso, jolta sideainesilot täytetään.

### 3.3 Moottori

Kuppia kuljettavan sähkömoottorin tehtävänä on kuljettaa kuppi KTT:n sideainevaakojen alta sekoittimen yläpuolella olevalle tyhjennysasemalle. Kuppi voidaan pysäyttää tarvittaessa kuilun puoleenväliin, jolloin siihen voidaan annostella käsin ns. esiseoksia. Esiseoksia lisättäessä kuppi lähtee vaivoin liikkeelle pysähdyksen jälkeen.

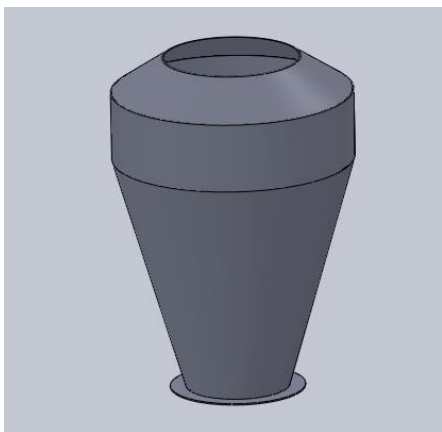
Pienikin massan lisäys kupin painoon vaikuttaa moottorin tehontarpeeseen. Tämän takia tulisi pohtia ratkaisua moottorin käyttötehon lisäämiseen ja säätämiseen tai mitoittaa kokonaan uusi moottori. Vaarana on, että nykyinen moottori ei jaksaisi kuljettaa uutta kuppia täydessä lisäainelastissa ylös. Ideoinnissa tulisi ottaa huomioon nykyisen moottorin teho ja tiedot sekä pohtia vaihtoehtoisia ratkaisuja.

## 4 IDEOINTI

### 4.1 Nykyinen kuppi

Kupin tehtävänä on kuljettaa lisäaineita. Lisäaineet ajetaan ruuvikuljettimella omista silloistaan kuppiin. Käsillä lisättävät esiseokset voidaan lisätä omalla pysäytysasemallaan kuilun alkupäässä. Pysäytyksen jälkeen kuppi etenee sekoittajan yläpuolelle missä se tyhjenee. Sekoittajan yläpuolella kupin läpi ajetaan myös runkoaineet. Ne ovat karkeempaan raaka-ainetta ja huuhtelevat kupin lisäainejäämistä.

Kuppi on alapäästä kartio ja sen keskiosa on lieriö. Kuppi on molemmin puolin kiinni kuljetinkiskoissa lieriöosan kohdalta. Kupin alakartioon on hitsattu kiinni kaksi teräskappaletta pitämään kuppi vakaana, kun se pysähtyy asemalla. Tällä estetään vajaan kupin heilahtaminen pysähtymisen yhteydessä. Ylimmäinen osa kupista on myös kartio jonka vuoksi kuppi on yläpäästään pölytiivis. Muutoin pölyä tulisi runsaasti, koska kupin läpi lasketaan runkoaineet. Nykyisen kupin tilavuuden pitäisi olla noin 250 litraa (KUVIO 4.) Tarkastan nykyisen kupin tilavuuden osiossa 5.1.



KUVIO 4. Nykyinen kuppi ilman kiinnikkeitä.

## 4.2 Halutun kapasiteetin selvittäminen

Sain yritykseltä excel- taulukon, mihin oli kirjattu lisäaineiden tiheydet ja laskurin, jonka arvoja muuttelemalla pystyi tarkistelemaan annoskokojen tilavuuksia. Taulukko käsitti 17 erilaista lisäainetta, joista koostui lähes 200 eri massaa. Seuraavassa taulukossa olevat aakkoset symboloivat lisäaineita (Taulukko 1).

TAULUKKO 1. Lisäaineiden A-L ainetiheydet

	A	B	C
1	LISÄAINESILOT		
2	<b>Aine</b>	<b>Bulk-tiheys [g/cm<sup>3</sup>]</b>	<b>Käytettävä tiheys</b>
3	A	1,7 g/cm <sup>3</sup>	1,7
4	B	0,5-0,7 g/cm <sup>3</sup>	0,5
5	C	1,1-1,4 g/cm <sup>3</sup>	1,1
6	D	0,5-1,7 g/cm <sup>3</sup>	0,5
7	E	2,9-3,3 g/cm <sup>3</sup>	2,9
8	F	1-1,4 g/cm <sup>3</sup>	1
9	G	0,8-2,8 g/cm <sup>3</sup>	0,8
10	H	1,1 g/cm <sup>3</sup>	1,1
11	I	0,3 g/cm <sup>3</sup>	0,3
12	J	1,45 g/cm <sup>3</sup>	1,45
13	K	0,9-1,15 g/cm <sup>3</sup>	0,9
14	L	3,2-3,7 g/cm <sup>3</sup>	3,2
15	M		2,6
16	N		1,25
17	O		0,5
18	P		0,5
19	Q		0,14

Seuraavalla sivulla on esimerkkikuvio laskurin toiminnasta ja sen arvoista (TAULUKKO 2). Sarakkeella 20 sijaitsee annoskoot mihin sijoitellaan haluttuja annoskokoja. Annoskoot ovat 500 - 1500 kg:n välillä. Laskuri muutti annoksen sisältämän lisäainemäärän kunkin aineen kohdalla suoraan pystysuoralle sarakeelle B-G ja lisäaineiden kokonaismäärä tuli litroina sarakeelle 19.

TAULUKKO 2. Esimerkki laskurin toiminnasta

	A	B	C	D	E	F	G
1		1	2	3	4	5	6
2	0461	0	0	0	0	0	0
3	0434	90	45	30	90	0	0
4	0321	0	0	0	0	0	0
5	0462	0	0	0	0	60	90
6	0300	0	0	0	0	0	0
7	0405	0	0	4	12	5	7,5
8	0191	0	0	0	0	0	0
9	0835	0	0	0	0	0,09	0,14
10	0427	0	0	0	0	100	150
11	0513	0	0	0	0	0	0
12	0478	0	0	0	0	0	0
13	0420	0	0	4,38	13,1	0	0
14	0400	0	0	0	0	0	0
15	0472	0	0	0	0	0	0
16	0458	0	0	0	0	0	0
17	0489	0	0	0	0	0	0
18	0840	0	0	0,71	2,14	0	0
19	<b>Yhteensä [I]</b>	90	45	39	117	165	248
20	<b>Annos</b>	1500	750	500	1500	1000	1500

Valitsin suurimman litratilavuusmäärän omaavimmat massat joita oli 18 kappaletta ja sijoitin ne taulukkoon (TAULUKKO 3). Lähdin muodostamaan taulukkoon litratilavuuksien vaihteluvälejä ja hain mahdollisimman pientä eroa maksimi- ja minimi-tilavuuden välillä. Kokosin noin puolenkymmentä tilavuusvaihtoehtoa joista pystyi tarkastelemaan annoskokoja, sekä annoskokojen määriä.

TAULUKKO 3. Maksimi- ja minimitilavuusvälien tarkastelua

Max L	Min L	500kg	750kg	1000kg	1500kg	
383	256	0	3	10	5	A.
Max L	Min L					
300	215	3	5	7	3	B.
Max L	Min L					
323	237	3	5	6	4	C.
Max L	Min L					
356	250	2	2	10	4	D.
Max L	Min L					
276	215	3	9	3	3	E.
Max L	Min L					
255	171	4	9	5	0	F.

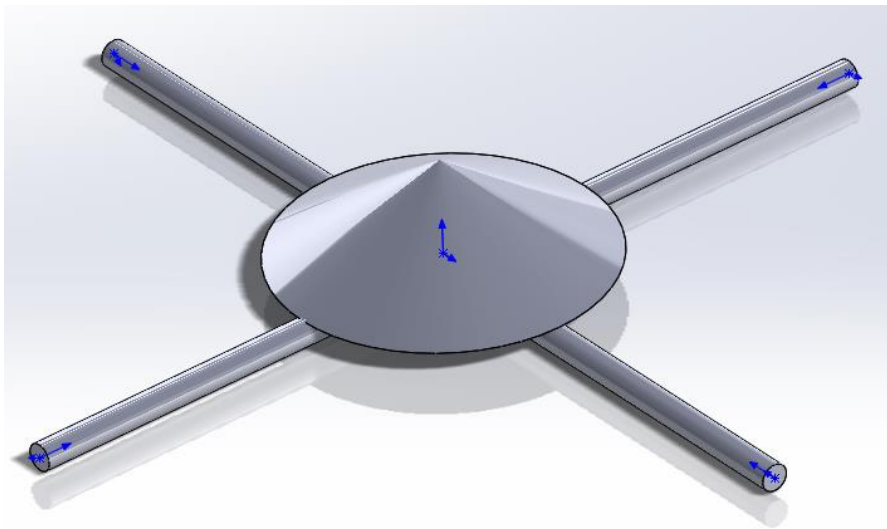
Litratilavuuksia tarkastellessa massat 32# ja 34# erottuivat huomattavasti muista massoista, koska niiden lisäainetiheys oli suhteellisen pieni. Niiden annoskokojen suurentaminen kasvatti kupin tilavuustarvetta huomattavasti. Nämä massat päättivät suurelta osin mikä tulisi olemaan tarvittava kapasiteetti. Suurentamalla niiden annoskokoa 750 kg:aan tarvittava kapasiteetti olisi 382 litraa. 750 kg:n annoskoolle ei kuitenkaan ollut tuotannollista tarvetta, eli tarvittavan annoskoon pitäisi olla 1000 kg. Tämä vaatisi uudelta kupilta 550 litran tilavuutta. Kuppi olisi yli kaksi kertaa suurempi, kuin nykyinen 250 litran kuppi. Uusi kuppi olisi hyvä mitoittaa hieman yli, jotta tilavuus riittäisi varmemmin raaka-aine tilavuuksien vaihteluihin.

#### 4.3 Kupin vaatimuksia

Kupilta on vaadittava edellä esitetyn laskurin mukaan 550 litran tilavuus (TAULUKKO 2.) Tämän ansiosta kriittisiä massoja 32# ja 34# voisi tehdä täysinä 1000 kg:n annoksina, ja useimmat massat voisi valmistaa 1500 kg:n kokoisina annoksina.



Kupin tulisi tyhjentyä mahdollisimman hyvin sekoittajan yläpuolella. Yksi idea olisi asentaa kartion muotoinen teräsrakenne keskelle kuppia. Kartio olisi tuettava kahdella ristiin hitsatulla umpitangolla, mikä samalla tukisi kupin rakennetta. Kartio ohjaisi runkomateriaalin valumisen kupin seinämiä pitkin. Runkoaine on raskaampaa, kuin lisäaineet ja suurella nopeudella tippuessaan runkoaineet huuhtoisivat kupin tyhjäksi (KUVIO 5.)



(KUVIO 5.) Kappale joka ohjaisi runkoaineet kupin reunoille

Toinen ajatus olisi sijoittaa kupin kylkeen täry, jonka voimasta kuppi tyhjentäisi. Täry toimisi sähköllä tai paineilmalla ja se voisi olla kiinni kupissa tai vaihtoehtoisesti tyhjennysasemassa. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon, että kuppi liikkuu 10 metrin matkalla. Näin ollen paineilman johdattaminen kupin kylkeen tuskin onnistuisi. Kuppia liikuttavalle moottorille on sen sijaan kytketty sähkövirta, josta voisi ohjata virtaa tärylle. Näin sähköllä toimiva täry vaikuttaisi suoraan kupin kyljessä.

Täry voisi olla myös kiinteästi asennettuna tyhjennysasemalle. Kupin saapuessa asemalle ajautuisi kuppi automaattisesti täryä vasten. Täry olisi tuettu

putkipalkilla niin että se vastaisi kupin alaosan tuntumaan. Tällöin olisi mahdollista käyttää myös paineilmalla toimivaa täryä. Kupin tyhjeneminen on tärkeää, koska kuppiin jääneet ylimääräiset lisä- ja runkoaineet voivat pilata annoksia. Kupin tulisi olla helposti huollettava tai kokonaan huoltovapaa. Kuppiin olisi mahdollista tarvittaessa sijoittaa tarkistusluukku.

Muita huomionarvoisia seikkoja työtä tehdessä oli kupin tyhjennysluukun toiminta. Luukku toimii nykyään sylinterin avulla, joka kääntää luukun vaakasuorasta pystysuoraan päästäten lisääneet tyhjenemään kupista. Nykyistä luukku täytyy huoltaa 1-2 kuukauden välein, koska karkeat runkoaineet kuluttavat luukun väljäksi. Kulumista on kompensoitu asentamalla solumuovia luukun ulkoreunoihin. Solumuovi pidentää hetkellisesti luukun elinikää.

Haastateltunani työntekijöitä sain tiedon, että kuppiin oli valmistettu uusi giljotiinimallin luukku. Sen rakenteen etuna olisi pidempi käyttöikä. Kyseistä luukku ei vielä ole asennettu, mutta se on rakennettu valmiiksi verstaalla. Tilaajan toiveena oli suunnitella giljotiiniluukun avausmekanismi.

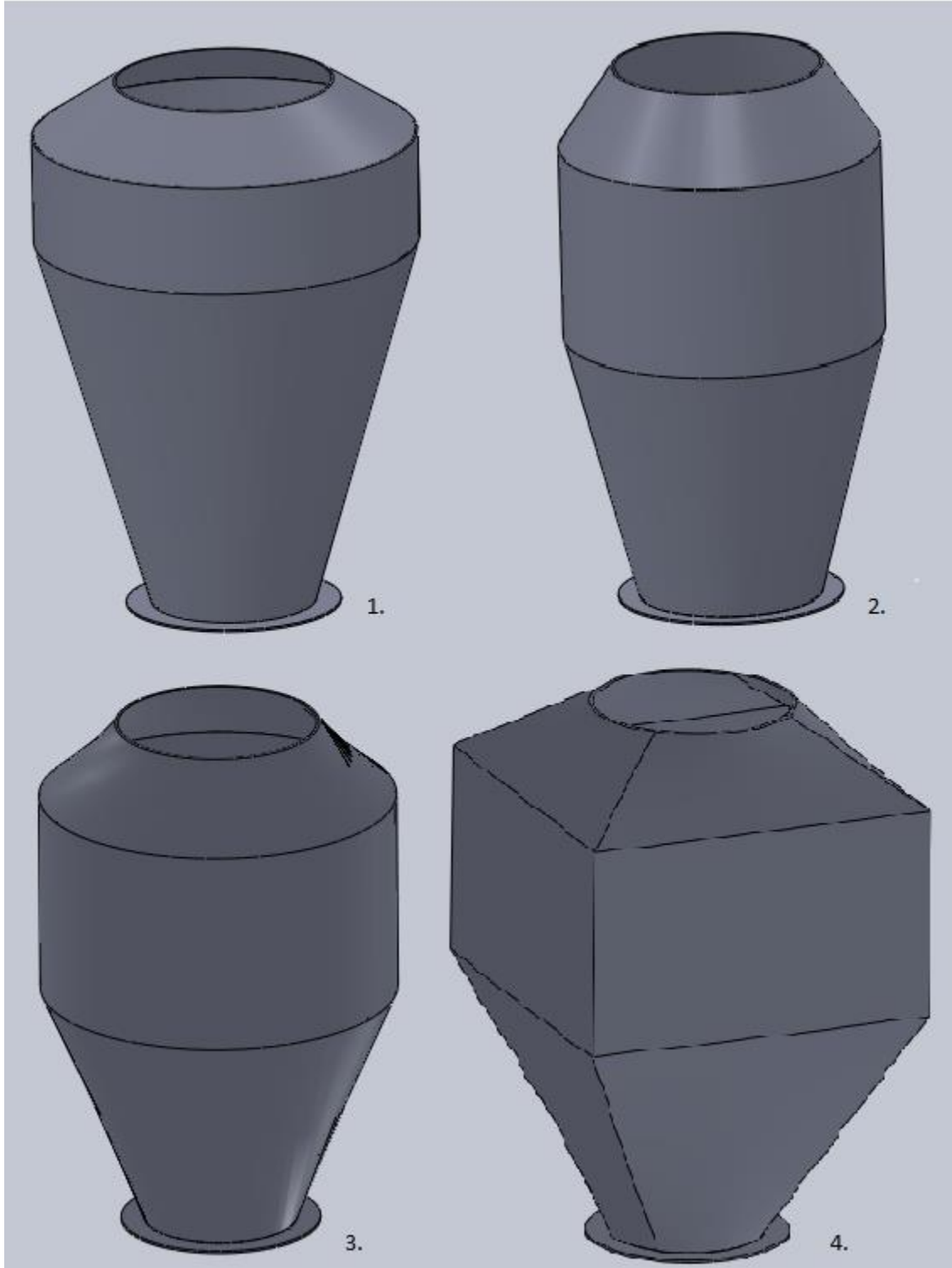
#### **4.4 Kupin suunnittelu ja kupin tyhjennysluukun ideointi**

Kupista mallinsin 7 eri raakamallia ja pohdin niiden eroja. Kupit esittelen sivuilla 15 ja 16. Kupit 1,2,3 ja 4 ovat KUVIO 5:ssä ja kupit 5,6 ja 7 ovat KUVIO 6:ssa. Kupit on numeroitu niiden mallien pohtimisen helpottamiseksi. Kuvien kupit on mallinnettu Solidworks - ohjelmistolla.

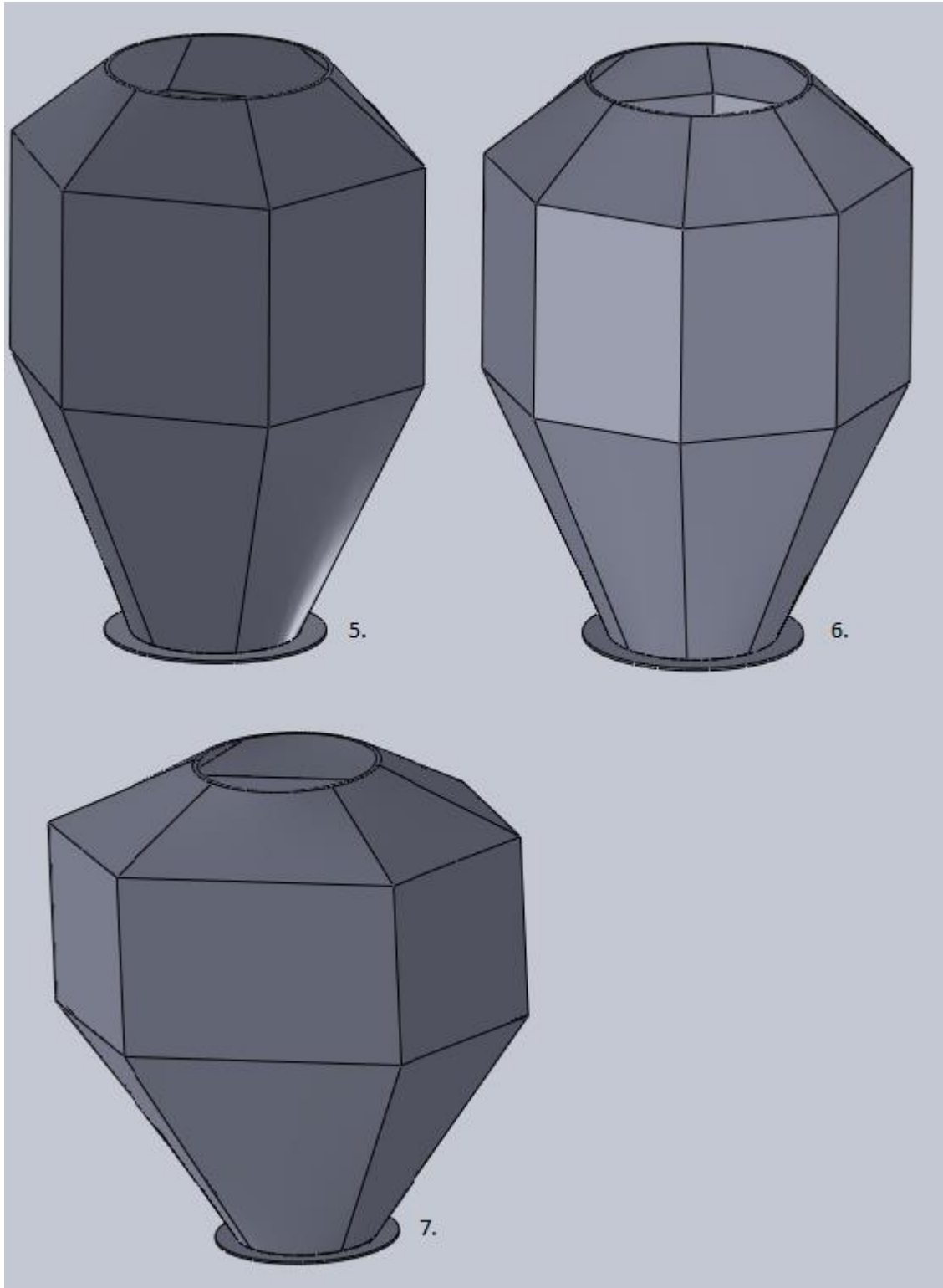
1. Alkuun on mallinnettu alkuperäinen kuppi, jota voi käyttää vertailtaessa uusien kuppimallien ominaisuuksia.

2. Ensimmäinen vaihtoehto on samanmallinen kuin alkuperäinen, mutta kupin halkaisijaa on suurennettu heti tyhjennysreiästä lähtien, pitäen silti kupin maksimi halkaisijan ennallaan. Tämän mallin toteutus vaatisi tyhjennysaukon rakenteiden muuttamista.
3. Kuppi on enemmän sylinterinmallinen ja lieriöosuus jatkuisi huomattavasti pidemmäksi kuin alkuperäisessä mallissa. Malli olisi helppo valmistaa ja toteuttaa. Sen tyhjentyminen on varmempaa kuin monisärmäisissä malleissa. Toteutuksessa täytyy vain ottaa huomioon, ettei alakartiosta tule liian loiva.
4. Kupin lieriöosa muuttuisi kuutioksi. Kupin nurkkia pitäisi pyöristää huomattavasti sisäpuolelta tyhjenemisen edistämiseksi, koska lisäaineita voi jäädä kupin kulmiin.
5. Kuppi olisi 6-kulmainen malliltaan. Tässä mallissa kuppi tyhjentyy paremmin pienempien kulmien ansiosta, kuution malliseen verrattuna. Myös tässä mallissa tarvittaisiin lievää pyöristystä sisäpuolelle.
6. Seuraava kuppi olisi 8-kulmio. Tämä kuppi tyhjentyy vielä paremmin kuin 4 ja 5 kohtien kupit. Koska, kupin suppilo-osassa raaka-aineet pääsevät virtaamaan useammasta suunnasta. Tosin tässä vaiheessa olisi jo sama käyttää vaihtoehtoa 3, koska 6 kupin tilavuus ei merkittävämmiin enää suurene 3 kuppiin verrattuna eivätkä lujuusominaisuudet olisi lukuisten hitsausaumojen takia enää yhtä hyvät. Samoin valmistus olisi työlästä.

7. Epäsäännöllinen kuppi. Viimeisessä vaihtoehdossa kuppia kasvatettaisiin myös eteenpäin eli kuppi olisi leveyssuunnassa sen maksimi 700 mm ja toisessa suunnassa yli 700 mm. Kupin pohjana toimisi 6-kulmainen malli.



KUVIO 6. Kuppimallit 1, 2, 3 ja 4



KUVIO 7. Kuppimallit 5, 6 ja 7

## Giljotiiniluukku

Opinnäytetyössä oli myös uuden tyhjennysluukun toiminnansuunnittelu (KUVIO 8.) Lähdin suunnittelemaan luukkua jo esivalmiin giljotiiniluukun pohjalta. Luukku on valmis, mutta sen avausmekanismia ei oltu vielä suunniteltu. Avausmekanismiin voisi ottaa mallia nykyisen luukun avaustavasta. Siinä kampi matkaa kupin mukana hahloon tyhjennysasemalle. Hahloon on kiinnitetty sylinteri, joka kääntää kammesta ja avaa luukun.



KUVIO 8. Giljotiiniluukku

### **4.5 Moottori ja sideaineiden lisäys**

Nykyinen moottori on suorituskykynsä äärirajoilla kuljettaessaan lisäaineita. Moottorin arvolaatalle ei päästy käsiksi ottamaan tietoja talteen, mutta yrityksen varastosta löytyi dokumentti josta selvisi osa tiedoista. Nykyinen moottori on teholtaan 5.5 KW ja siinä on invertteriohjaus ja jarrutus. Moottorin sähkönsyöttö tapahtuu kuilussa kulkevan kaapelikelan avulla. Nykyisten tietojen ja kokemusten

perusteella tulisi määrittää uusi sähkömoottori kupille, jos uuden kupin aiheuttama paino on radikaalisti nykyistä suurempi.

Vaihtoehtoisena ratkaisuna voisi pohtia, onko mahdollista laittaa sideaineet kuppiin ilman, että kuppi pysäytetään kuilun puoleenväliin. Kuppi kulkee kuilua pitkin noin puoli metriä vaakatasossa ennen nousemistaan. Mikäli kupin voisi tällä välillä pysäyttää, niin olisi mahdollista lisätä esiseokset kävelytason lattian läpi. Tämä vaatisi reiän tekemistä kävelytason ritilään. Turvallisuussyistä reikään olisi hyvä pistää tukeva saranoilla oleva kansi, jotta ei synny vaaratilanteita. Luukkuu varten pitäisi selvittää voisiko kupin pysäyttää kytkimestä oikealle kohdalle tai siirtää olemassa olevat rajakytkimet eri kohdalle.

Mielessä kävi myös voisiko logiikkaa ohjelmoida uudestaan ja tehdä siihen lisäyksiä. Sen tekemällä voisi kupin saada tekemään kaksi reissua peränjälkeen eikä kupin mitoitusongelmaa välttämättä olisi. Tosin aineiden sekoitus sekoittajassa kestää oman aikansa ja nykyäänkin osa massoista säkitetään kahtena annoksena. Esimerkiksi kriittiset massat 32# ja 34# säkitetään 1000 kg:n säkkeihin kahtena 500 kg:n annoksena. Tulin siihen tulokseen, että ajansäästö olisi hyvin pieni nykyiseen nähden. Lopulta kyseinen ratkaisu olisi lähinnä ongelman siirtämistä eteenpäin eikä ratkaisu.

## 5 KUPPIEN TILAVUUSTEHOKKUUS JA OIKEAN KUPIN VALINTA

### 5.1 Kupprien tilavuustehokkuus

Tarkastetaan nykyisen kupin tilavuus, että voidaan tehdä vertailuja uusiin kuppivaihtoehtoihin.

Lieriön tilavuus

$A = \text{pohjanpinta} - \text{ala}$

$r = \text{Kupin säde}$

$h = \text{Lieriön korkeus}$

$$\pi r^2 h = 0,07696 \text{ m}^3$$

Alempi katkaistu ympyräkartio

$$((\pi h):3)(r_1^2 + r_2^2 + r_1 r_2) = 0,14085 \text{ m}^3$$

Ylempi katkaistu ympyräkartio

$$((\pi h):3)(r_1^2 + r_2^2 + r_1 r_2) = 0,03652 \text{ m}^3$$

Yhteensä

$$0,07696 + 0,14085 + 0,03652 = 0,25433 \text{ m}^3$$

$$0,25433 \text{ m}^3 = 254,33 \text{ dm}^3 \approx 254,33 \text{ l}$$

Seuraavaksi valitsin neljä eri kuppimallia vertailuun ja mallinsin kupit samaan mittakaavaan. Uusia kuppimalleja on kasvatettu maltillisesti suhteessa nykyiseen kuppiin ja niiden tilavuustehokkuutta on vertailtu keskenään. Jokaisen kupin keskiosaa on jatkettu 200 mm alkuperäisestä korkeudesta. Kupprien litramäärät on laskettu Solidworks - ohjelmalla. Tulokset on esitelty prosentuaalisena erona



kuinka paljon enemmän uuteen kuppiin mahtuisi verrattuna alkuperäiseen kuppiin. Kuppivaihtoehtojen mallit on esitelty aiemmin osassa 4.4 Kupinsuunnittelu.

Sylinterimallisen kupintilavuus

277 litraa 9,05 %

6-kulmaisen kupintilavuus

316 litraa 24,40 %

8-kulmaisen kupintilavuus

304 litraa 19,68 %

Epäsäännöllisen kupintilavuus

Tässä mallissa päästäisiin suurimpaan tilavuuteen kuilun ja tyhjennysaseman rajoissa, jos kuppi tehtäisiin 6-kulmaisena tai vaihtoehtoisesti ellipsinmallisena.

## 5.2 Kupin valinta

Tilaaaja halusi lopulta kupille kapasiteetiksi 550 litraa, jolloin kriittiset massat #32 ja #34 voitaisiin valmistaa 1000 kg:n annoksina. Tämä on noin 300 litraa enemmän, mitä kuppiin nykyisellään mahtuu.

6-kulmainen kuppi oli vertailussa tilavuustehokkain litramäärältään. Se ei tosin saavuta tarvittavaa 550 litraa muuten, kuin epäsäännöllisen muotoisena. Tässä kuppimallissa ongelmaksi muodostui epätasainen kuluminen sekä heikompi puhdistuminen lisä- ja runkoaineista. Sen saisi kohtuudella mitoitettua 750 kg:n annoskoolle kaikille massoille mutta se ei lisäisi kriittisten massojen tuotantotehokkuutta. Näillä perusteilla kyseistä kuppia ei valittu.

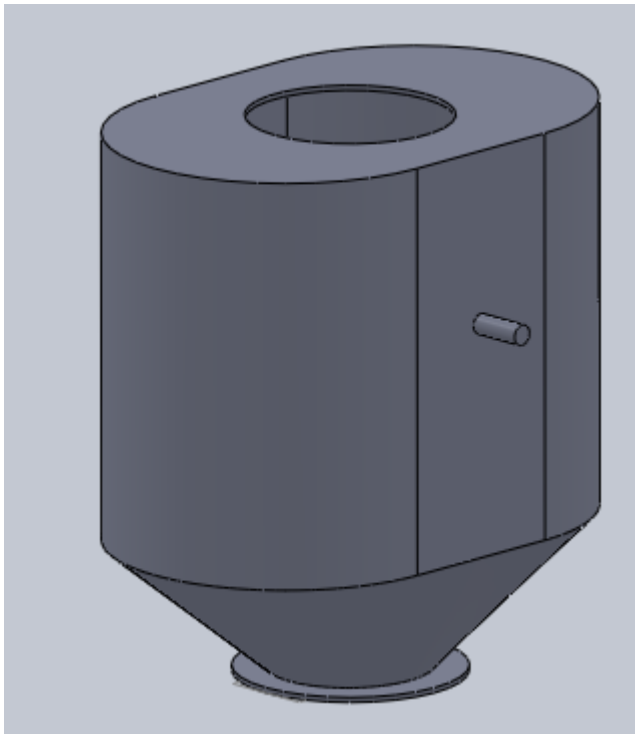
Kupin kokoa rajoittaa useammat tekijät ja seuraavaksi pohdin niiden vaikutuksia valintoihin. Kuilun sisäpuolen leveys on 1050 mm, mikä rajoittaa siinä kulkevan kelkan leveyden on 950 mm:iin. Kuilun leveys rajoittaa kelkan leveyttä ja sitä kautta kupin halkaisijan 700 mm:iin. Mikäli kupin halkaisijaa haluttaisiin kasvattaa ja saada 550 litran tilavuus tulisi kupin olla 810mm halkaisijaltaan. Tällöin kuppia myös kasvatettaisiin ala- ja yläpäästä 30 mm (1031 mm→1091 mm). Tästä johtuen kuilun leveyttä pitäisi kasvattaa, 110 mm. Alakerran täyttöasemalla kierukoiden/imurin suojapectiä tulisi lyhentää alareunasta muutamalla sentillä sillä pelti jo nykyisinkin lommoilla tämän hetkisen kupin osuttua siihen.

Jos nykyinen kuilun leveysrakenne haluttaisiin pitää nykyisellään, niin siitä seuraa nykyisen kupin halkaisijan pitäminen ennallaan. Pelkän korkeuden kasvattaminen kupissa tarkoittaa, että kuppia tulisi kasvattaa 1031 mm →1330 mm. Tämä aiheuttaisi tyhjennys- ja täyttöaseman uudelleen suunnittelun. Kuppi ei välttämättä mahtuisi liikkumaan kuilussa vaan vastaisi yläreunasta poikittaisiin tukirakenteisiin, mikä vaatisi myös niiden uudelleensijoittelua. Alakerran täyttöasemalla tulisi lyhentää kierukoiden/imurin suojapectiä melko reilusti. Myös kupin tasapainossa pysyminen mietityttää.

Tutkittuani kuppia liikuttavaa kelkkaa totesin, ettei sen rakennetta voi leventää ilman kuilun leveyden kasvattamista. Kelkan sijainnissa on tosin liikkumavaraa. Esimerkiksi KTT:n yläkerrassa ja alakerrassa kelkka jää noin 15 cm kuilun päädyistä. Tällöin kuppia voisi kasvattaa kelkan suuntaisesti. Kelkan leveys on 950 mm ja pituus 1750 mm. Kelkan sisään mahtuisin epäsäännöllisen mallinen kuppi. Tällä vaihtoehdolla saavutettaisiin 550 litran koko, jos kupin korkeutta samalla kasvatetaan (1031 mm→1091 mm). Näin myös kuppia kasvatettaisiin n. 340 mm kelkan pituussuunnassa ja se lopullinen leveys kuilun suuntaisesti olisi 1040 mm.

Kupin kasvattaminen kuilun alapään suuntaan 170 mm verran ei olisi ongelma. Yläpäässä tyhjennysaseman luona tulisi kuppi kelkkaa liikuttavan moottorin eteen, jolloin moottori pitäisi sijoittaa uudelleen. Tällöin kelkkaa tai kiskoja jatkettaisiin pidemmäksi, tai moottori siirrettäisiin kelkan etupuolelle. Molemmissa tapauksissa moottorin voimansiirto siirtyisi noin metrillä.

Lopulliseksi kupiksi valitsin ellipsinmuotoisen epäsäännöllisen mallisen kupin, jossa korkeutta on kasvatettu 30 mm ylä- ja alasuupästä (KUVIO 9.) Tällöin kuppia liikuttavaa moottoria tulisi siirtää kupin takapuolelta kupin etupuolelle, koska uuden kupin sijoittelu vaatisi lisää tilaa kuppia liikuttavan kelkan rakenteista. Kuppi toisi tarvittavan tilavuuden (yli 550 litraa) ja jopa 585 litraa, vaikka kupin seinämävahvuus olisi 10 mm.

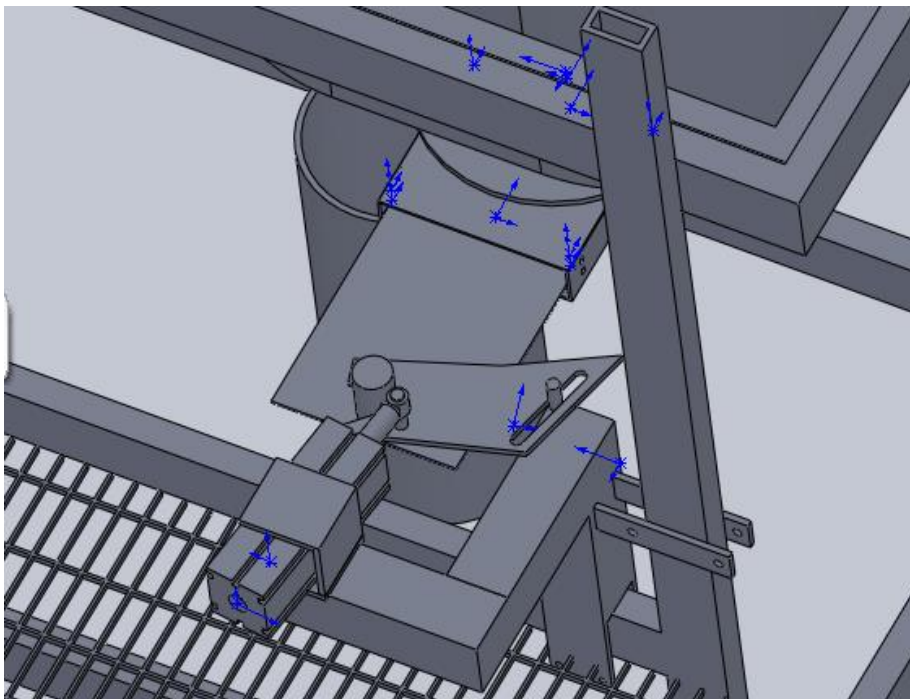


KUVIO 9. Epäsäännöllinen kuppi

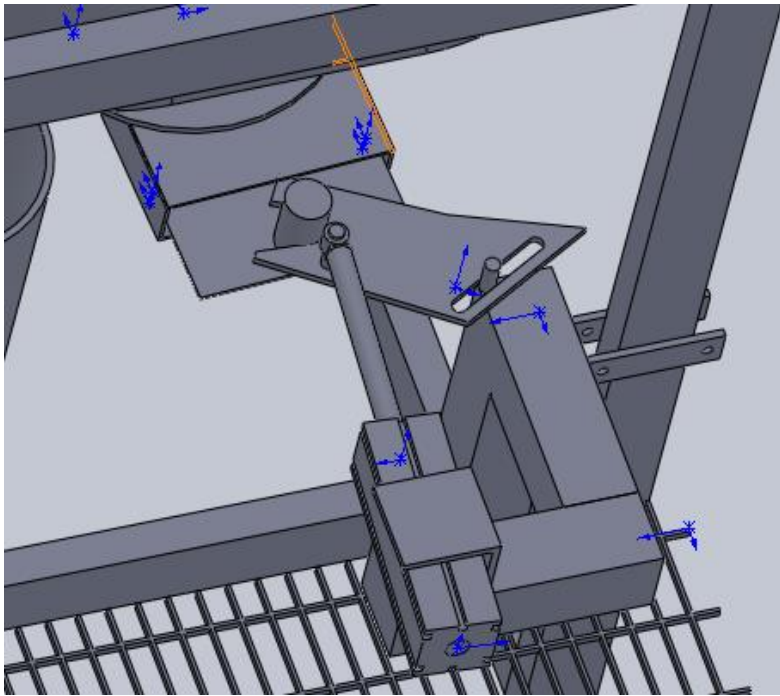
### 5.3 Luukun suunnittelu

Luukun suunnittelu piti aloittaa esivalmiin giljotiiniluukun pohjalta. Ensimmäisenä kävin yrityksen metalliverstaalla mittaamassa uuden giljotiiniluukun mitat 3d-mallinnusta varten. Mittaamisen jälkeen mallinsin luukun, kupin sekä kuilun tukirakenteet. Näiden pohjalta lähdin rakentamaan kupille avausmekanismia.

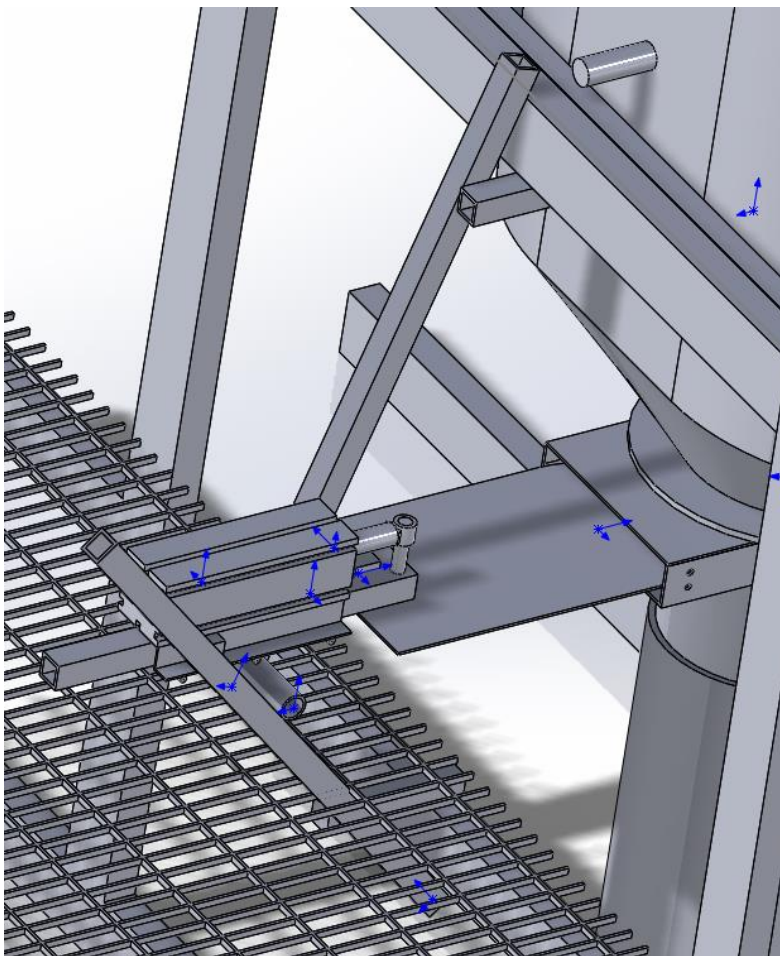
Suunnittelin luukkua aukaisevan sylinterin paikan kuilun vasemmalle puolen, kävelytason ylle. Siellä luukun avausrakenteet ja sylinteri olisivat vähiten tiellä. Kuppia avaamaan tarvittaisiin kaksitoiminen paineilmasylinteri joka aukaisee ja sulkee luukun tyhjennysasemalla. Luukunavaus rakenteet tulisivat ensimmäisessä vaihtoehdossa kiinni rakenteisiin pulttiliitoksin, jolloin mahdollinen luukun huolto ja asennus helpottuisivat. Toisessa vaihtoehdossa kuppi on kiinni enemmän hitsausliitoksilla ja malli kaksi olisi helpompi toteuttaa. Giljotiiniluukku kiinnittyisi kuppiin pulttiliitoksisella pannalla, kuten nykyinen luukku.



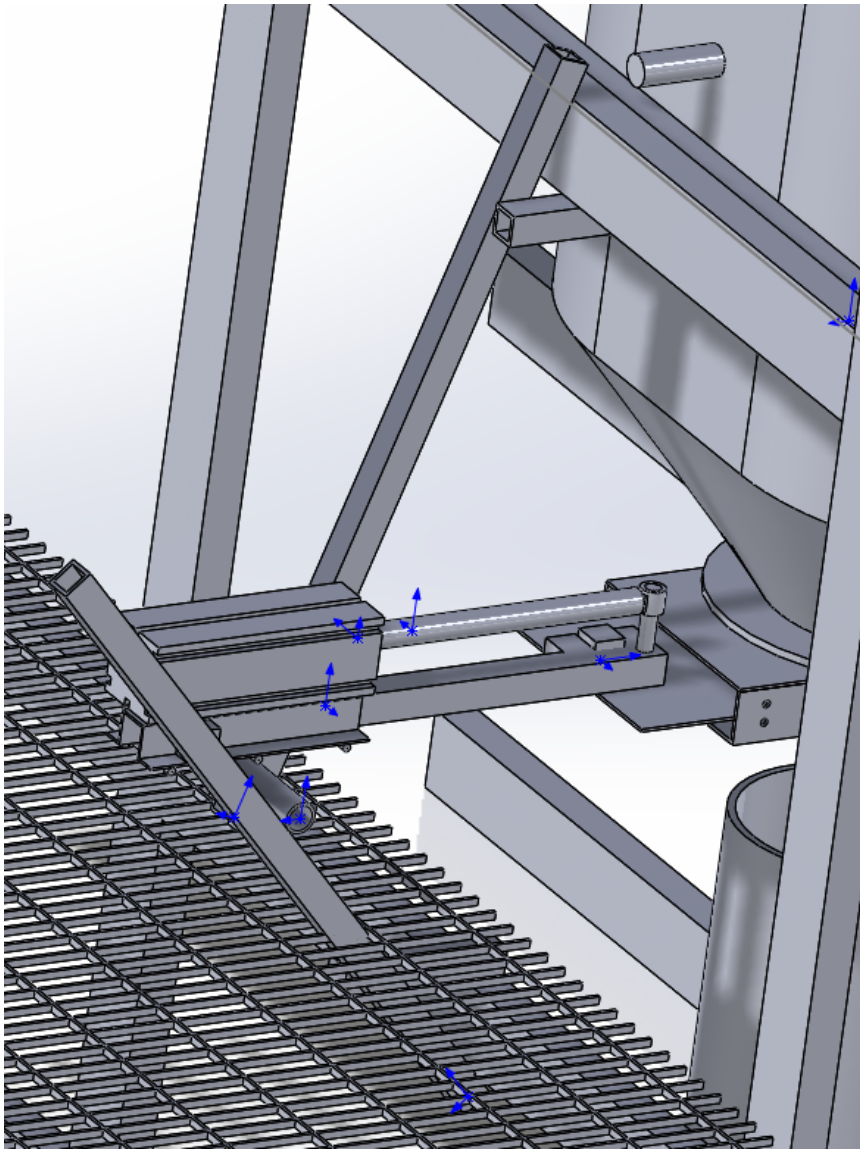
KUVIO 10. Aukaisumalli 1. auki



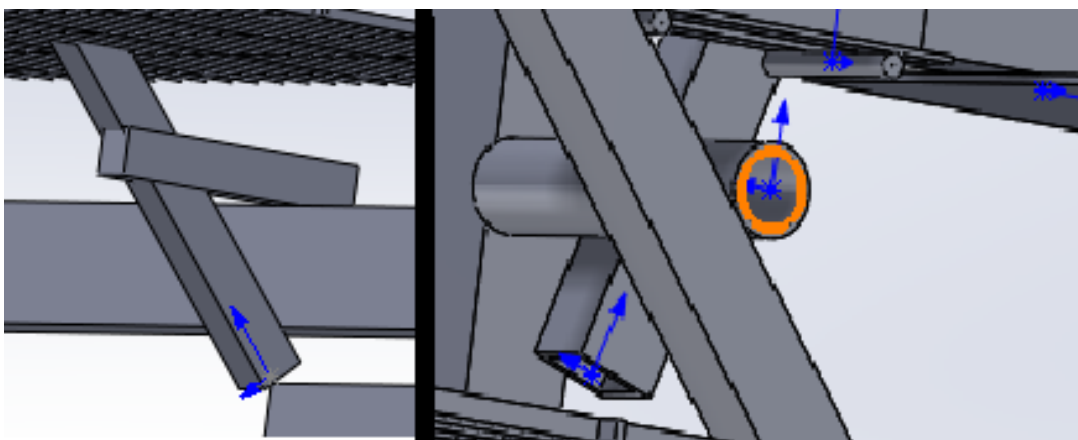
KUVIO 11. Aukaisumalli 1. kiinni



KUVIO 12. Aukaisumalli 2. auki



KUVIO 13. Aukaisumalli 2. kiinni



KUVIO 14. Aukaisumalli 2, tarvitsisi useampia tukirautoja.

## 6 RAKENTEIDEN RASITUKSET

### 6.1 Vaikuttava massa

Massat 32# ja 34# aiheuttavat rakenteille suurimmat rasitukset. Laskurin mukaan massa 32# tuo nykyisellä 500 kg:n annoksella korkeintaan 120 kg painoa rakenteille. Sen annoskokon tuplaamalla rasitus kasvaa 240 kg:aan. Massa 34# on kevyempää ja sen nykyinen paino on 105 kg. Myös sen määrä kaksinkertaistuisi ja rasitus kasvaisi 210 kg:aan.

Uuden ja vanhan kupin painot laskin suurella seinämäpaksuudella 10 mm. Kuppien materiaalin tilavuudet ja kuppia liikuttavan kelkan painon laskin Solidworks- ohjelman avulla. Metallin tiheytenä käytin Ruukin internetsivuilta poimittua lukua 7,85 kg/ dm<sup>3</sup>.

([www.ruukki.fi](http://www.ruukki.fi), Fysikaaliset ominaisuudet sekä murtolujuus vs. kovuus)

$$\text{Kelkka: } 0,0104 \text{ m}^3 * 7850 \text{ m}^3 = 82 \text{ kg} \approx 90 \text{ kg}$$

$$\text{Nykyinen kuppi: } 18201828 \text{ cm}^3 = 0,0182 \text{ m}^3 * 7850 \text{ m}^3 = 142,87 \text{ kg}$$

$$\text{Uusi kuppi: } 36268871 \text{ cm}^3 = 0,0363 \text{ m}^3 * 7850 \text{ m}^3 = 284,95 \text{ kg}$$

Nykyisen ja uuden kupin maksimi painon erot ovat:

$$240 \text{ kg} + 285 \text{ kg} + 90 \text{ kg} = 615 \text{ kg}$$

$$120 \text{ kg} + 143 \text{ kg} + 90 \text{ kg} = 353 \text{ kg}$$

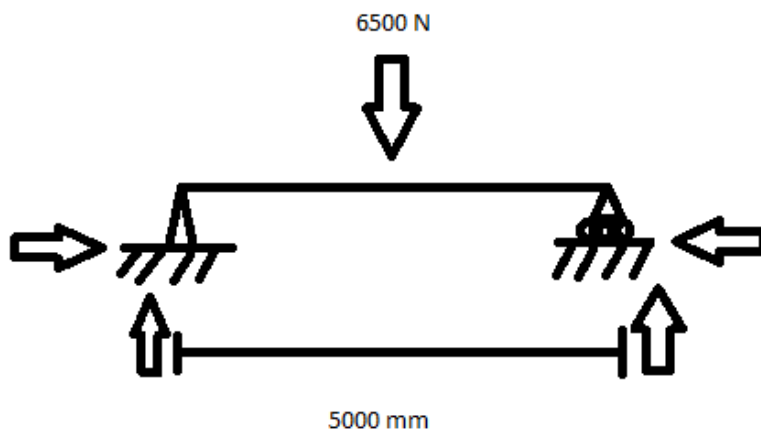
$$615 \text{ kg} - 353 \text{ kg} = 262 \text{ kg}$$

Kaikkiaan rasitusta tulee lisää 262 kg ja kokonaisrasitus kasvaa 615 kg:aan. Kasvavaa rasitusta tulisi verrata moottorin jaksamiseen, sekä tarkastella rakenteiden kestävyyydet. Mitoituksissa otetaan huomioon lievä ylirajoitus ja laskelmat tulisi tehdä pahimman mahdollisen tilanteen mukaan.

## 6.2 Rakenteisiin kohdistuva rasitus

Rakenteisiin vaikuttava rasitus pyöristetään 650 kg:aan ja oletetaan rakenteiden oleva ohuinta mahdollista profiilia. Kuilu rakentuu neljästä syrjittäin olevasta rakenneteräsputkesta joiden koko on 100 mm x 50 mm. Oletetaan materiaalin olevan neljä millimetriä paksua S235 rakenneterästä. Laskujen arvot on poimittu Ruukin ”Rakenneputkien poikkileikkaus”, esitteestä.

(Ruukki Oy 2013, rakenneputkien poikkileikkaus arvot 05.2011.)



KUVIO 15. Vapaakappalekuvio

Symbolien selitykset

$M_{max}$  = Taivutusmomentin maksimiarvo

$f$  = Vaikuttava rasitus

$L$  = Kappaleen pituus

$\sigma$  = Normaalijännitys

$M$  = Taivutusmomentti

$T$  = Materiaali paksuus

$W_x$  = Taivutusvastus

$Re$  = Myötöraja

$n$  = Varmuuskerroin



**Laskut**

Materiaali

100 mm x 50 mm ja T = 4 millimetriä Putkipalkin taivutusvastus on  $26,83 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Määritetään kuilun rasitus

$$\begin{aligned} M_{max} &= (f * L): 4 \\ &= \underline{8125000 \text{ Nmm}} \end{aligned}$$

Rasitus neliömillimetriä kohden

$$\begin{aligned} \sigma &= (M_{max}/4)/W_x \\ &= \underline{75,708 \text{ N/mm}^2} \end{aligned}$$

Tarkastellaan vähintään vaadittavaa taivutusvastusta varmuuskertoimella 2.

$$\begin{aligned} W &= M / \sigma \\ &= \underline{17,287 \cdot 10^3 \text{ mm}^3} \end{aligned}$$

Määritetään varmuuskerroin

$$\begin{aligned} n &= Re / \sigma \\ 235 / 75,708 \text{ N/mm}^2 &= 3,1 \end{aligned}$$

(Malinen T lujuusopin kurssi materiaalin: Karhunen ym. lujuusoppi 543, Otatieto, 1999)

Laskut on pyritty laskemaan yksinkertaisimmalla tavalla, jotta voitaisiin nähdä rakenteiden varmuuskerroin. Mikäli varmuuskerroin tai taivutusvastus olisivat olleet rajoilla kestävyytensä suhteen yksinkertaisimmassa mallissa, olisi tehty tarkempia laskelmia (esim. FEM- analyysi). Vaakaan nouseva kuilu on laskuissa esitetty vaakasuorassa. (Vrt. KUVIO 3, ja KUVIO 15.)

Kuilun lujuutta käsittelevissä laskuissa ei ole otettu huomioon kuilua tukevaa ristikkorakennetta, kuilussa olevaa kiskoa, joka jäykistää rakennetta sekä kuilun yläviistoon nousevaa suuntaa mikä vähentää taipumaa. Mikäli lujuuslaskelmat tehtäisiin suoraan kuilun asennon ja rakenteen mukaan, varmuuskerroin nousisi suuremmaksi, kuin edellä saatu 3,1.

## 7 TÄRYN VALINTA

### 7.1 Yleisimpiä tärytyyppejä

#### 7.1.1 Mäntätäryt

Mäntätäryt ovat malliltaan keveitä ja pienikokoisia ja ne voidaan asentaa mihin asentoon tahansa. Mäntätäryt toimivat paineilman avulla. Täryn värähtely saadaan aikaan itse palautuvalla, vapaasti ilmapatjalla kelluvan männän liikkeellä. Mäntätäryn värähtelyväli ja taajuus voivat olla erikseen säädettyjä tai jatkuvia. Mäntätäry on huoltovapaa ja öljytön. Sen käyttölämpötila liikkuu  $-20\text{ °C}$  -  $+130\text{ °C}$  välillä. Äänitasoltaan mäntätäry on hiljainen ja kuluttaa vähän ilmaa. (KUVIO 16.) Mäntätäryjen käyttökohteita ovat mm. jauhemaisten ja raemaisten aineiden kuljetus, tiivistys, irrotus, siilon tyhjennys ja tärysyöttimen tai -kuljettimen käyttö. (Wamgroup 2013.)



KUVIO 16. Mäntätäry

#### 7.1.2 Kuulatäry

Kuulatäry koostuu eloksoidusta alumiinirungosta jonka sisällä teräskuula kiertää erikoiskarkaistua teräskehää kehittäen taajuuksia. Kuulatäryn kuulien

kiertonopeus voi nousta jopa 35 000 kierrokseen asti. Tämä muodostaa täryyn suuren keskipakovoiman. Kuulatäryn etuja on huoltovapaus, vähäinen ilman tarve sekä öljyttömyys. Kuulatäry vaatii toimiakseen 2/2-tieventtiilin ja puhdistettua paineilmaa. Sen toiminta on turvattu 0°C - 200°C lämpötilassa. Kuulatäry voidaan asentaa pulttiliitoksin. (KUVIO 17.) Kuulatäryn käyttökohteet ovat kourut, seulat, tärypöydät, siilot, säiliöt ja holvaantumisen esto.

(Wamgroup 2013.)



KUVIO 17. Pneumaattinen kuulatäry

### 7.1.3 Rullatäry

Rullatäry rakentuu teräksisestä rullasta ja valurautaisesta radasta. Rullatäryn värähtelyn saa aikaiseksi teräsrulla joka tekee eksentristä liikettä teräsuran sisällä. Kuulantäryn lailla myös rullatäry kehittää suuria taajuuksia ja suuren keskipakovoiman pienellä ilmankulutuksella. Myös tämä täry vaatii toimiakseen 2/2-tieventtiilin ja puhdistettua paineilmaa. Voidaan käyttää hyvin korkeissakin lämpötiloissa < 200 °C. Rullatäryn edut ovat huoltovapaus, vähäinen ilman kulutus, hyvä kiihtyvyys sekä öljyttömän toiminnan mahdollisuus. (KUVIO 18.) Rullatäryn käyttökohteet ovat tiivistys, muotit, seulat siiloissa, lajittelu, hajottaminen, puhdistus

(Wamgroup 2013.)



KUVIO 18. Pneumaattinen rullatäry

#### 7.1.4 Turbiinitäry

Täryn värähtely syntyy turbiinista, jota pyörittää kaksi ylikokoista kuulalaakeria. Rulla- ja kuulatäryn lailla se muodostaa tärytaajuuden ja suuren keskipakoisvoiman. Värähtelyä syntyy suurin vaihteluvälein ja myös matalilla työpaineilla. Turbiinitäry vaatii toimiakseen 2/2-tieventtiilin ja öljytöntä puhdistettua paineilmaa. Hiljaisuuden ja vähäisen ilmankulutuksen lisäksi se on huolto/öljyvapaa. Käyttölämpötila on  $-20\text{ °C} - +120\text{ °C}$ . (KUVIO 19.)

Turbiinitäryn käyttökohteet ovat siilot, kourut, seulat, materiaalivirtauksen varmistaminen ja tärypöydät

(Wamgroup 2013.)



KUVIO 19. Pneumaattinen turbiinitäry

### 7.1.5 Paineilmakäyttöiset iskuvasarat

Paineilmakäyttöinen iskuvasara toimii kun paineilma painaa mäntää kahta jouta vasten. Kun iskuvasaran mäntä pääsee suurimpaan puristukseen, katkaistaan paineistus kolmitieventtiilin avulla. Tällöin paine purkautuu männän yläpuolella olevan pikaventtiilin kautta. Ilma kiihdyttää jousen kanssa männän liikettä, kunnes mäntä osuu kovalla voimalla pohjalevyyn. Etuina ovat voimakas isku pienelläkin paineella, vähäinen ilman kulutus, portaaton säätö, pölytiiviyys ja matalat huoltokustannukset (KUVIO 20.) Paineilmakäyttöisen iskuvasaran käyttökohteita ovat materiaalin irrotus seinistä, hormeista, siiloista ja putkista. (Vibratec Oy 2013.)



KUVIO 20. Pneumaattinen iskuvasara

### 7.2 Täryn sijoittelu

Täryn asentaminen on opinnäytetyössä sovellus, joka otetaan tarvittaessa käyttöön. Täryn sijoittelu ja asennus riippuu tärymallista sekä täryn tehosta. Monet täryistä voidaan asentaa miten päin vain kuten mäntätäry. Osassa täryissä on taasen rajoitettu asennuskulma jonka kulman ylittäessä ne eivät toimi. Täry on yleensä loogisinta sijoittaa holvaantuvan kohdan luo. Näin saadaan halutulle kohdalle maksimaalinen paine.

Tässä projektissa sijoittaisin täryn kiinni tyhjennysasemaan. Perusteena ovat paineilman vaivaton johtaminen tärylle, tyhjennysaseman yhteyteen, sekä halvemmat kustannukset. Täry tulisi sijoittaa niin, että se vastaisi kuppiin kupin tullessa tyhjennysasemalle. Paras paikka tärylle olisi kupin alareunaan sijoitus. Täry tulisi kiinnittää asemaan lujasti, käyttäen pulttiliitoksia tai hitsausta.

### 7.3 Valittu täry

Laitetoimittajia löytyi muutama kappale joiden sivuilta pääsin valitsemaan täryn. Kaksi tärytyyppiä oli ylitse muiden ja ne olivat turbiinitäry sekä iskuvasara. Kupin täryksi valitsin lopulta iskuvasaratäryn jota laitetoimittaja suositteli puhelinkeskustelussa. Sen käyttökohteisiin kuului mm. materiaalivirtauksen varmistaminen ja näin ollen, se olisi sopiva tärytin kuppiin.

Pneumaattisen iskuvasaran etuna on sen toimintavarmuus ja vähäinen ilmantarve. Vasara tuottaa suuren iskuvoiman männän avulla ja se voi muodostaa uuden iskun 1-2 sekunnin välein. Sen voi asentaa mihin kulmaan tahansa. Oikean kokoinen iskuvasara mitoitetaan kupin seinämäpaksuuden mukaan. Tässä tapauksessa seinämä olisi 10 mm. Oikean mallinen iskuvasara olisi siis PKL5000/6. Sen iskuvoima on 10,80 kg ja se on tarkoitettu 6-12 mm paksuisille seinämille. Iskuvoima on verrattavissa siihen, että annettu massa pudotetaan 1 metrin korkeudesta maahan. Vasaran optimaalinen ilmanpaine on 6,0 bar ja se kuluttaa ilmaa keskimäärin 2,20 litraa/isku. Se on pölytiivis sekä kestää - 20 °C → 60 °C lämmönvaihtelut. Kyseistä tärylaitetta Suomessa markkinoi **TT- Tärylaite Oy**.  
(TT-Tärylaite.2013)

## 8 TULOKSET JA POHDINTA

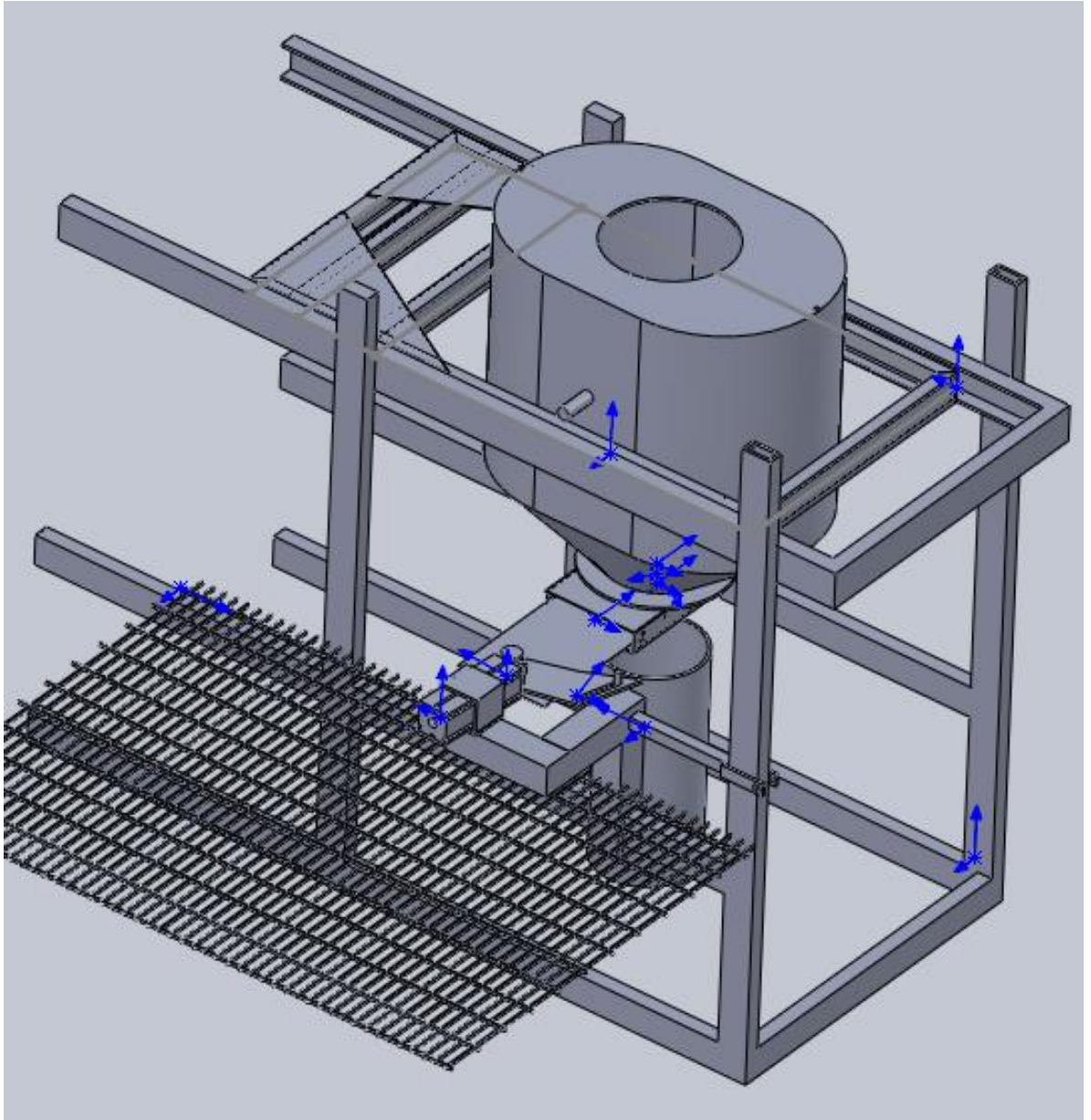
Tässä työssä suunniteltiin tilaajalle ratkaisu tuotannon tehostamiseksi. Tarvittava tilavuus uudelle kupille tulisi olla 550 litraa. Tämän tilavuuden vaativat kriittiset massat 32# ja 34# (TAULUKKO 3.) Massojen annoskoko olisi näin ollen 1000 kg, sen ollessa nykyään 500 kg. Kupista tehtiin mallinnus sekä piirustukset.

Kuilun rakenteiden kestävyys laskettiin epäedullisimman kuormitustilanteen mukaan mukaan 650 kg:n rasituksella rakenteille (KUVIO 15.) Rakenteiden varmuuskertoimeksi saatiin 3.1 eli kuilunrakenteiden pitäisi nykyisellään kestää uuden kupin aiheuttama taakka.

Kupin tyhjenemisen ratkaisuksi valittiin pneumaattinen iskuvasara sen toimintavarmuuden sekä tehon vuoksi (KUVIO 20.) Vasara otetaan käyttöön, mikäli kuppi ei tyhjene itsestään kun runkoaineet valutetaan sen läpi. Tein kaksi vaihtoehtoa giljotiiniluukun avaukseen ja molemmista tuli valmiiksi piirustukset ja kuvat.

Uutta sähkömoottoria ei työssä mitoitettu, mutta moottorin voidaan olettaa jäävän liian pieneksi uudelle kupille. Sillä jo nykyinen moottori on vanha ja sen tehon riittävyys on nykyiselläänkin välttävä. Työssä ei pohdittu kuljettimen kettingin kestävyyttä lisääntyneelle rasitukselle, voidaan silti olettaa, että tämä tulee ottaa huomioon. Kettingin lujuuden riittämättömyys aiheuttaisi vahvemman kettingin asentamisen. Myöskään pukkilaakereita jotka kannattelisivat uutta kuppia ei mitoitettu. Loppuun olen mallintanut kuvan miltä uusi kuppi ja avausmekanismi näyttäisi asennettuna (KUVIO 21.)





(KUVIO 21.) Uusi kuppi ja giljotiiniluukku mallinnettuna asemaan.

## LÄHTEET

Bet-Ker Oy. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.betker.fi> Luettu: 1.4.2013

Digma, digitaalisten oppimateriaalien hakemisto. Lujuusoppi: sessio

LOS07:varmuusluku Www-dokumentti.Saatavissa:

<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/material/attachments/vanhaamk/digma/5h5F5TV7D/LOS07.pdf> Luettu 25.7.2013

Keskustelut Bet-Ker Oy:n työntekijöiden kanssa 1.3.2013-1.5.2013

Malinen T. 2013. Lujuusoppi. Luentomuistiinpanot Centria ammattikorkeakoulu. Ylivieskan yksikkö.

MAOL-taulukot 2005: Matematiikka, fysiikka, kemia, kustantaja; Otava. Tekijät: Pekka Seppänen, Raimo Kervinen, Martti Parkkila, Irma Karkela, Lea Meriläinen,

Ruukki Oy, Fysikaaliset ominaisuudet sekä murtolujuus vs. kovuus

Terästuotteet ohjelehdet Www-dokumentti. Saatavissa:

<http://www.ruukki.fi/Tuotteet-ja-ratkaisut/Steel-products/Layer-pages/Fysikaaliset-ominaisuudet-seka-murtolujuus-vs-kovuus> Luettu 24.7.2013

Ruukki Oy, Rakenneputkien poikkileikkausarvot Www-dokumentti.Saatavissa:

<http://www.ruukki.fi/~media/Finland/Files/Terastuotteet/Putket%20ja%20profiilit%20data%20sheets/Ruukki-Rakenneputkien-poikkileikkausarvot.pdf>

<http://www.ruukki.fi> Luettu 24.7.2013

TT-tärylaite Oy, paineilmatäryttimet. Www-dokumentti. Saatavissa  
www.tarylaite.fi/fi/Tuotteet/Paineilmatäryttimet/PKL kertaiskevä [Luettu:](#)  
17.5.2013 Puhelinsoitto yritykseen asiantuntijalle 20.5.2013

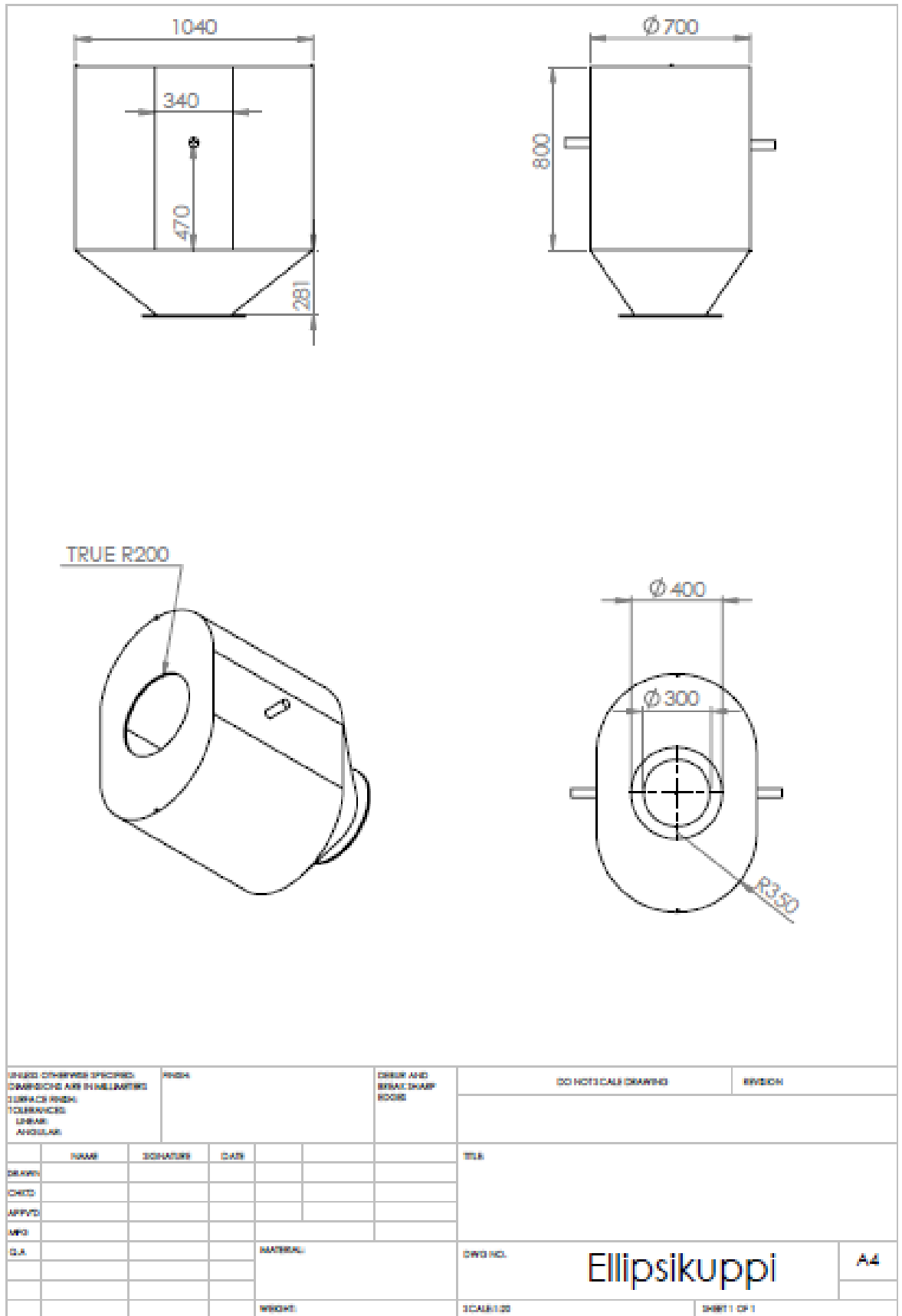
Vibratec, paineilmatäryttimet, paineilmasarasat. Www-dokumentti. Saatavissa:  
<http://www.vibratec.fi/sivut/moottori.htm#vasarakorvaa> Luettu: 17.5.2013

Ylivieskalainen Bet-Ker tekee tulenkestävää bisnestä. Www-dokumentti.  
Saatavissa: <http://www.kauppalehti.fi/omayritys/ylivieskalainen+bet-ker+tekee+tulenkestavaa+bisnesta/20110888749> Luettu: 1.4.2013

Wamgroup Oy, kuulatäryt, turbiinitäryt, rullatäryt. Www-dokumentti. Saatavissa:  
[http://www.wamgroup.com/index.asp?ind=product\\_sheet.asp&idFamiglia=61&idProdotto=323&bkg=yes&menuProd=menu61&idDivision=2&idBranch=64&idLang=103](http://www.wamgroup.com/index.asp?ind=product_sheet.asp&idFamiglia=61&idProdotto=323&bkg=yes&menuProd=menu61&idDivision=2&idBranch=64&idLang=103) Luettu: 9.5.2013

LIITTEET.

(LIITE 1).



Ellipsikuppi

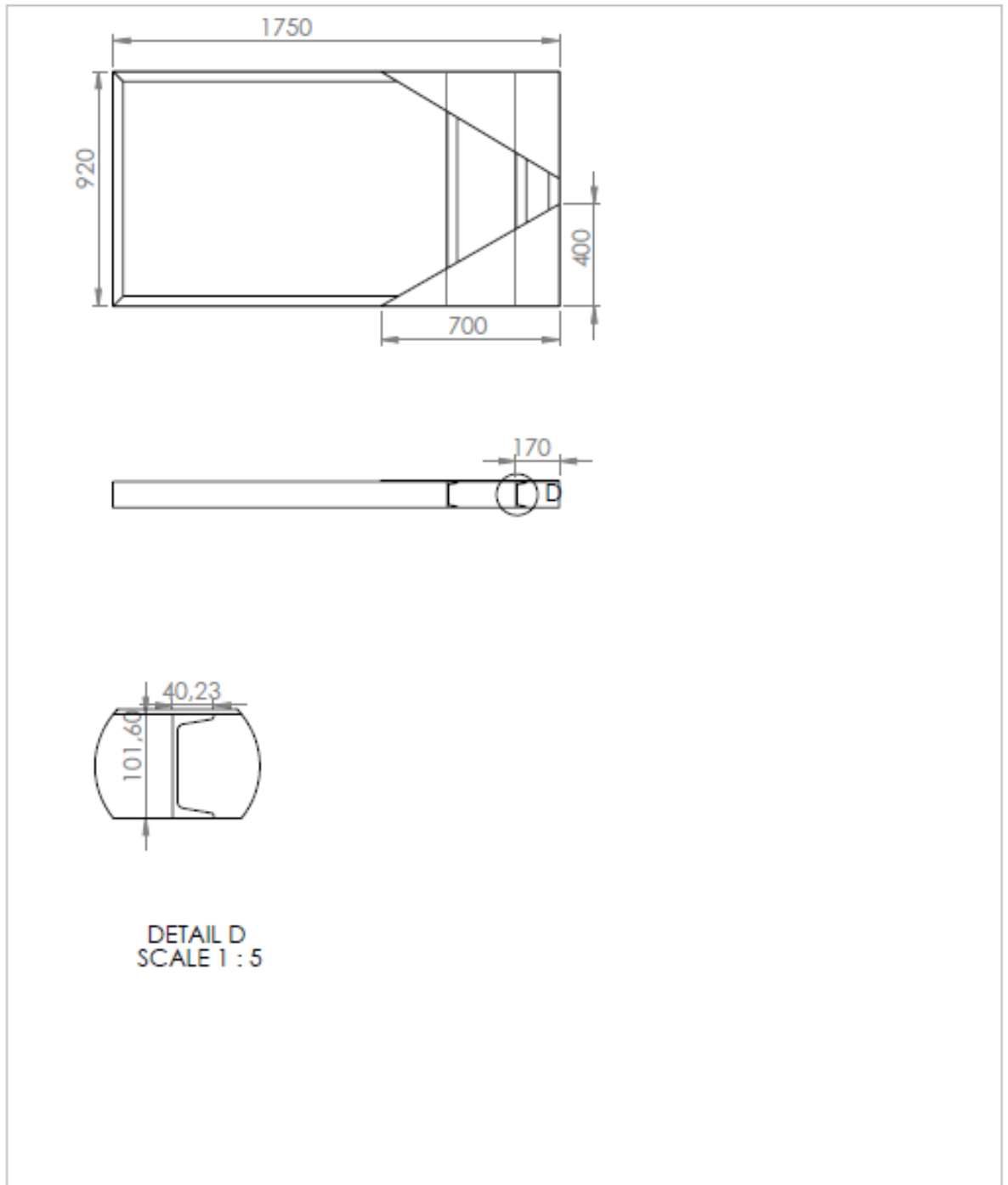
A4

DWG. NO.

SCALE: 1:20

SHEET 1 OF 1

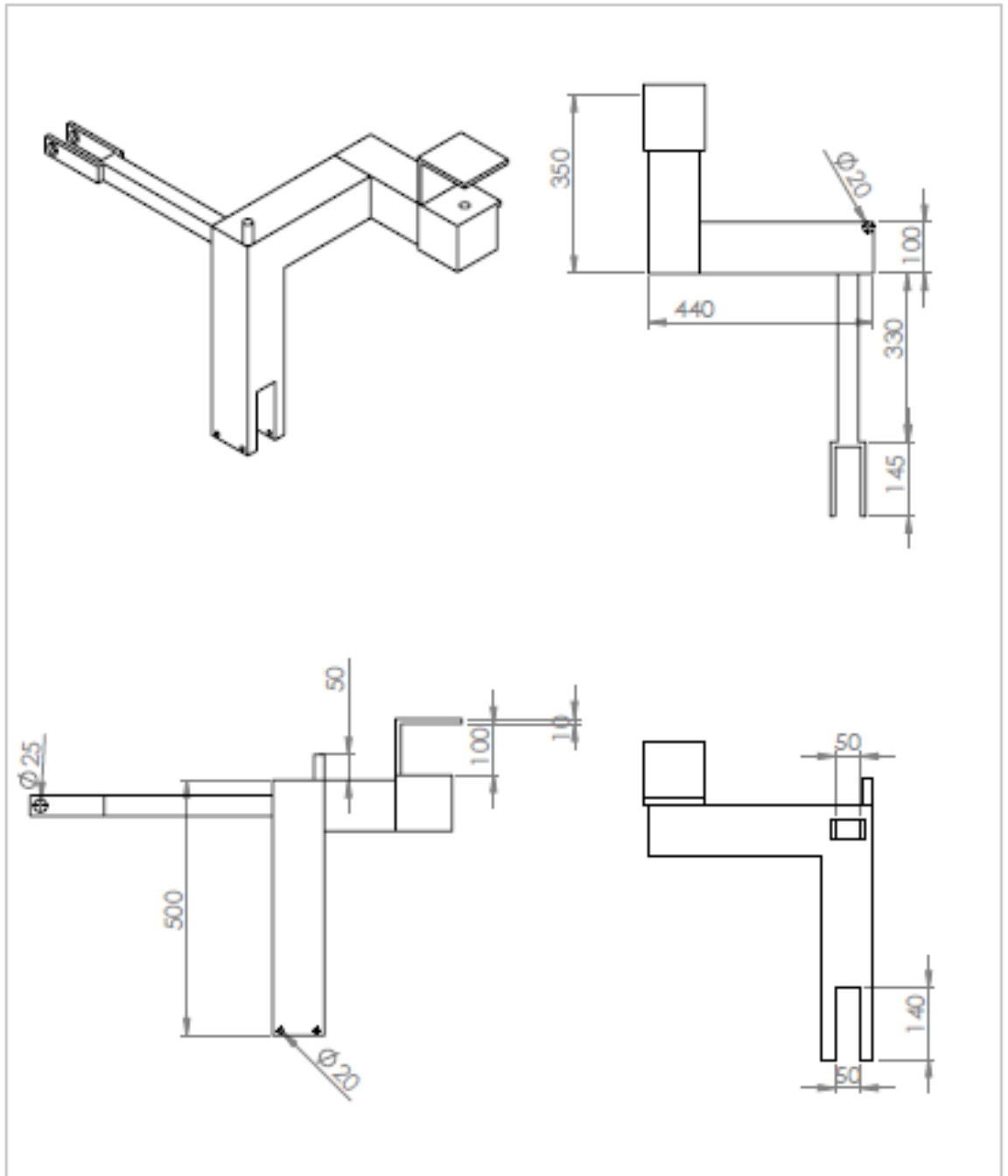
(LITE 2).



DETAIL D  
SCALE 1 : 5

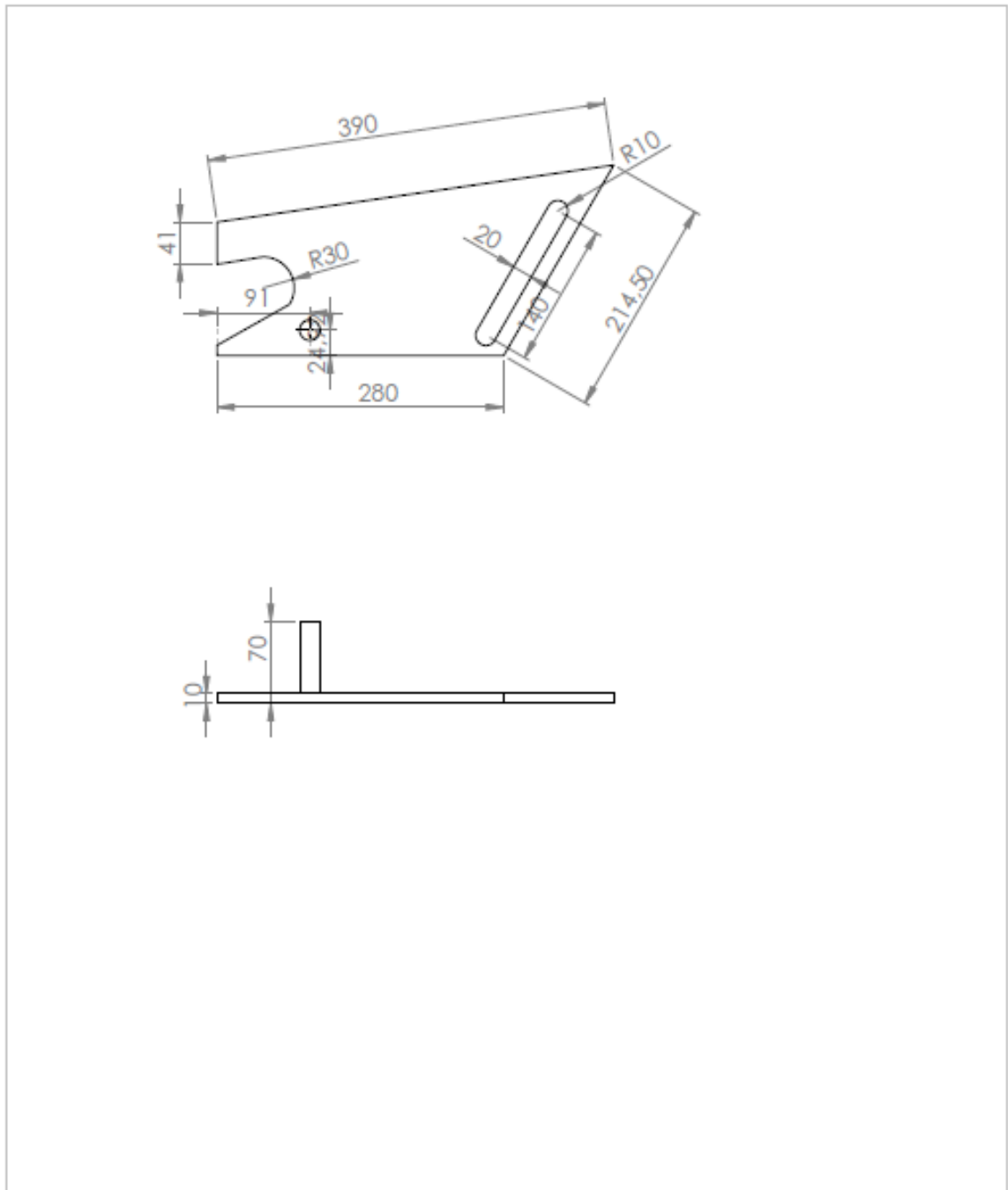
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN		SIGNATURE		DATE		TITLE:			
CHK'D									
APP'VD									
MFG									
Q.A.				MATERIAL:		DWG NO.		Kelkka	
								A4	
				WEIGHT:		SCALE:1:50		SHEET 1 OF 1	

(LITE 3).



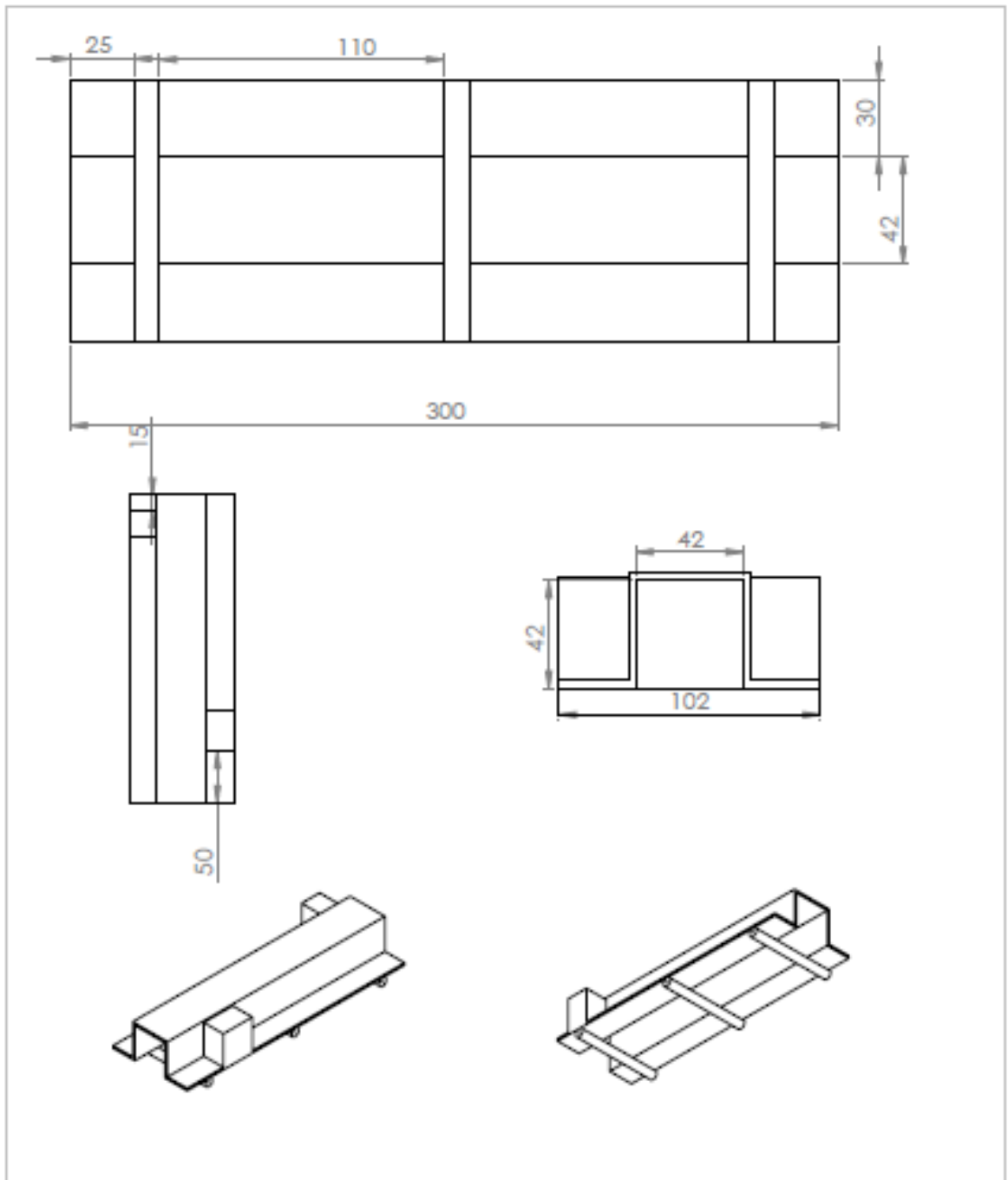
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DRESS AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN: CHECKED: APPROVED: MFD: G.A.	NAME	SIGNATURE	DATE	MATERIAL:		DWG NO.		SHEET 1 OF 1	
WEIGHT:						SCALE: 1:10		Synteriteline	
								A4	

(LITE 4).



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
		NAME	SIGNATURE	DATE				TITLE:			
DRAWN											
CHK'D											
APP'VD											
MFG											
Q.A					MATERIAL:			DWG NO.		Levy	
										A4	
					WEIGHT:			SCALE:1:5		SHEET 1 OF 1	

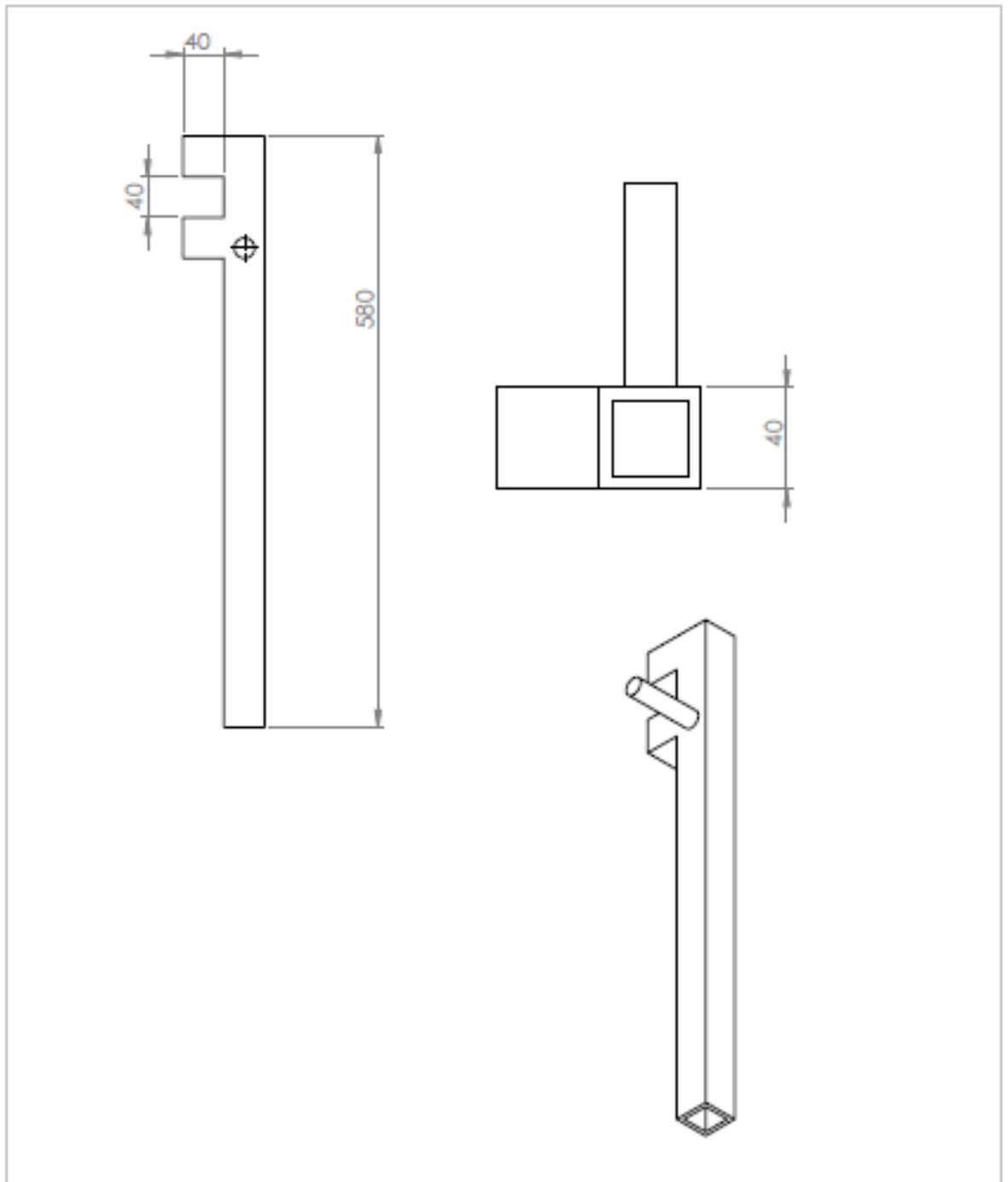
(LITE 5).



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS				FINISH		DRILL AND BORE SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:											
TOLERANCES:											
DIMAS:											
ANGULAR:											
NAME		SIGNATURE		DATE				TITLE			
DRAWN											
CHECKED											
APPROVED											
MFG											
Q.A						MATERIAL:		DWG NO.		ohjuri	
										A4	
						WEIGHT:		SCALE: 1:1		SHEET 1 OF 1	



(LITE 6.)



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACES FINISH: TOLERANCES: DIMAS: ANGULAR:		FINISH		DRESS AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN		SIGNATURE		DATE		TITLE			
CHECKED									
APPROVED									
MFG									
QA				MATERIAL:		DWG NO.		A4	
						varsi			
				WEIGHT:		SCALE 1:1		SHEET 1 OF 1	