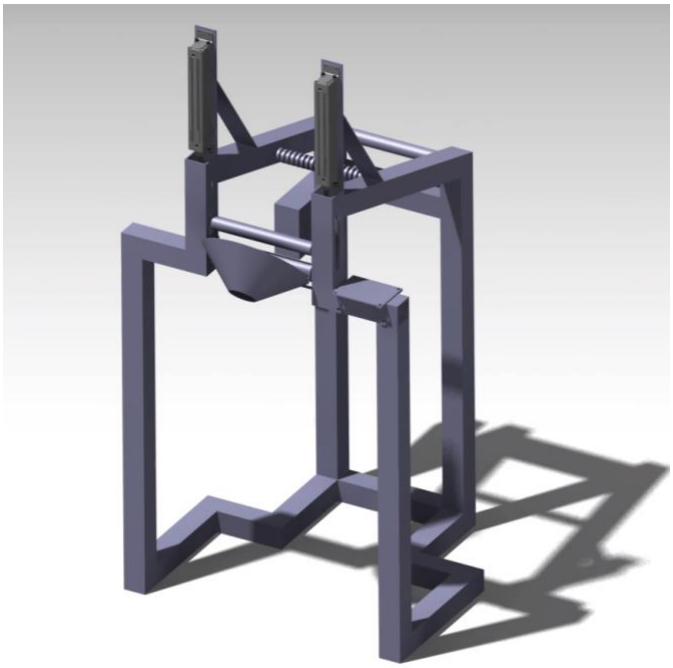
CHALMERS



Konceptframtagning av plasttrådsavrullningsmaskin

Conceptual development of an unwinding machine of plastic threads

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet maskinteknik

Elias Bäcklund Ekvall
Emil Gustafsson

INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI OCH MATERIALVETENSKAP
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2021
www.chalmers.se

Förord

Detta examensarbete är skrivet som avslutning för högskoleingenjörsprogrammet med inriktning på maskinteknik vid Chalmers tekniska högskola. Arbetet är skrivet på instutitionen industri och materialvetenskap. Arbetet är genomfört på Bolon AB och är utfört mellan januari och juni 2021 och omfattar 15 HP.

Detta arbete skulle inte gå att genomföra utan hjälpen från vår handledare på Chalmers, Kjell Melkersson, samt vår handledare på Bolon, David Boman. Vi vill därför rikta ett stort tack till dessa personer.

Sammanfattning

Bolon var i behov av att effektivisera deras trådavrullningsmaskin på grund av återkommande driftsstopp och bristande säkerhet. Efter deras vävningsprocess finns spillmaterial som ska återvinnas och återanvändas till baksidorna på mattorna. För att möjliggöra återvinningen krävs en maskin som lindar av spolarna.

Genom intervjuer med uppdragsgivare och operatörer framställdes en kravspecifikation, denna låg som grund för kommande arbete. De delar som skulle fokuseras på var; prestanda, säkerhet, användarvänlighet, material och ergonomi. Genom detta framställdes fem koncept som löste problemet med matningen på olika sätt. Olika tester genomfördes för att verifiera funktionaliteten hos de olika lösningarna. En intervju genomfördes sedan med tre representanter från Bolon där de olika lösningarna diskuterades och slutligen gav de oss en rekommendation på vilket koncept de tyckte vi skulle fortsätta att arbeta med, vilken vi delade.

Det fortsatta arbetet gick då ut på att vidareutveckla det valda konceptet. Inledningsvis låg fokus på valsarna då flera andra lösningar berodde på val som gjordes i denna del. Efter tester och kontakt med ett valsföretag valdes bredare valsar än de som används i dagsläget, dessa skulle dessutom vara klädda med gummi för att uppnå önskad friktion. Ett tryck behövde dessutom appliceras mellan valsarna för att uppnå en tillräckligt stor friktionskraft för att kunna mata genom trådarna**,** samtidigt som det skulle gå att förbereda en ny vagn utan att maskinen var i drift. Efter diskussion med Bolon kontaktades ett företag som arbetar med pneumatiska cylindrar och efter denna kontakt valdes det att gå vidare med pneumatiska cylindrar som pressmekanism. För att möjliggöra spridningen av trådarna till matningen gjordes en modell på en möjlig fördelare. Denna skrevs ut i en 3D printer för att se vilka dimensioner som krävdes, under detta avsnitt konstruerades även en frivals för att möjliggöra önskad fördelning. Efter ovannämnda komponenter hade utformats framställdes en ram där arbetshöjden minskades och säkerhetsaspekterna förbättrades. Med den nya designen på maskinen minskar driftsstoppen och säkerheten ökas.

Abstract

Bolon was in need of a more efficient machine for unwinding their plastic threads because of recurring downtime and safety deficiencies. After their weaving process they are left with waste material that they want to recycle and use in the backsides of the carpets. To enable the recycling procedure the company needed a machine that unwinds the coils.

Through interviews with the client and the operators a requirement specification was made, this requirement specification was then the basis for the upcoming work. The requirement specification was divided into the following subsections: performance, safety, applicability, materials and ergonomics. Through these aspects five concept solutions was made. After this a set of tests was made to enable a valuation of each concept. After the tests an interview with three representatives from Bolon was held, where the different concepts were discussed. This led to a recommendation from Bolon to which concept we should move on with, a recommendation we shared.

After a concept where chosen, the work continued with further development starting with the rollers, this because the other parts depended on the shape and mountings of the rollers. After more tests and contact with a company that manufactures rollers, wider rollers than todays were chosen that would be coated with rubber for more friction between threads and rollers. To build up enough friction between rollers and threads a pressure between the two rollers were needed, at the same time as the loading of the machine had to be easy and safe. After consultation with Bolon a company was contacted that are focusing on pneumatic cylinders, and a decision to use pneumatic cylinders was taken. To enable an even spread of threads across the rollers a 3D-printed model of an eventual distributor of threads was made to evaluate the dimensions needed during this process. There was also clear that a second roller was needed to keep the threads in place. When all these components shapes and sizes was set the frame for the whole machine was designed where the working height was lowered, and safety aspects improved. The new machine lowers downtimes and increases the safety of the workers.

Innehållsförteckning

1. Introduktion **1**

1.1 Bakgrund *1*

1.2 Syfte *4*

1.3 Kravspecifikation *4*

1.4 Frågeställning *5*

1.5 Avgränsningar *5*

2. Teori **6**

2.1 Statisk elektricitet *6*

2.2 Friktion *6*

2.3 Plasttrådar för mattorna *7*

3. Metod **8**

3.1 Förstudie *8*

3.2 Idégenerering *8*

3.3 Konceptutvärdering *8*

3.4 Konstruktion av slutgiltigt koncept *8*

3.5 CAD-modellering *8*

4. Nuvarande trådavrullningsmaskin **9**

4.1 Konstruktion *9*

4.2 Laddning/start *10*

4.3 Säkerhet *10*

5. Slutgiltigt koncept **11**

5.1 Konceptet i helhet *11*

5.2 Matningsvalsar *12*

5.2.1 Utformning 12

5.2.2 Material 13

5.3 Fördelningsvals *13*

5.4 Motor *14*

5.5 Pressmekanism *15*

5.6 Ram *17*

5.6.1 Tratt 19

5.7 Jordning *20*

5.8 Lager *20*

5.9 Instrumentbräda *21*

6. Slutsatser **22**

7. Diskussion och vidareutveckling **23**

8. Referenser **24**

Bilaga A – Förstudie **1**

A.1 Intervjuer med uppdragsgivaren *1*
A.1.1 Driftstopp på grund av trådar 1
A.1.2 Trådar som hamnar utanför pallen 2
A.1.3 Hastighet 2
A.1.4 Statisk elektricitet 3
A.1.5 Säkerhet 3

A.2 Intervjuer med operatörer *4*

A.3 Egna idéer *5*

Bilaga B – Idégenerering **6**

B.1 Koncept 1 ..... *6*

B.2 Koncept 2 ..... *7*

B.3 Koncept 3 ..... *8*

B.4 Koncept 4 ..... *9*

B.5 Koncept 5 ..... *10*

Bilaga C – Konceptutvärdering **11**

C.1 Tester *11*
C.1.1 Jordning 12
C.1.2 Tratt 14
C.1.3 Tratt i kombination jordning 15
C.1.4 Tryckluft 17
C.1.5 Isborr 18
C.1.6 Borr 19
C.1.7 Dragtest 20

C.2 Konceptutvärdering med uppdragsgivare samt operatörer *21*
C.2.1 Genomgång av koncept med Bolon 21
C.2.2 Rekommendation av koncept från Bolon 21

C.3 Egen konceptutvärdering *22*

C.4 Val av koncept *22*

Bilaga D – Slutgiltigt koncept i detalj **23**

D.1 Matningsvalsar *23*
D.1.1 Utformning 23
D.1.2 Material 25

D.2 Fördelning *28*

D.3 Motor *30*

D.4 Pressmekanism *31*

D.5 Ram *31*
D.5.1 Utformning 31
D.5.2 Material 34
D.5.3 Tratt 34
D.5.4 Infästningar 34

D.6 Jordning *35*

D.7 Lager *35*

D.8 Instrumentbräda *36*

D.9 CE-märkning/säkerhet *37*

Bilaga E – Ritningar **38**
E.1 Stycklista *38*
E.2 Motvals *39*
E.3 Drivvals *40*
E.4 Fördelare *41*
E.5 Frivals *42*
E.6 Pressmekanism *43*
E.7 Ram 1 ..... *44*
E.8 Ram 2 ..... *45*
E.9 Tratt *46*

1. Introduktion

I detta avsnitt beskrivs bakgrund, syfte, kravspecifikation, frågeställningar och avgränsningar till arbetet.

1.1 Bakgrund

Bolon AB är ett företag med ca 100 anställda som arbetar inom plastindustrin[1]. Företaget startades av Nils-Erik Eklund och är familjeägt än idag. Deras produktion är belägen på ett industriområde i Ulricehamn och de producerar heltäckningsmattor i plast. Mattorna är väl ansedda inom designvärlden och Bolon har fått flertalet utmärkelser till följd av detta. Företaget har en stor vision om att minska utsläpp av koldioxid och satsar för att återvinna material[2].

Bolon AB tillverkar olika typer av heltäckningsmattor i plast, se figur 1, vid tillverkningen vävs platstrådar ihop till en matta. Plasttråden som används vid vävningen är lindande på spolar som levereras från en underleverantör, se figur 2. Efter vävningen finns en mängd tråd kvar på varje spole, dessa trådar återanvänds för att kunna användas till baksidan av mattor, se figur 3 och figur 4. För att möjliggöra denna återvinning måste trådarna först lindas av från spolarna. Det är den sistnämnda uppgiften som den framtagna maskinen från detta arbete ska genomföra.

Figur 1; Exempel på heltäckningsmatta från Bolon. Återgiven med tillstånd [5]

[1] (Alla bolag, 2021)

[2] (Bolon, 2021)

Figur 2; Ballongbild som visar 1.Vagn och 2.Spole

Figur 3; Säck för bevaring av återvunnet material från Bolon. Återgiven med tillstånd [5]

Figur 4; Exempel på baksida av Bolonmatta gjord på återvunnet material. Återgiven med tillstånd [5]

Maskinen som används för att linda av spolarna i dagsläget, se figur 5, är utdaterad både när det kommer till funktion och säkerhet. Maskinen kräver konstant bevakning när den är i drift för att inte långvariga driftstopp ska inträffa då trådarna lätt fastnar i maskinen. Det finns även säkerhetsbrister, så som gamla nödstoppsystem och risker för personskador vid start och användning. Detta leder till att Bolon är i behov av en uppgradering av den befintliga maskinen, eller en helt ny maskin.

Figur 5; Dagens maskin under drift

1.2 Syfte

Syftet med arbetet är att utveckla ett koncept på en maskin till Bolon. Detta ska göras genom produktutvecklingsmetoder, teoriundersökning, tester samt nödvändiga beräkningar. Resultatet kommer bestå av ett koncept som delas upp i följande delar:

- Matningsmetod
- Ramverk
- Konceptspecifika delar
- CAD-modell

Den framtagna maskinen ska kunna utföra arbetet, likt dagens maskin, men samtidigt lösa bristerna med den nuvarande lösningen. De stora nackdelarna består främst av driftsstopp och säkerhetsbrister, dessa ska minimeras. Lösningen ska även presenteras i en fungerande CAD-modell som kan användas för vidareutveckling samt tillverkning av konceptet.

1.3 Kravspecifikation

Kravspecifikationen är framtagen genom intervjuer med Bolon och operatörerna, dessa beskrivs i förstudien i bilaga A. Maskinen ska lösa uppgiften, likt dagens maskin, men även lösa problemen som dagens lösning har. Genom undersökningar har kraven och önskemålen delats upp i fem kategorier där fokus ligger på prestanda, säkerhet, användarvänlighet, material och ergonomi. Önskemålen har garderats från 1 - 5 beroende på hur viktigt det är att de är uppfyllda, där 5 är viktigast. En verifieringsmetod har lagts till för att kunna avgöra om konceptet uppfyller behovet eller inte, samt ett målvärde för att få ett konkret mått. Det finns även referenser för att se vem som är intresserad av kravet eller önskemålet. Denna undersökning resulterade i följande kravspecifikation, se tabell 1.

Tabell 1; Kravspecifikation

	Kriterier	Målvärde	K/Ö	Vikt	Verifieringsmetod	Referens
1.	Prestanda					
1.1.	Maskinen ska köras utan driftstopp (med avsende av trådar)		K		Teori/test	Bolon
1.2.	Trådarna ska stanna i pallen	Nolltolerans	Ö	4	Test	Bolon
1.3.	Hastighet	15 m/min	K		Beräkningar	Bolon
1.4.	Justerbar hastighet	Minst 2 lägen	Ö	5	Teori	Operatörer
1.5.	Dragkraft	> 95N	Ö	4	Test/teori	
2.	Säkerhet					
2.1.	Minimera klämrisk	CE-märkning	K		Modell/test	Bolon
2.2.	Nödstopp	CE-märkning	K		Modell/test	Bolon
2.3.	Stötar	CE-märkning	Ö	3	Intervju	Bolon
3.	Användarvänlighet					
3.1.	Position av startknappar	Samlade på ett ställe	K		Modell	Operatörer
3.2.	Byte av pall		K		Modell	Operatörer
4.	Material					
4.1.	Statisk elektricitet		Ö	4	Teori/test	Bolon
5.	Ergonomi					
5.1.	Minska fysisk påfrestning vid uppstart		Ö	1	Test	Operatörer
5.2.	Arbetshöjd	< 2,3m	Ö	2	Modell	Operatörer

1.4 Frågeställning

Är det möjligt att öka säkerheten vid arbete med maskinen?
Är det möjligt att minimera antalet driftstopp?
Är det möjligt att undvika de nuvarande negativa effekterna av statisk elektricitet?
Är det möjligt att effektivisera dagens process?
Är det möjligt att konstruera en CAD-modell som fungerar på samma sätt som maskinen ska göra i verkligheten?

1.5 Avgränsningar

- Det slutgiltiga konceptet ska genomföra samma uppgift och vara på samma plats som dagens maskin.
- Det slutgiltiga konceptet ska inte ha en godkänd CE-märkning, men arbeta mot det.
- Arbetet omfattar inte val av konkreta komponenter, detta överlåts till de som framställer maskinen.
- Detta arbete avser inte framställningen av maskinen.
- Under arbetet kommer inte någon fullständig elkonstruktion tas fram.

2. Teori

Bakomliggande teorin för denna rapport delas in i två huvudsakliga områden ellära och mekanik. Elläran handlar om statisk elektricitet, hur den genereras och vilka metoder som används för att motarbeta det. Mekanikdelen handlar om matning av spilltrådar där friktion, tryck och dragkrafter påverkar matningen.

2.1 Statisk elektricitet

Statisk elektricitet uppkommer då ett icke-ledande material och en elektrisk isolator samlar på sig eller avger elektroner. Om materialet samlar på sig elektroner blir det negativt laddat och avger det elektroner blir det positivt laddat. Detta kan ske på olika sätt bland annat genom att två material gnids mot varandra och på så sätt laddas materialens ytor. Materialet bibehåller sedan den laddningen tills att det kommer i kontakt med ett ledande material eller ett motsatt laddat material då en urladdning sker[3].

För att motverka uppbyggnaden av statisk elektricitet finns olika metoder som oftast delas in i två kategorier passiva och aktiva. Passiva antistatsystem är sådana som utan någon tillförsedd ström reducerar den statiska elektriciteten. Detta kan exempelvis ske genom att ett ledande material gnids mot den produkt som producerats och leder då bort elektronerna. Aktiva antistatsystem skapar med hjälp av tillförsedd ström ett fält av joner som antingen är positivt eller negativt laddade och leder på så sätt bort den statiska laddningen[4].

2.2 Friktion

Friktion är en kraft som uppkommer mellan två ytor då en kraft läggs på. Friktionskraften kommer vilja motverka rörelse mellan ytorna vid både stilla tillstånd och då det finns rörelse mellan ytorna. Upphovet till friktionskraften ligger i ojämnheter och adhesionen mellan ytorna som gör att de inte vill förflytta sig relativt varandra. Friktion förekommer både som en inre och en yttre kraft. Då detta arbete enbart kommer använda sig av den yttre friktionskraften är det den som vidare kommer beskrivas och förklaras. Hänvisningar till friktion senare i rapporten kommer även alltid syfta på den yttre friktionen. Friktionskraftens storlek kan tecknas med följande formel:

$$F = \mu * N$$

Där F är friktionskraften, μ är friktionskoefficienten och N är normalkraften riktat 90 grader mot ytan. Friktion finns i två former statisk och kinetisk. Statisk friktion är när ytorna inte rör sig relativt varandra, kinetisk friktion är då ytorna rör sig relativt varandra. För båda fallen används samma enheter men μ är större i det statiska fallet och sjunker något när ytorna börjat glida[5].

[3] (Stephen W. Fardo, 2020)
[4] (Nex Flow, 2018)
[5] (Per-Åke Jansson, 2018)

2.3 Plasttrådar för mattorna

Det finns tre olika typer trådar som används vid maskinen. Dessa har olika tvärsnitt, se figur 6. De tre typerna har dessutom olika materialegenskaper som kan påverka friktion. I denna rapport antas de dock ha liknande egenskaper.

Figur 6; Tvärsnitt trådar

3. Metod

Detta avsnitt beskriver metoden som använts för att framställa den slutgiltiga produkten.

3.1 Förstudie

Förstudien behandlar krav och önskemål på den slutgiltiga produkten och kan läsas i bilaga A. Detta grundades på intervjuer och teoretisk undersökning. Resultatet av förstudien mynnar slutligen ut i en kravspecifikation. I denna del var målet att undersökningen skulle upptäcka alla tänkbara problem från flera olika perspektiv, såsom operatörer eller tekniker.

3.2 Idégenerering

I detta avsnitt tas flera olika koncept fram baserat på förstudien, tanken var att alla tänkbara lösningar skulle tas fram som löser problemet. Idégenereringen i denna studie fokuserade på matningen, då de andra delarna av lösningen påverkades av matningen. Resultatet av idégenereringen resulterade i ett antal koncept. De olika koncepten togs fram genom olika metoder, dessa beskrivs i de berörda kapitlen. Hela idégenereringen ses i bilaga B.

3.3 Konceptutvärdering

Koncepten som tagits fram i idégenerering utvärderades och analyserades i detta avsnitt, ses i bilaga C. Efter att samtliga koncept hade utvärderats skedde ett val av koncept. Valet av koncept grundades på kravspecifikationen, tester och intervjuer.

3.4 Konstruktion av slutgiltigt koncept

Det valda konceptet delades ner i delsystem och utvecklades för att lösa problemet på bästa möjliga sätt. Metoden för att utveckla delsystemen såg olika ut beroende på användningsområde. De olika metoderna som användes för detaljutveckling var; tester, beräkningar och intervjuer. Detta beskrivs mer om i avsnitt 5 och bilaga D.

3.5 CAD-modellering

Det slutgiltiga konceptet illustrerades slutligen genom en CAD-modell. Programmet som användes var Catia V5 där alla olika delsystem sammanfogades i en och samma modell. Alla olika delar ritades upp som individuella parter för att enkelt kunna användas vid vidareutveckling och tillverkning av produkten. Produkten visualiserades även genom ritningar, ses i bilaga E.

4. Nuvarande trådavrullningsmaskin

Följande kapitel handlar om den nuvarande maskinen och hur den fungerar. Maskinen som används för att rulla av tråd i dagsläget består av en bärande ram, en motor och två stycken hjul för att mata trådar.

4.1 Konstruktion

Ramen som används i den befintliga maskinen är ganska simpel med fyra vertikala stänger som har ett ramverk vid marknivå vilket agerar som fot, se figur 7. Foten är fastskruvad i marken för att maskinen ska stå stilla. Sedan består den av två horisontala stänger som är fastsvetsade högre upp på de vertikala stängerna. De horisontella stängerna bär sedan motorn samt de hjul (4) som används för att driva matningen. Ramen har även en ”kam” (3) på toppen innan matningshjulen som fungerar som fördelare av trådar.

Matningsprocessen utgörs idag av två stycken gummihjul som är monterade på varsin genomgående axel, avståndet mellan axlarna är bestämt så att hjulen kommer trycka på varandra. Detta för att medge ett tillräckligt stort tryck mellan hjulen så att de kan greppa tag om trådarna och mata dem nedåt. Det högra hjulet i figur 7 har sin axel kopplad till en motor som ger upphov till en rotation och på så sätt drivs matningen av trådar. Motorn är fäst med skruvar i en extra tvärbalk på ramen för att passa in med axeln till hjulet.

Figur 7; Dagens maskin, 1.Vagnposition 2.Ingång av tråd 3.Fördelare 4.Matning 5.Pallposition

4.2 Laddning/start

Laddning/start av dagens maskin består av att först starta en motor som inte används i dagsläget utan enbart leder ström till den motorn som driver hjulen. När den första motorn är startad kan den drivande motorn startas. Sedan hämtas trådarna från spolarna och fördelas över fördelaren ovanför motorn för att sedan släppas genom ett galler som fungerar som nödstopp. Efter det faller trådarna ner till hjulen som greppar tag i dem och trådarna börjar mata ner i en pall vid 5 i figur 7.

4.3 Säkerhet

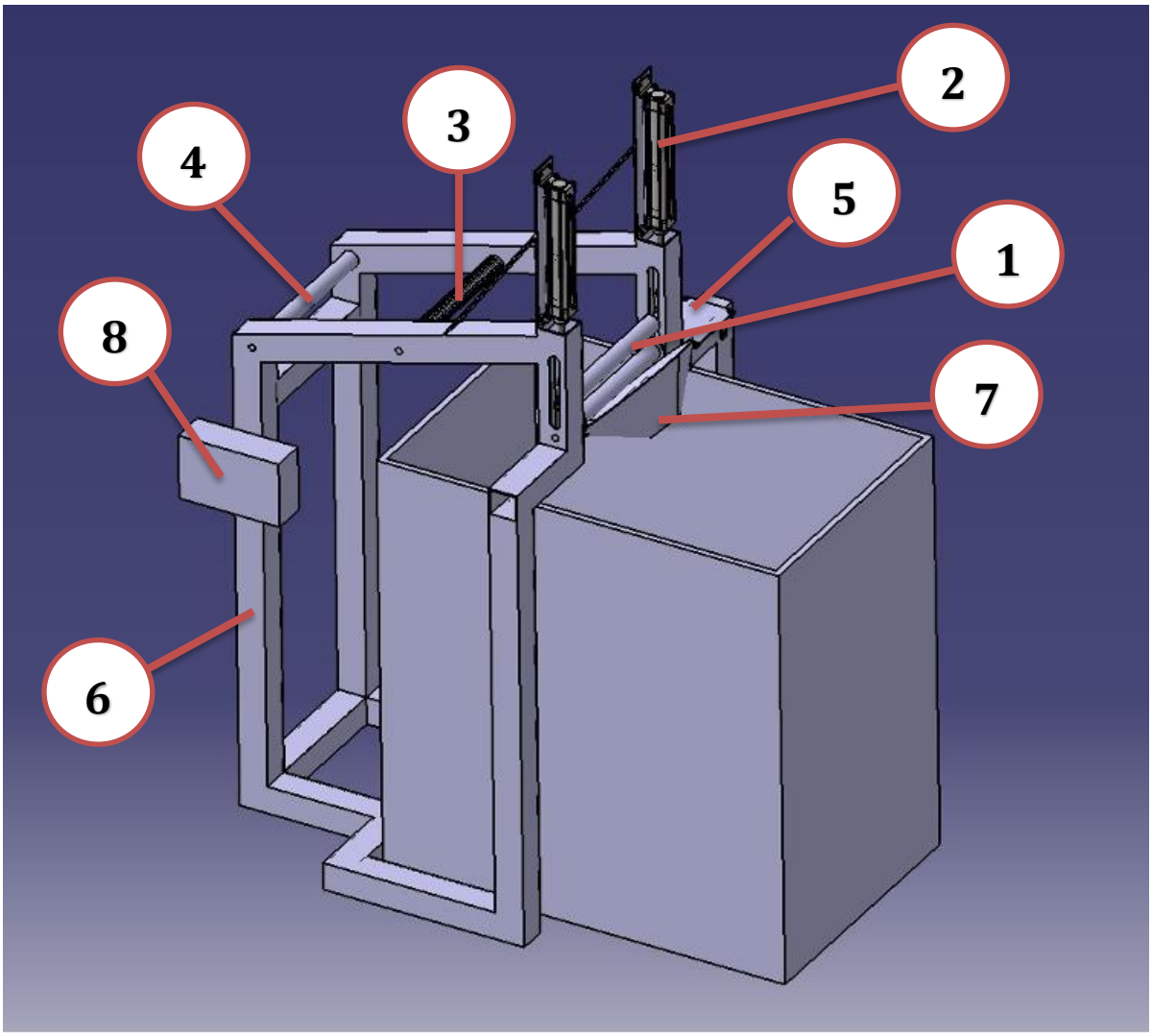
Dagens maskin har ett automatiskt nödstopp som aktiveras om ett galler precis ovanför matningshjulen trycks ned för långt. Detta för att inte fasta med händer eller armar vid matningen i maskinen och dras ned mellan hjulen medans maskinen kör. Det finns även nödstopp vid startknapparna på maskinen.

5. Slutgiltigt koncept

Det valda konceptet med matningsvalsar har en enklare design, högre säkerhet, bättre användarvänlighet och kortare ställtider jämfört med de andra koncepten. Alla koncept ses i bilaga B. I detta avsnitt beskrivs hur den slutgiltiga produkten är utformad. Detta koncept valdes genom bilaga C. Den fullständiga maskinen är illustrerad nedan i figur 8 och ritningar på alla delar ses i bilaga E.

5.1 Konceptet i helhet

Maskinen består utav en valslösning (1) som drivning för matningen. För att kunna uppnå friktionen som krävs pressas dessa mot varandra med en pressmekanism (2). Pressmekanismen kan dessutom lyfta motvalsen så att operatörerna säkert och smidigt kan förbereda maskinen utan att den är i drift. Maskinen har en lägre arbetshöjd än dagens maskin och är konstruerad så att det är korta ställtider vid vagnbyte. Alla delsystem beskrivs mer i detalj i bilaga D.



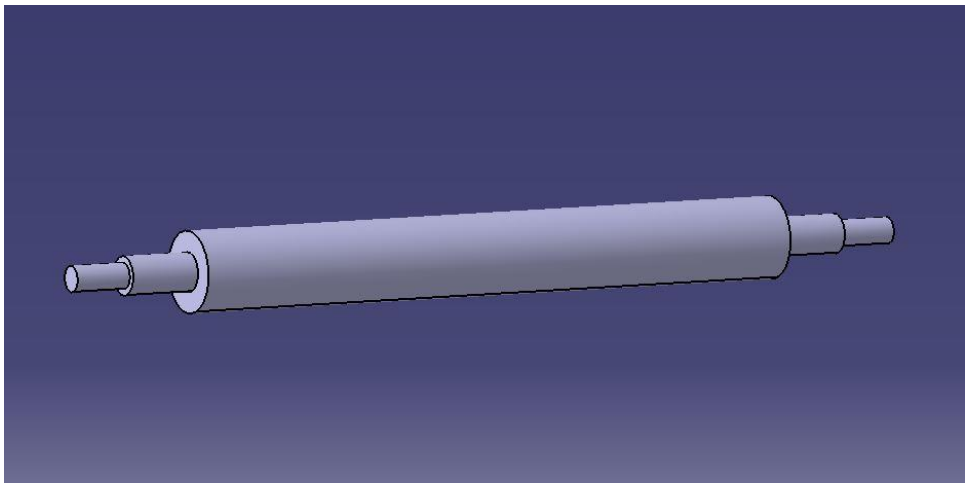
Figur 8; Slutgiltigt koncept uppbyggd av: matningsvalsar 1, pressmekanism 2, fördelningsvals 3, frivals 4, motorplatta 5, ram 6, tratt 7, instrumentbräda 8

5.2 Matningsvalsar

Matningen av trådarna kommer att utföras av två stycken valsar, en drivande vals och en motvals, se (1) i figur 8. Drivvalsen är fäst i motorn som överför en rotation genom friktion och tryck till motvalsen.

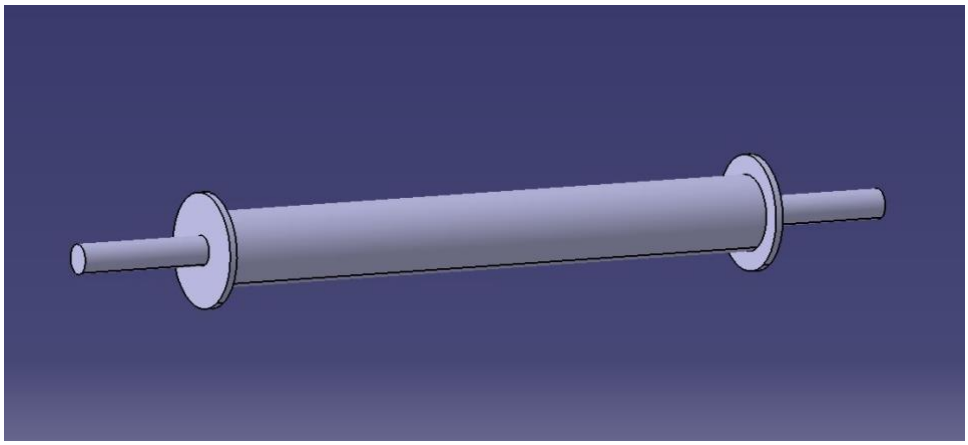
5.2.1 Utformning

Motvals:
Motvalsen har en bredare kontaktyta med tråden jämfört med dagens maskin. Detta för att möjliggöra en större spridning av trådar vilket medför en jämnare matning av varje tråd. Valsen är fäst i vardera ände med lager via en låsmutter och en diameterändring, se figur 9.



Figur 9; Motvals

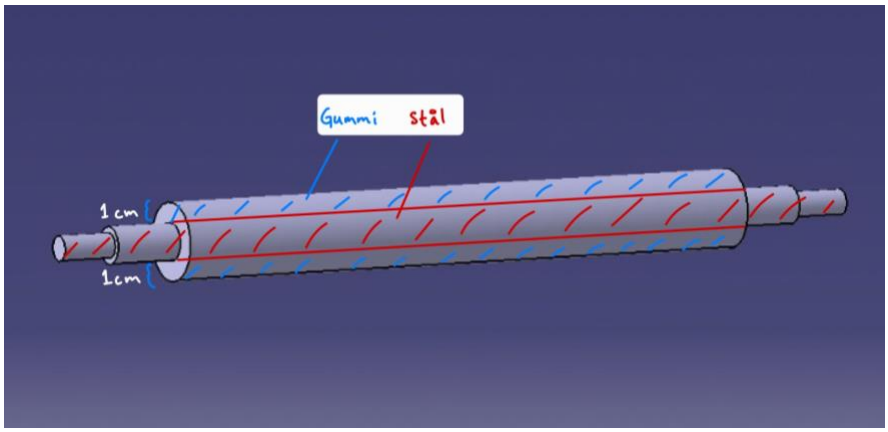
Drivvals:
På drivvalsen, se figur 10, finns en fläns på vardera sida av kontaktytan med trådarna för att förhindra att trådarna glider av valsarna. Eftersom dessa flänsar medför en risk att valsarna glider mot varandra är drivvalsen något bredare än motvalsen. Denna vals fästs också i ramen via två stycken lager.



Figur 10; Drivvals

5.2.2 Material

Valsarna kommer att bestå av två material en kärna av stål som sedan är klädd med en gummibeläggning, enligt figur 11. För att minimera materialåtgång kommer valsarna vara av lägre radie vid infästnings punkterna i ramen. Vid kontaktytan med trådarna är de båda valsarna klädda med en gummibeläggning. Denna beläggning finns för att öka greppet mellan trådarna och valsarna och därigenom undvika glidningsrisken.

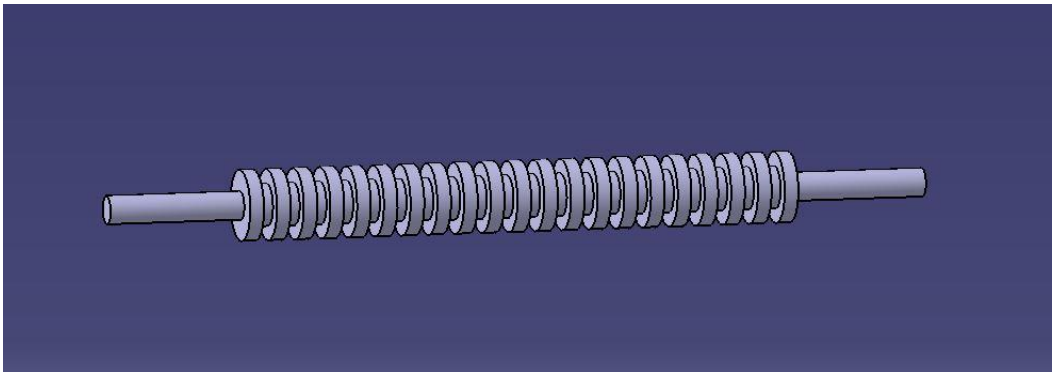


Figur 11; Materialfördelning valsar

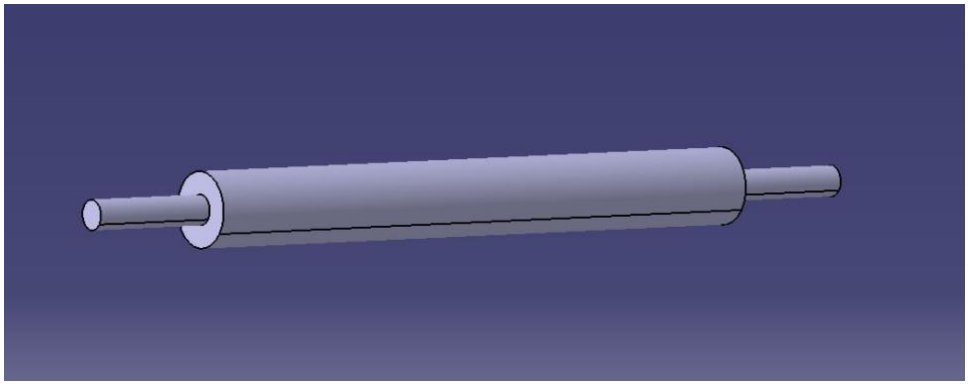
5.3 Fördelningsvals

Fördelningen av trådarna in mellan matningsvalsarna kommer ske via en vals med fåror se (3) i figur 8 och figur 12. Fårorna kommer hålla trådarna på plats så att de får en jämnare utbredning i matningsvalsarna. Detta för att få en jämnare matning på alla trådar. Fårornas geometri är utformad så att mängden trådar som kan samlas i en fåra är begränsad vilket leder till en jämnare fördelning. Även laddningen av maskinen underlättas för operatören med denna lösning.

Det kommer även finnas en slät vals innan fördelningsvalsen, se (4) i figur 8 och figur 13. Frivalsen är placerad lägre än fördelningsvalsen för att trådarna ska komma in i fördelningsvalsen med samma vinkel samt minska risken för att trådarna ska kunna “hoppa” mellan fårorna.



Figur 12; Fördelare



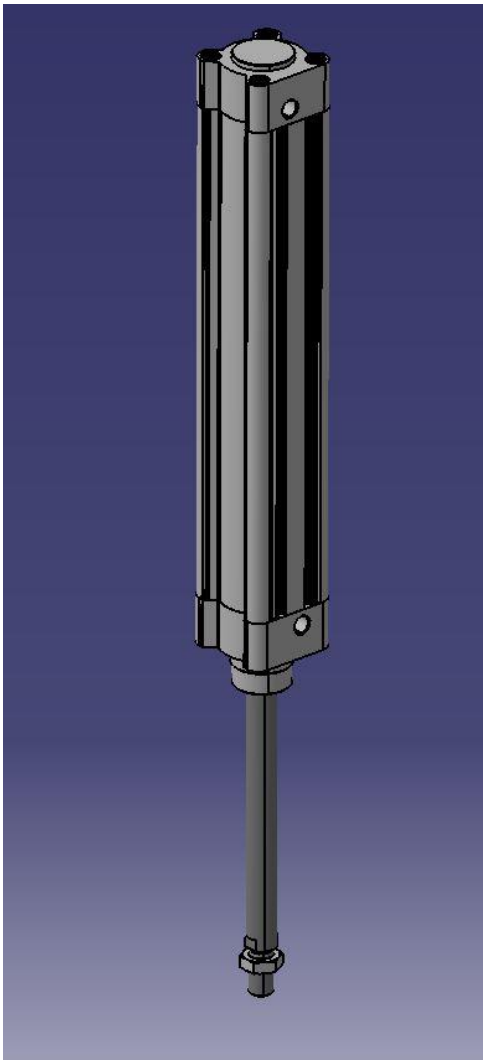
Figur 13; Frivals

5.4 Motor

En elmotor för drivning av drivvalsen ska placeras på motorplatten (5) i figur 8.
En specifik motor till maskinen har inte bestämts, däremot har en grov uppskattning för vilket lastmoment motorn måste klara av gjorts. Enligt test i bilaga C.1.7 behövs som mest ca 95 N för att dra av trådarna från spolarna och om en uppskattad säkerhetsfaktor på tre används fås då den totala kraften 285 N, momentet blir således 7,1 Nm vilket ligger väl inom ramarna för vad en mindre asynkronmotor klarar av.

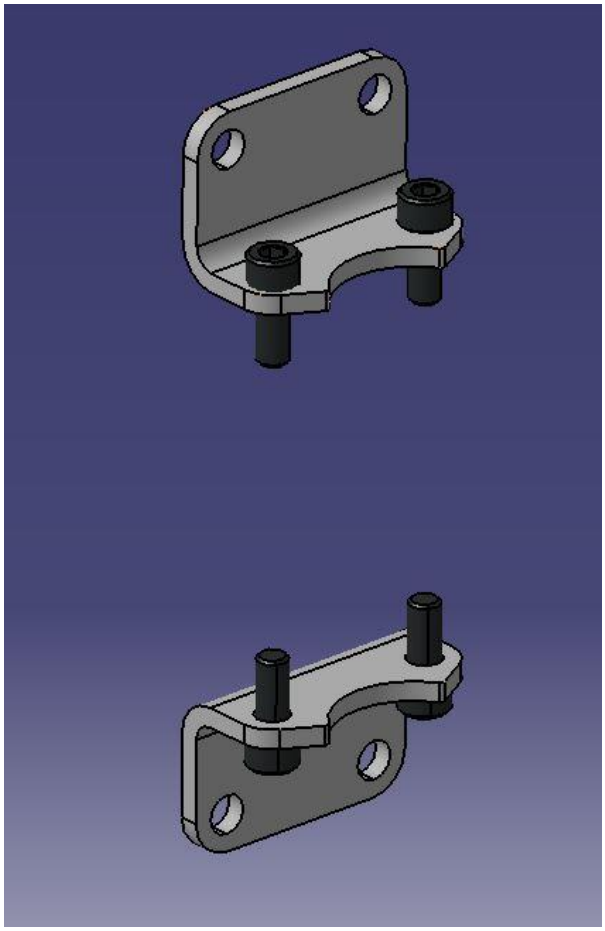
5.5 Pressmekanism

Pressmekanismen har i uppgift att bygga upp friktionen mellan trådarna och valsarna. Denna kommer att bestå av två pneumatiska tryckluftscylindrar. De cylindrarna som används är från Festo och kallas; DSBC-50-300-PPSA-N3[6], se (2) i figur 8 och figur 14. Cylindrarna kommer fästas högst upp på ramen genom skruvförband i deras egna fästen, HNC-50[7], se figur 15. Reglering av tryckluft finns att hämta från Festo men efter samtal med Bolon konstaterades det att de har expertis om reglering inom företaget. Motvalsen fästs till kolvstängerna via två stycken länkhuvuden på vardera sida. Dessa är tagna från Durbal och den valda modellen kallas BRF 16-01-501[8]. Dessa skruvas fast i kolvstången och fästs i andra änden vid två inbyggda lager, se figur 16.

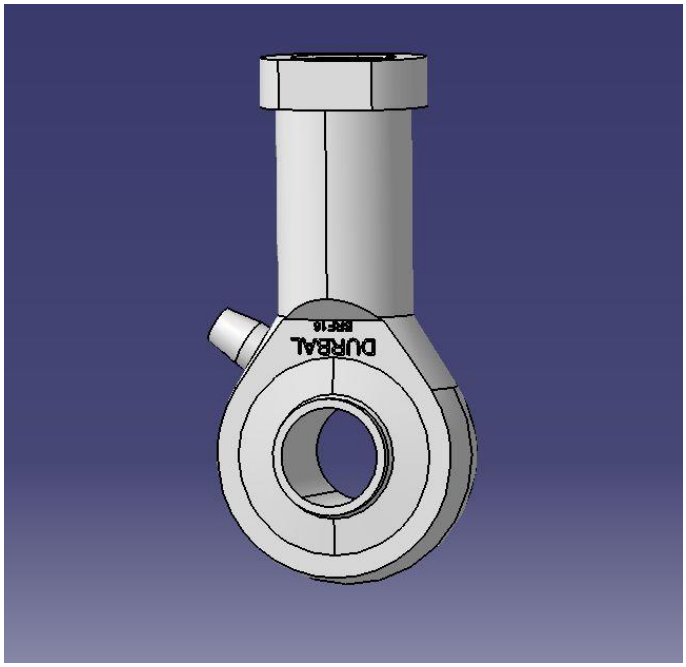


Figur 14; Vald tryckluftscylinder från Festo

[6] (Festo, 2021)
[7] (Festo, 2021)
[8] (Durbal, 2021)



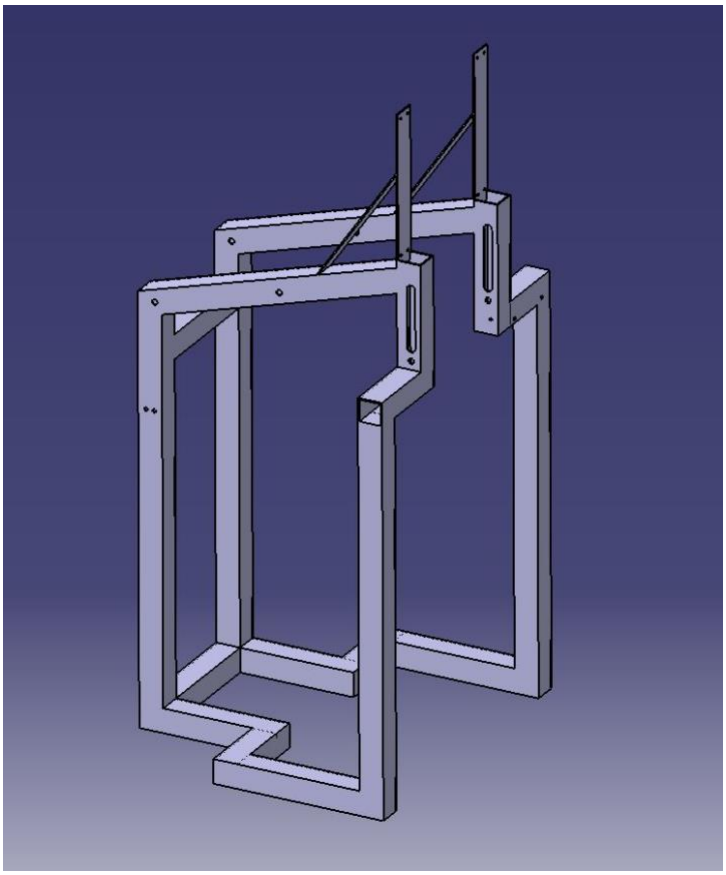
Figur 15; Valda fästen för tryckluftscylindrarna från Festo



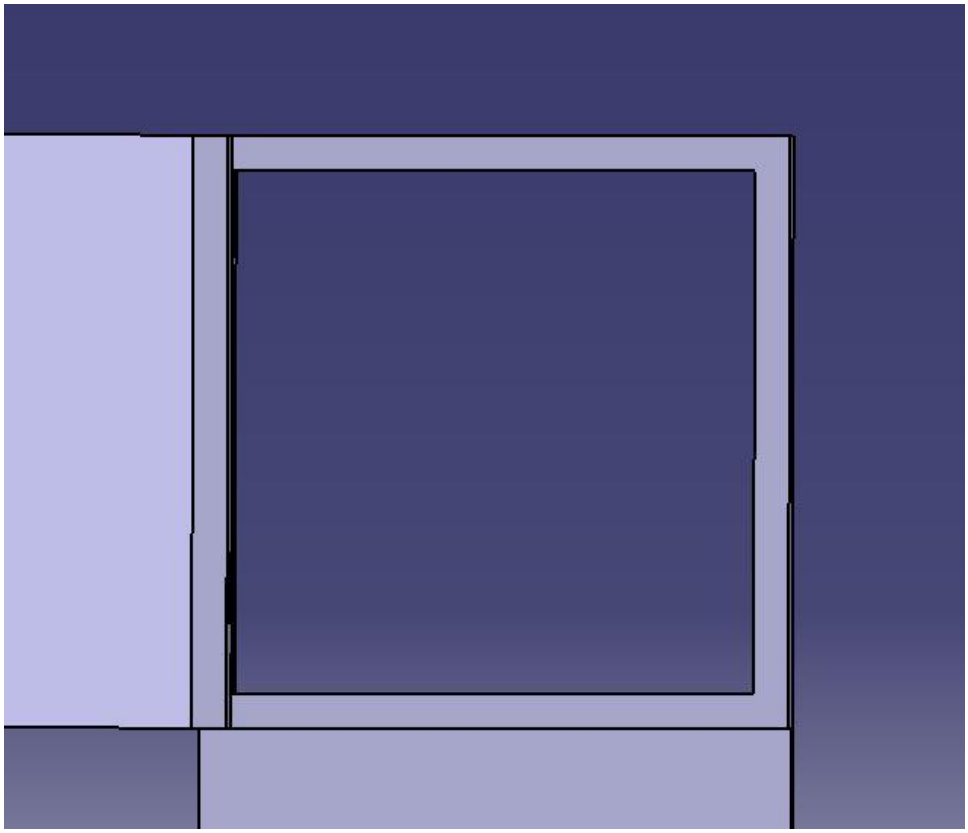
Figur 16; Lager från Durbal

5.6 Ram

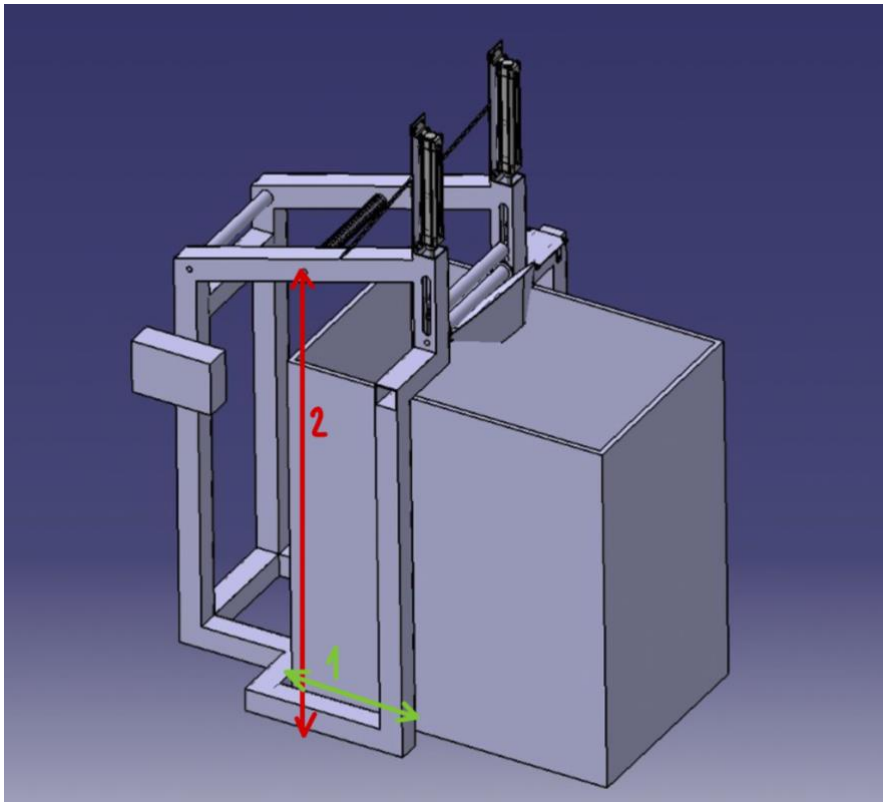
Ramen i helhet går att se i figur 17, ramens huvudsakliga uppgift är att hålla alla komponenter på sin plats. Den är dessutom konstruerad för att ge en låg arbetshöjd och möjliggöra att placera pallen under tratten, se figur 19. Genom ett stort utrymme i tvärsnittet på balkarna kan tryckluftscylindrarnas kolvar arbeta fritt utan kontakt med ramen, se figur 18. Slutligen har ramen en stor kontaktyta med golvet för att öka stabiliteten och hållfastheten med en liten mängd material.



Figur 17; Helhetsbild av ramen illustrerad i CAD



Figur 18; Ramens tvärsnitt med yttermåtten 85x85mm (gäller alla balkar)

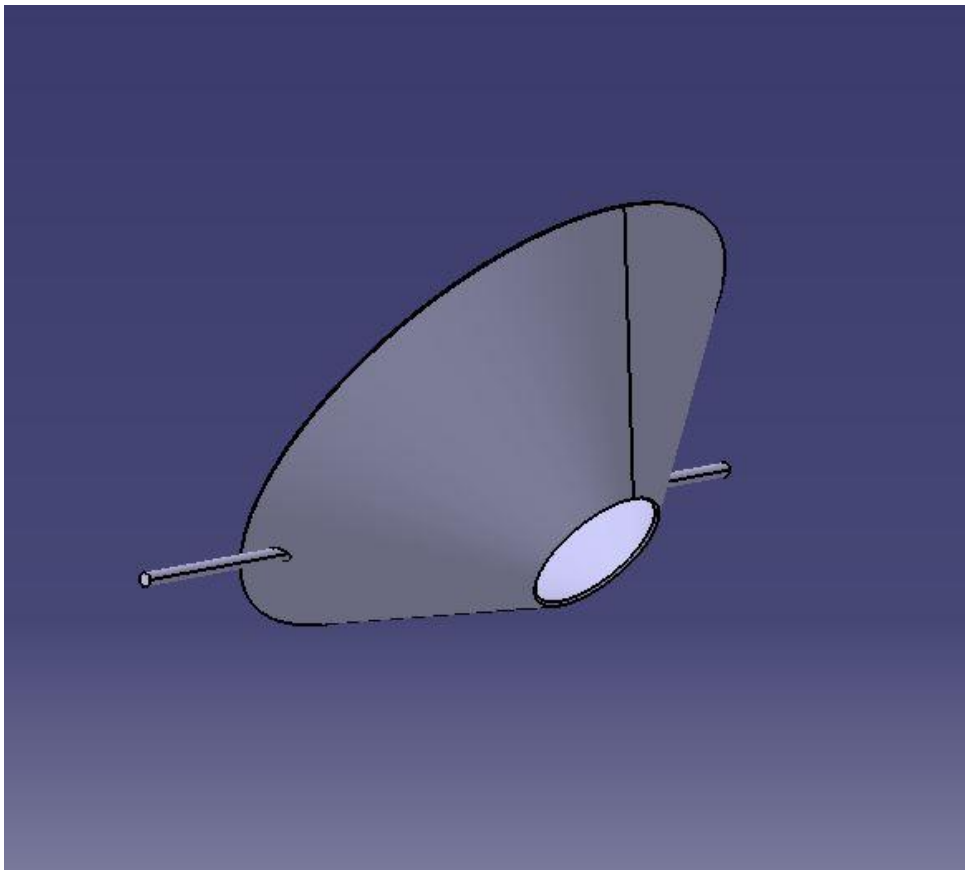


Figur 19; 1. Möjlighet att placera pallen under matningen 2. Arbetshöjd på 160 cm

5.6.1 Tratt

Efter matningen på dagens maskin får trådarna en stor spridning innan de når pallen. Genom tester framkom det att detta problem kan reduceras via att leda bort den statiska elektriciteten och använda sig utav en tratt enligt figur 20. Det framkom även att desto närmre tratten är placerad matningsvalsarna, desto bättre. Därmed är tratten placerad precis vid utloppet av trådarna se (7) i figur 8. Tratten är konformad för att kunna koncentrera trådarna på en mindre area vid utloppet. Eftersom det finns vanligt använda tillverkningstekniker för stålkoner, möjliggör detta även för att praktiskt kunna framställa tratten.

Tratten fästs i ramen via en stålstång som går genom två hål i tratten och två hål i ramen. Dessa förbindelser ska sedan svetsas fast för att tratten ska vara fäst i rätt läge.



Figur 20; Tratt monterad på stålstången illustrerad i CAD

5.7 Jordning

Via tester framkom det att en stor del utav den statiska elektriciteten är lokaliserad i tråden som samlas i pallen. För att eliminera problemet leds strömmen bort via stålstänger och ledningskablar, se figur 21. Genom att leda elektriciteten upp genom balkarna i taket finns ingen risk att någon operatör får en stöt.

Figur 21; Exempel på jordning via stålstänger i pallen där elektriciteten leds till takbalkarna

5.8 Lager

De lager som är tänkta att användas för motvalsen fås via Durbal och kallas; BRF 16-01-501[9]. För drivvalsen rekommenderas det att använda sig av färdiga lagerhusanordningar som fästes på ramen. Ett av de två lagren behöver kunna ta upp axiella laster för att lagersystemet ska fungera korrekt.

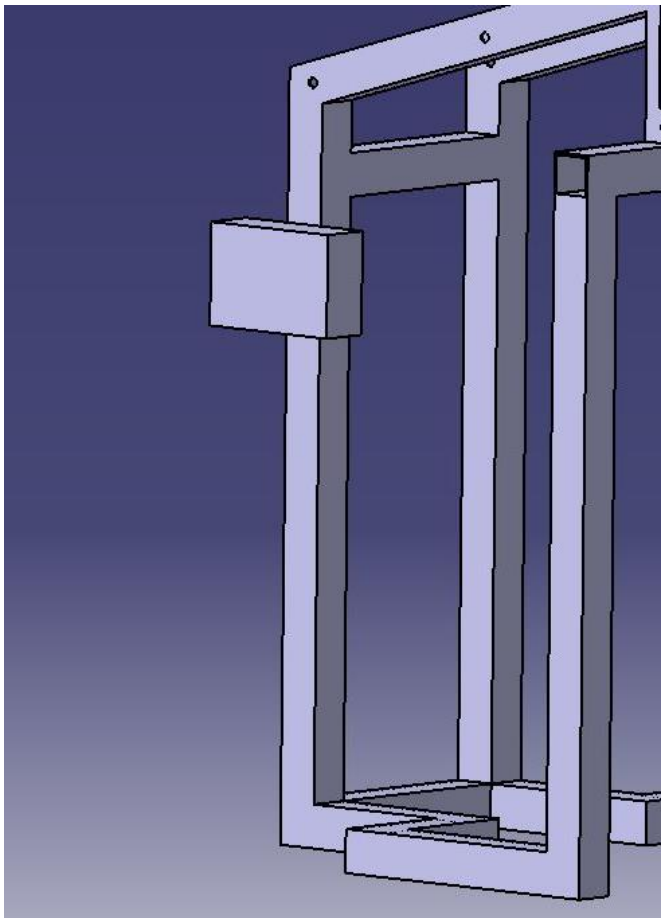
[9] (Durbal, 2021)

5.9 Instrumentbräda

Dagens maskin hade flera olika startknappar placerade på olika ställen. På det framtagna konceptet ska alla knappar vara samlade på en instrumentbräda se (8) i figur 8, exklusive extra nödstopp. De knappar och spakar som krävs på instrumentbrädan är:

- Starta matningen av valsarna
- Stoppa matningen av valsarna
- Starta tryck mellan valsarna
- Stoppa tryck mellan valsarna
- Vred för att reglera hastigheten på matningen
- Nödstopp

Instrumentbrädan är grovt illustrerad i CAD-modellen, och fästs på ramen enligt figur 22.



Figur 22; Föreslagen montering av instrumentbrädan på ramen

6. Slutsatser

Här beskrivs de konkreta slutsatserna som kan dras från arbetet.

- Framtagningen och beslut gällande det nya lösningskonceptet gjordes främst via interjuver och diskussioner med operatörer och representanter från berörda områden (såsom Triton för matningsvalsarna)

- Förbättrad ergonomi hos den framtagna lösningen i form av en lägre arbetshöjd. Den har sänkts från ca 2,3 m till ca 1,6 m.

- Ökad säkerhet, det nya lösningskonceptet har större fokus på säkerheten och mer tilltänkta säkerhetsanordningar (såsom skydd vid de matande valsarna).

- Förbättrad användarvänlighet. Det nya lösningskonceptet har en enklare uppstart.

- Förändringar på det nya konceptet krävs innan tillverkning av maskinen, då konkreta val av produkter ska tas vilket kan påverka måttsättningar.

7. Diskussion och vidareutveckling

Maskinen som är framtagen i denna rapport bygger mycket på interjuver och konsultationer med operatörer som arbetar i fabriken idag samt utomstående personer inom berörda områden, såsom Triton. Detta då problemen som finns med bland annat statisk elektricitet och friktion mellan valsar och trådar är svåra att kvantifiera med tillräckligt korrekta värden för att lösa dem analytiskt med beräkningar. Maskinen bygger även på delfunktioner som finns på den maskinen som används i dagsläget som fungerar bra, framförallt matningsprocessen. Anledningen för detta är att det ansågs som den bästa och säkraste verifieringsmetoden, då det som nämns ovan inte finns tillräckligt korrekta värden för att kontrollera det analytiskt.

Lösningskonceptet anses klara av alla de satta kraven från kravspecifikationen, men det är en del val gällande prestandan på det nya lösningskonceptet som lämnas till Bolon. Det mest avgörande av dem är motorn. I bilaga D.3 görs en kontroll att det finns motorer som klarar av att driva valsarna och uppnå önskad hastighet på matningen. Den är dock en grov estimering som bör kontrolleras. Delar som lager och motorplatta är också obestämda i rapporten, men designen på det nya lösningskonceptet ger utrymme för att välja lämpliga komponenter och storlekar genom att ändra dimensioneringen för infästningar.

Vidareutveckling av lösningskonceptet är ett måste om det ska fungera som tänkt. Definitiva beslut om komponenter som motor, lager och mått på infästningar till lager måste tas. De alternativ som finns för lager till drivvalsen passar inte på ramen. För att lösa detta problem behöver diametern hos lagersätena på valsen minskas alternativt behöver man förstora tvärsnittet på ramen vid den aktuella platsen. Fördelaren är inte helt färdigutvecklad utan måste genomgå fler tester för att kunna fungera som tänkt. Fördelaren som den ser ut just nu är utformad efter ett test med en prototyp, där prototypen såg annorlunda ut och resultatet av testet var att fördelaren inte kunde se ut som prototypen. Även själva hållfastheten av maskinen behöver kontrolleras efter det att alla slutgiltiga val har gjorts för att garantera både operatörernas säkerhet och prestandan. Reduceringen av statisk elektricitet är påbörjad genom jordningen av pallen, men inget konkret resultat har verifierats än. Om jordningen av pallen inte skulle lyckas är nästa steg att se över om andra passiva antistatsystem kan fästas på ramen.

8. Referenser

1. *ABB*. (Juni 2018). Hämtat från https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK105789&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch

2. *Alla bolag*. (2021). Hämtat från https://www.allabolag.se/5566315999/bokslut

3. *Bolon*. (2021). Hämtat från https://www.bolon.com/sv/story-of-bolon

4. *Bolon*. (2021). Hämtat från https://www.bolon.com/en/image-bank

5. *Durbal*. (2021). Hämtat från Durbal: https://www.durbal.com/database/product/brf/brf-16-01-501?fbclid=IwAR3b6KcVTwvXtGsi8iAOUE6w1XlxVNSJiBGNBY2XVBzhC-SqmPxBszKMZ74

6. *Festo*. (2021). Hämtat från https://www.festo.com/se/sv/npc/npc-config-ui/start.do?caller=KAT&product=DSBC-50-300-PPSA-N3&caturl=https%3A%2F%2Fwww.festo.com%2Fcat%2Fsv_se%2Fproducts_DSBC&configurationId=008ad61b-3e08-4ef3-a037-4de1bcca07ff&tabId=4dba21fa-778a-4c13-bd8a-6f134d19b776#!/product/UI.TAB.CV.GENERAL_DATA

7. *Festo*. (2021). Hämtat från https://www.festo.com/cat/sv_se/products_ZM_FU?CurrentIDCode1=HNC-50&CurrentPartNo=174371

8. Nex Flow. (den 13 12 2018). Hämtat från https://www.nexflow.com/blog/active-vs-passive-static-eliminator/

9. Per-Åke Jansson, R. G. (2018). *Mekanik statik och dynamik.* Lund: Studentlitteratur AB.

10. Stephen W. Fardo, D. R. (2020). *Electricity and electronics fundamentals.* Gistrup: River Publishers.

Bilaga A – Förstudie

Efter att problemet beskrivits av uppdragsgivaren påbörjades en undersökning av vilka behov som fanns på den kommande lösningen. Det genomfördes intervjuer med både uppdragsgivaren och operatörerna som kommer att arbeta med maskinen. Även lagar kring CE-märkning och idéer på nya funktioner från oss undersöktes. Dessa delar kommer beskrivas mer ingående i detta avsnitt.

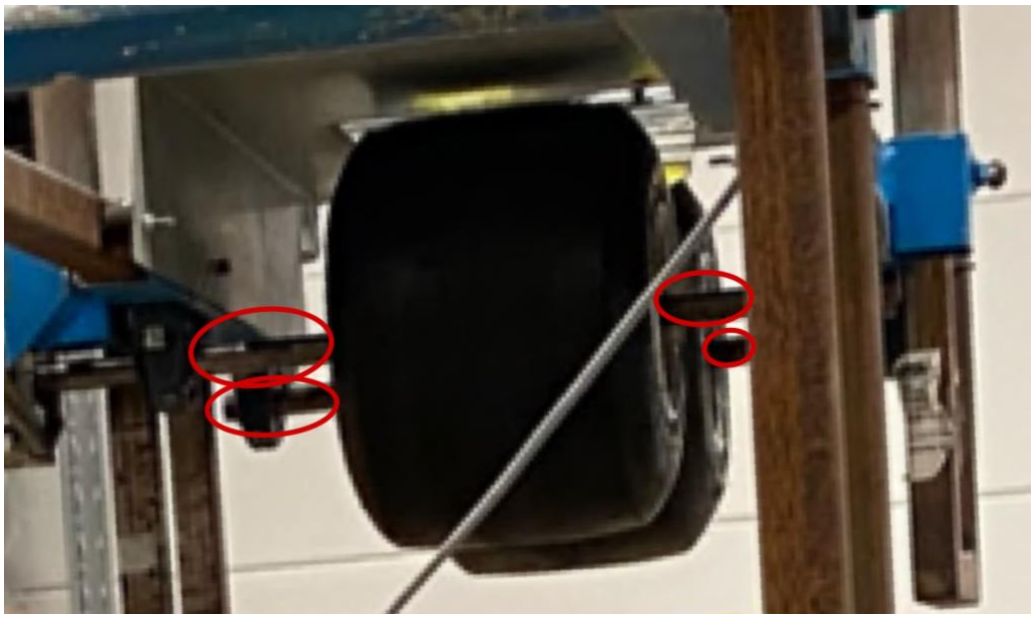
A.1 Intervjuer med uppdragsgivaren

Under samtal med uppdragsgivaren uppdagades flera olika behov som fanns på maskinen.

A.1.1 Driftstopp på grund av trådar

Till en början framkom det att maskinen hade problem med driftstopp som uppkom i samband med ett antal olika problem. Detta var något som de ville minimera så mycket som möjligt eftersom det var väldigt tidskrävande för operatörerna.

Problem som kunde uppstå var bland annat att trådarna kunde glida för långt i sidled och fastna kring den drivande axeln för drivhjulen, se figur 23. För att lösa detta problem behövde operatörerna stänga av maskinen och avlägsna trådarna vilket var tidskrävande. Ett annat problem som kunde uppstå var att trådarna fastnade i området kring inloppet till drivningen. Idag är ett galler placerat där på grund av säkerhetsaspekter, men detta kan även leda till driftstopp, se figur 24. Det sista problemet kring trådarna som kunde orsaka driftsstopp var att trådarna inte kom ner i pallen. Istället roterade de runt ett hjul tills någon stängde av maskinen och avlägsnade trådarna.



Figur 23; Axlarna där det kan förekomma trassel på dagens maskin

Figur 24; Gallret vid inmatningen

A.1.2 Trådar som hamnar utanför pallen

Ytterligare problem som uppdagades var att trådarna ofta hamnade utanför pallen, se figur 25. Trådarna spreds direkt efter utloppet från hjulen vilket resulterade i att de hamnade utanför pallen.

Figur 25; Trådar som hamnar utanför pallen efter matningen

A.1.3 Hastighet

Dagens maskin kan köra med en trådhastighet av 15 meter per minut. Detta var en hastighet som de ville behålla för att kunna utföra de uppdrag i den takt som krävs.

A.1.4 Statisk elektricitet

Under samtal med uppdragsgivaren framkom det att en del problem uppstod på grund av statisk elektricitet. Problemen som beskrevs är nämnda ovan; att trådarna hamnar utanför pallen eller fastnar på pallens insidor. De hade även en idé om att det var på grund av statisk elektricitet som trådarna kunde fastna kring ett av hjulen som matade ner tråd.

A.1.5 Säkerhet

Även säkerhetsbrister fanns på maskinen i form av klämrisk och brist på nödstopp. Detta hänvisades till en önskad CE-märkning som kunde göras av en anställd på Bolon när maskinen var framställd.

A.2 Intervjuer med operatörer

Intervjuer i form av en enkät genomfördes för att få en bild av vilka behov de som arbetar med maskinen idag har på en framtida maskin. Genom enkäten framkom flera behov på maskinen som berör användarvänlighet, ergonomi och säkerhet. Enkäterna har sammanställts i tabell 2.

Tabell 2; Sammanställda intervjuer med operatörer

Svar på enkät till operatörer							
Svar/Frågor	Vad ser du för för-/nackdelar vid uppstarten av maskinen (exempelvis startknappar och laddning av tråd)	Vilka problem kan uppstå vid körning av maskinen	Vad upplever du är mest tidskrävande? Körning av maskinen eller byten av pall och vagn (ex 50% körning och 50% byten)	Skulle arbetet underlättas om man kunde köra fler vagnar på samma gång?	Upplever du några ergonomiska problem när du arbetar vid maskinen?	Vilka eventuella problem ser du vid säkerheten av maskinen?	Har du några övriga synpunkter?
1	Knapparna borde sitta på samma ställe	Trådarna fastnar ofta runt hjulen	Övervakning av maskin, Man måste övervaka hela tiden under skrotning	Inte om man måste övervaka ständigt	Nej	Risk att klämma sig mellan hjulen	Bra med justerbar hastighet
2	Något tungt att dra tråden samtidigt som man går upp för trappan. Skulle helst vilja ladda på golvnivå. Knapparna är för utspridda.	Tråden fastnar på hjulet. Tråden "kanar" utanför pallen.	Optimalt att kunna lägga ner i pall samtidigt som skrotmaskinen går utan problem.	Förmodligen inte, se ovan.	Se första frågan.	Ex. fastna med handen, snubbla på trappan.	
3		Trassel tråd fastnar runt hjulen	Körningen tar lång tid	Kanske			Nej
4	Sätt allt på samma ställe	Tråden kan fastna på hjulen	Körningen	Ja	Nej	Klämrisk för händerna	
5	Knapparna är för utspridda. Trappan borde vara på golvnivå.	Trådarna snurrar runt hjulen. Statiska trådar.	Körningen	Tveksamt	Extra träning för musklerna	Klämrisk vid laddning av tråd.	
6	Instoppning av tråd känns inte okej. Det saknad nödstopp.		Byte av pall och rensa maskinen om det har trasslat.	Ja	Nej	Laddning av tråd, saknas nödstopp.	Maskinen är gammaldags men ändå användbar.
7	Det känns inte speciellt säkert.	Tråden kan trassla sig runt hjulen.	Beror på hur mycket material som finns på spolarna.	Tveksamt	Ja	Risk att fastna	Nej, men ha en bra dag!
8	Flytta startknapparna till samma sida.	Tråden trasslar sig runt däcken, trådar går av.	Körningen tar mest tid	Ja	Nej	Klämrisken när man rigga maskinen	
9	Alla knappar ska sitta på samma ställe.	Det kan trassla och rulla på däcken.	Körning av maskinen.	Tror inte maskinen orkar.		Laddning av tråd uppe vid däcken.	Ha en nödstopp knapp uppe vid plattformen och reglerbar hastighet.
10	Sätt knapparna på samma ställe.	Fastnar/snurrar runt hjulet. Statiska trådar. Trasslar vid gallret.	Övervakningen tar tid.	Ja. Men viktigast är att man slipper övervaka skrotningen.	Inte om man är över 179 och stark.	Klämrisk när man börjar skrota, när trådarna ska börja snurra runt hjulet.	Justerbar hastighet.
11	Knapparna borde sitta på samma ställe som där man står och övervakar maskinen.	Trassel vid "grillgallret", trassel runt hjulen pga statiska trådar.	Att man måste stå och övervaka hela tiden.	Självklart.	Om man är 165cm lång känns det som att man är för kort för att nå upp.	Klämrisken är väldigt stor, speciellt vid "grillgallret".	Justerbar hastighet.

Tabellen ger flera olika behov från operatörerna, dessa kan sammanfattas som:

- Startknapparna ska vara lokaliserade på samma ställe
- Säkerhetsbrister vid inloppet av tråden till drivningen
- Det ska finnas fler nödstopp vid säkerhetskritiska delar av maskinen
- Det ska vara mindre fysisk belastning vid laddning av maskinen
- Driftstoppen ska reduceras
- Trådarna ska inte hamna utanför pallen
- Maskinen ska vara lägre
- Maskinen ska fortsatt ha justerbar hastighet

A.3 Egna idéer

Under förstudien fanns det en del punkter som undersöktes vidare och därmed skulle vara en del av kravspecifikationen. Mycket av de behov som framkom via uppdragsgivaren och operatörerna berörde delar av maskinen som inte fungerade i dagsläget, men inget berörde möjligheten att effektivisera dagens lösning. De möjliga effektiviseringar som skulle undersökas var att:

- Köra flera vagnar samtidigt
- Köra maskinen med en högre trådhastighet

Bilaga B – Idégenerering

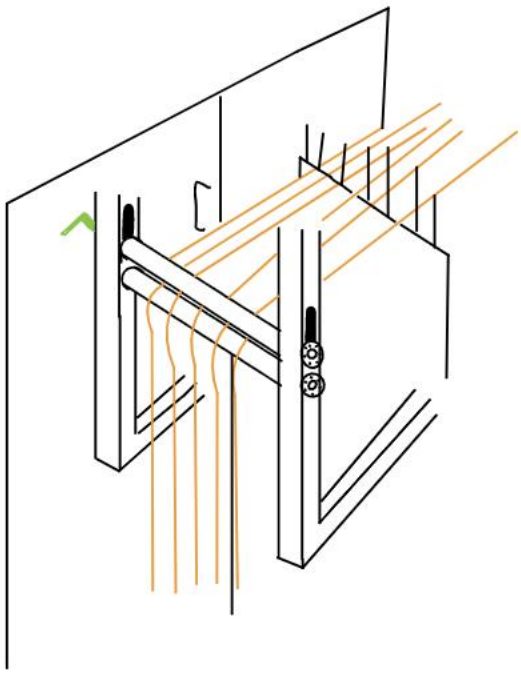
Baserat på brainstomring, undersökning på internet samt intervjuer genererades fem olika koncept. De framtagna koncepten fokuserar enbart på den delen av maskinen som utgör matningen, resterande delar av maskinen framställs baserat på hur denna del är utformad. Koncepten illustreras i skisser för att lättare kunna visa hur de fungerar.

Inget av koncepten är färdigställda utan det finns flera val som görs senare, dessa kan ändra utseendet på det. Exempelvis kan det första konceptet kunna utformas med olika profiler på valsarna, ett exempel skulle då kunna vara att de är utformade som kugghjul.

B.1 Koncept 1

Det första konceptet som togs fram består utav två valsarna i metall som har konstant diameter vid anliggning mot trådarna, konceptet illustreras i figur 26. En av dessa valsar kommer att vara kopplad till en motor som ger upphov till en rotation på valsen. Rotationen på den ena valsen ska även driva den andra med hjälp av friktion och ett tryck mellan dem. Detta skapar en dragkraft på trådarna riktad mot pallen.

De båda valsarna är fästa i ramen med hjälp av lager. De två infästningspunkterna på den ej drivande valsen har två olika lägen. Det ska vara möjligt att släppa trycket mellan valsarna och skapa en öppning mellan dem. Detta för att kunna förbereda en ny vagn utan att maskinen är i drift och på så sätt minska risken för klämskador.

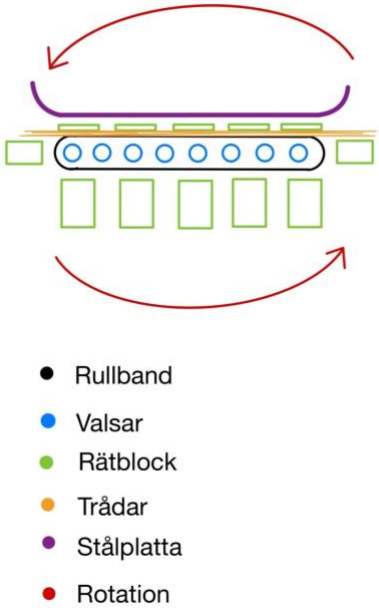


Figur 26; Skiss av Koncept 1

B.2 Koncept 2

Detta koncept består av ett rullband som drivs av flera roterande valsar, konceptet är illustrerat i figur 27 och 28. En av dessa valsar är drivande och med hjälp av band överförs energin till de resterande valsarna. Detta skapar en rotation på rullbandet. På rullbandet är flera rätblock av stål kopplade på sidan. Även rätblocken kommer att rotera i samma hastighet som rullbandet. På varje rätblock är en fjäder infäst, denna ger upphov till en kraft som gör att de i neutralt läge är vinkelräta mot rullbandet och ger då inget tryck mellan rullband och rätblock. När rätblocken roterar på ovansidan av rullbandet och hamnar ovanför trådarna pressas de ner av en stålplatta. Den pressar då ner rätblocken och skapar ett tryck mellan rätblocken och rullbandet, där trådarna ligger.

Stålplattan går att fälla upp när en ny vagn ska förberedas. Detta för att tillåta förberedning av maskinen utan att den är i drift vilket ökar säkerheten. När trådarna är i rätt läge ska man återigen kunna fälla ner den och starta maskinen.



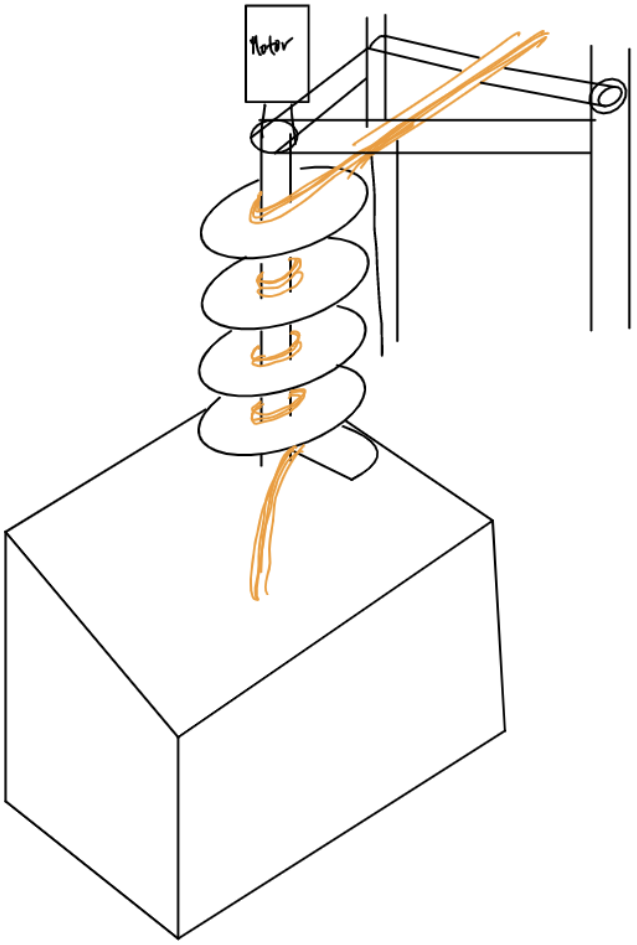
Figur 27; Skiss av Koncept 2 där de individuella delarna är utmärkta

Figur 28; Skiss av Koncept 2 som illustrerar fjädrarna under drift

B.3 Koncept 3

Detta koncept är utformat som en borr se figur 29. Borret roterar runt sin egen axel med hjälp av en motor som är fäst ovanför inmatningen av tråd. Tråden kommer matas på borret och matas nedåt med hjälp av spår, likt en omvänd isborr där tråden matas av nedåt. Längst ner på borret släpps tråden rakt ner i pallen.

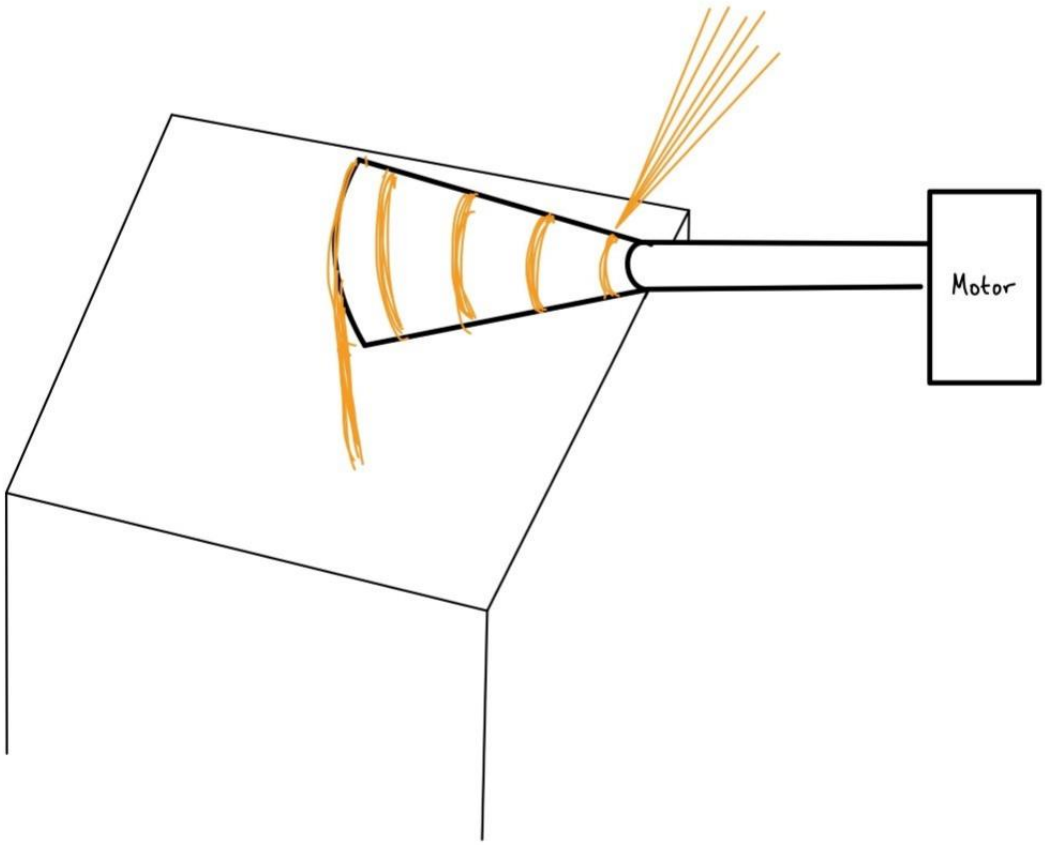
När man förbereder en ny vagn till detta koncept är maskinen avstängd och man lindar tråd utmed hela borrets längd.



Figur 29; Skiss av Koncept 3

B.4 Koncept 4

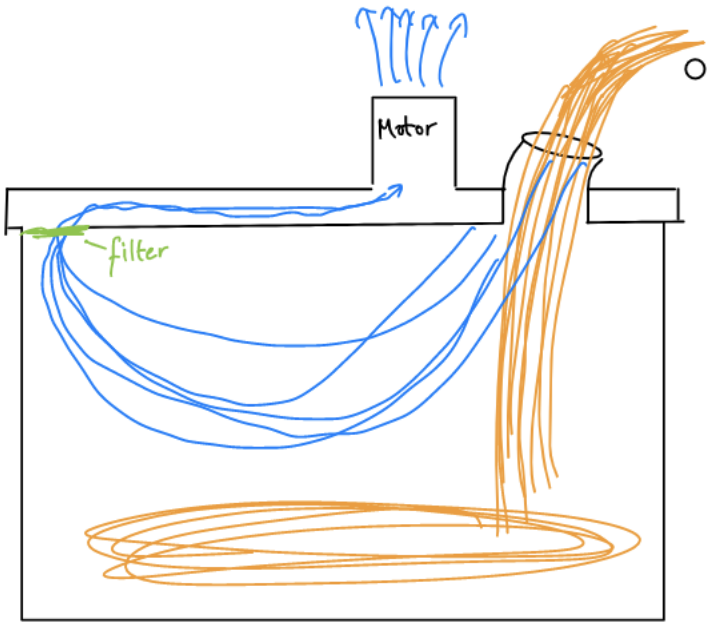
Det fjärde konceptet består utav en roterande kon och kan ses i figur 30. Konen är fäst i en drivande axel i ena änden som i sin tur är kopplad till en drivande motor som ger upphov till en rotation på konen. Tråden kommer då att matas i sidled på grund av den förändrade diametern utmed konen. Vid förberedelse av ny vagn är motorn avstängd och man lindar tråd utmed konans bredd.



Figur 30; Skiss av Koncept 4

B.5 Koncept 5

Detta koncept skapar en kraft likt en dammsugare se figur 31. Det består av en modul som fästs på ovansidan av pallen och skapar en lufttät infästning. På ovansidan av modulen sitter en motordriven fläkt som skapar en sugkraft genom pallen som matar tråden nedåt. Eftersom tråden är tyngre än luften kommer den att falla mot botten av pallen medans luften sugs ut på toppen av modulen. Mellan utrymmet för trådarna och utloppet för luften sitter ett filter som eliminerar möjligheten för att tråden ska sugas in i fläkten.



Figur 31; Skiss av Koncept 5

Bilaga C – Konceptutvärdering

För att kunna få en bättre bild av hur de olika koncepten fungerar i praktiken utfördes flera olika tester. När testerna var genomförda hölls en intervju med 3 anställda på Bolon där alla koncept och tester diskuterades för att sedan kunna välja ett koncept att gå vidare med.

C.1 Tester

Det första testet som gjordes var att enbart köra maskinen som den är idag. Detta för att få en referens att utgå från. I detta test syns hur trådarna dras mot sidan av pallen och att en del hamnar på golvet bredvid efter att de dragits ner från hjulen, se figur 32.

Figur 32; Referensbild för tester

C.1.1 Jordning

Det första testet var att jorda tråden på olika ställen. Tråden jordades då bland annat vid fördelaren som sprider ut tråden idag, se figur 33. Detta gav inget bra resultat, se figur 34.

Figur 33; Första jordningsförsöket vid fördelningen

Figur 34; Resultat från första jordningsförsöket

Efter detta jordades tråden vid nedsläppet mellan hjulen och pallen, se figur 35. Jordkabeln fästes då i en stålstång som trådarna hade kontakt med. Detta gav inget bra resultat.

Figur 35; Andra jordningsförsöket vid utloppet från matningen

Sista jordningen som utfördes var att fästa stålstången i tråden som redan ligger i pallen, se figur 36. Denna gång såg vi att tråden inte fastnade lika mycket på kanterna som i referenstestet.

Figur 36; Tredje jordningsförsöket i pallen

C.1.2 Tratt

För att pröva om det var möjligt att leda ned tråden i pallen trots den statiska laddningen testades möjligheten att använda en tratt. Tråden träddes då genom tratten som bestod av en pappspole som används i en annan del av produktionen. Tratten placerades sedan precis efter utloppet av trådarna. Tråden föll då rakare samt att ingen tråd föll ur tratten eller utanför pallen, se figur 37.

Figur 37; Test av tratt

C.1.3 Tratt i kombination jordning

För att se effekten av jordningen utfördes ett test där både tratt och jordningskabel användes. Tratten placerades då långt ner från hjulen eftersom den hade sämre effekt där, och därmed få ett tydligare resultat.

Till att börja med användes enbart en tratt långt ner från matningshjulen för att få en referens att utgå från, se figur 38.

Figur 38; Referensbild av användning av tratt långt ifrån utloppet från matningen

Därefter placerades återigen stålstången i pallen med trådarna och jordningskabeln fästes på stången. En tydlig skillnad sågs då på hur lite tråden sprider sig efter utloppet mellan hjulen, se figur 39. Bilderna är tagna 5 sekunder efter att maskinen startades då detta är tillräckligt länge för att se skillnad.

Figur 39; Referensbild av användning av tratt långt ifrån utloppet från matningen och jordningsförsök tre

C.1.4 Tryckluft

För att testa möjligheten att använda tryckluft som drivkraft av tråden konturerades en tratt med hjälp av wellpapp, en pappspole och tejp. Tryckluften placerades då vid utloppet av tratten genom wellpappen. Tråden matades då in från toppen av pallen men utan motståndet som finns från vagnen, se figur 40. Resultatet av testet var att tryckluften inte klarade av att bygga upp tillräcklig kraft för att skapa ett flöde av tråd genom tratten.

Figur 40; Test av matningen via tryckluft

C.1.5 Isborr

Det testades även med en isborr. Eftersom en isborr matar is uppåt och tråden ska matas nedåt testades enbart om det gick att bygga upp nog kraft för att kunna mata tråden. Isborren klarade av att mata tråd uppåt när den roterades men en del trådar hamnade mellan spåren vilket stannade processen på grund av trassel, se figur 41.

Figur 41; Resultat av test via isborr

C.1.6 Borr

I detta test lindades en tråd upp på en borr som var fäst i en skruvdragare, se figur 42. När tråden var lindad startades skruvdragaren. Detta resulterade i att den upplindade tråden fördes nedåt men ingen ny tråd matades in på borren.

Figur 42; Test med skruvdragare

C.1.7 Dragtest

En avgörande faktor vid drivning med hjälp av friktion är kraften som krävs för att dra alla trådar från spolarna. Genom att fästa dem på en dynamometer uppmättes motståndet som finns när trådarna avlägsnas från vagnen. Resultatet av testet var att motståndet som uppstår var ungefär 95 N (motsvarande ca 9,5 kg på dynamometern), se figur 43.

Figur 43; Dragtest

C.2 Konceptutvärdering med uppdragsgivare samt operatörer

Efter att testerna utförts och koncepten var genererade genomfördes en intervju med uppdragsgivaren, avdelningschefen för den aktuella avdelningen samt en operatör. Intervjun var uppdelad i två delar där vi först diskuterade alla koncept individuellt och sedan diskuterade vilket av koncepten som var bäst lämpat.

C.2.1 Genomgång av koncept med Bolon

Under denna del diskuterades alla koncept individuellt, alla positiva och negativa aspekter togs upp. Här sammanfattas de synpunkter som togs upp under mötet med representanterna från Bolon.

Koncept 1
Konceptet är simpelt vilket ger utrymme för framtida ändringar. Det har dessutom bra säkerhetsaspekter och goda möjligheter för att reducera den statiska elektriciteten. Laddningen av en ny vagn med spolar är simpel vilket effektiviserar arbetet. Däremot finns det en risk att trycket på trådarna kan variera samt att trådar överlappar varandra vilket kan påverka friktionen. Det finns dessutom en risk att trådarna fastnar på valsen och roterar med den vilket kan medföra driftstopp.

Koncept 2
Denna lösning har en snabb igångsättning och det är simpelt att förbereda en ny vagn. Eftersom konceptet har flera angreppspunkter bör inte friktionen vara ett problem vilket ger en bra drivning. Konceptet är dock komplicerat då det finns många rörliga delar. Det finns även en risk att den inte kan köra i den hastigheten som önskas.

Koncept 3
Detta koncept kan bli för komplicerat och tiden det tar att förbereda maskinen för en ny vagn med spolar kan bli för lång.

Koncept 4
Detta koncept borde fungera men det kan bli svårt att konstruera. Det finns en risk att trådarna glider av konan och att den inte uppnår den önskade hastigheten.

Koncept 5
Det kan bli svårt att uppnå den kraften som krävs för att dra trådarna och därmed finns det risk att den inte klarar av uppgiften. Däremot bör den lösa många av problemen som uppstår på grund av statisk elektricitet.

C.2.2 Rekommendation av koncept från Bolon

Efter diskussion om alla koncept med de tre representanterna från Bolon fick de ge sin rekommendation. Efter att de vägt för- och nackdelar rekommenderade de Koncept 1.

C.3 Egen konceptutvärdering

För att sammanfatta för och nackdelar med varje koncept gjordes en tabell där våra åsikter framförs. Tabellen är sammanställd i tabell 3.

Tabell 3; Egna tankar kring koncepten

Koncept	Positivt		Negativt		
1.	Simpel	Få rörliga delar och vinklar	Jämnt tryck	Fördelning av trådar	
2.	Mindre känslig för fördelning av trådar	Flera angreppspunkter	Komplicerad	Många rörliga delar	Svårt att göra tester
3.	Bra grepp om trådar	Få rörliga delar	Ladda ny vagn	Hastighet	Lång ställtid vid eventuellt trassel
4.	Simpel	Få rörliga delar	Hastighet	Kraftfördelning	Mekanisk hållbarhet
5.	Säkerhet	Låg höjd	Komplicerad	Dragkraft	Prestanda vid full pall

Från tabellen och diskussioner var Koncept 1 det som var bäst lämpat enligt oss.

C.4 Val av koncept

Efter diskussioner med Bolon och att våra åsikter framförts valdes koncept 1 som det bäst lämpade att gå vidare med. Detta då det ansågs som ett enklare koncept med få delar som rör sig vilket är en stor fördel då det är färre delar som kan orsaka driftstopp. Koncept 1 ansågs även vara det som hade störst potential att uppfylla alla de krav som var satta på maskinen, framförallt när de kom till dess fördelar under drift. Även fast de finns nackdelar i det området sågs dem som lösningsbara vid en vidareutveckling av konceptet.

Bilaga D – Slutgiltigt koncept i detalj

I följande bilaga beskrivs alla delsystem i det slutgiltiga konceptet i detalj där de val som gjorts förklaras.

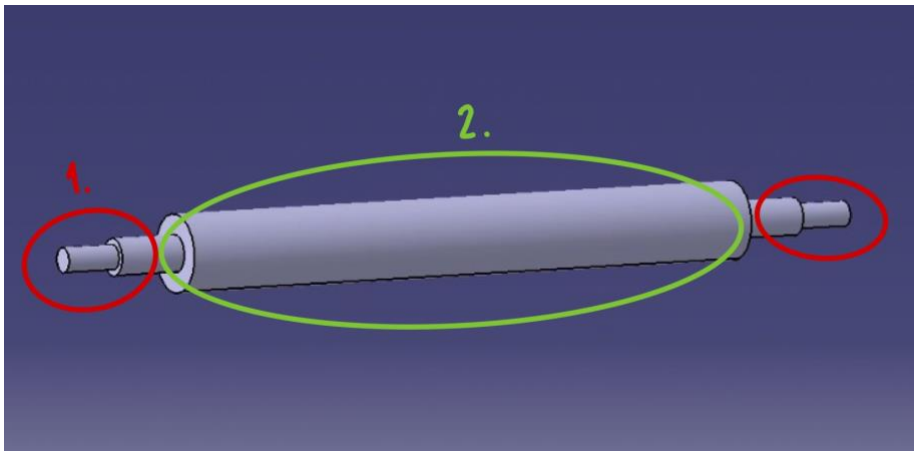
D.1 Matningsvalsar

Valsarna är den delen av maskinen som kommer genomföra matningen av trådarna. Med hjälp av Bolon fick vi kontakt med Triton, ett företag de hade arbetat med innan som producerar valsar. Eftersom de har specialkunskap i området rådfrågade vi dem för att kunna göra val som fungerade för konstruktionen.

D.1.1 Utformning

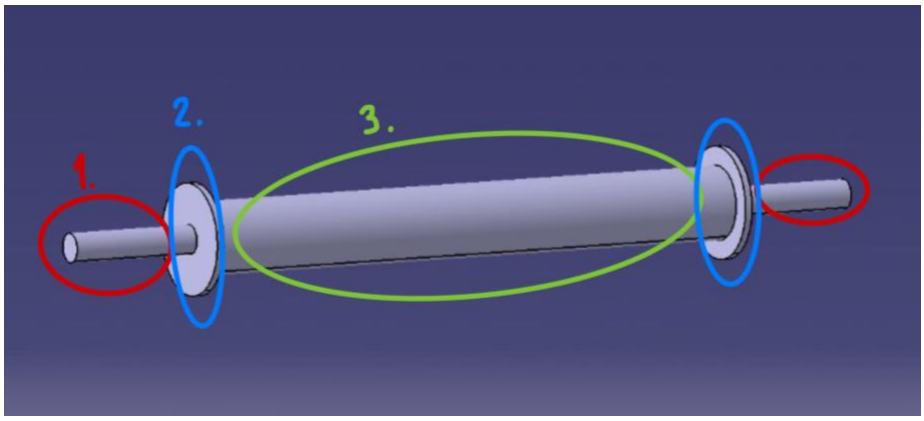
Här förklaras hur de båda valsarna är designade och utformade.

Motvals:
Motvalsen består utav två infästningspunkter till lager och en kontaktyta mot trådarna, se figur 44. Axeltapparna har en diameterändring som agerar som en låsning till lagret och änden på valsen är gängad där det fästs en M16 mutter. Detta för att fästa den i lagret från båda håll. Valsen drivs via friktion och rotation från drivvalsen.

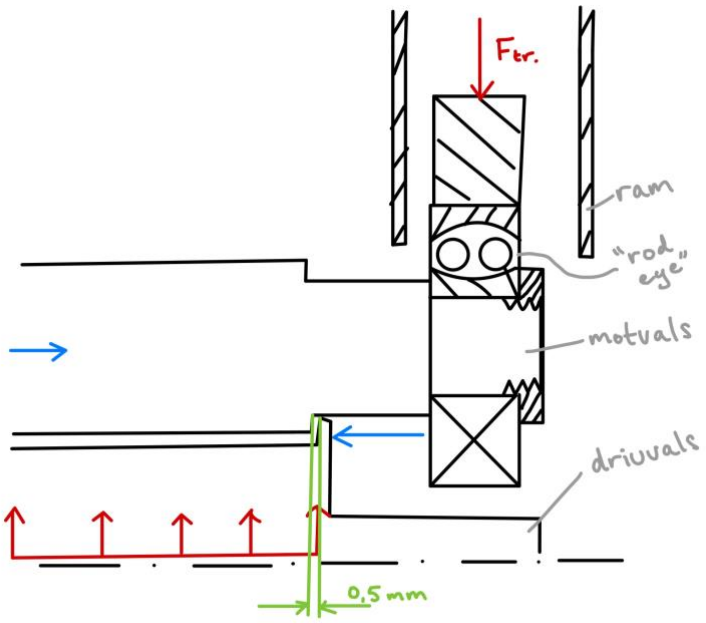


Figur 44; Motvals, 1.Infästningspunker 2.Kontaktyta mot trådar

Drivvals:
Drivvalsen består utav två infästningspunkter mot lager, en kontaktyta mot trådarna och två stopp för trådar, se figur 45. Kontaktytan mot trådarna är 1 mm längre än motvalsen för att undvika kontakt mellan dem. Efter kontaktytan finns två stopp som motverkar möjligheten för trådarna att roteras runt axeltapparna, dessa tar även upp eventuell axiell kraft som kan uppstå under drift, se figur 46. Den ena infästningspunkten kommer att vara monterad i motorn och driva hela maskinen och även i ett lager för att ta upp radiell kraft.



Figur 45; Drivvals, 1. Infästningar 2. Trådstopp 3. Kontaktyta med trådar

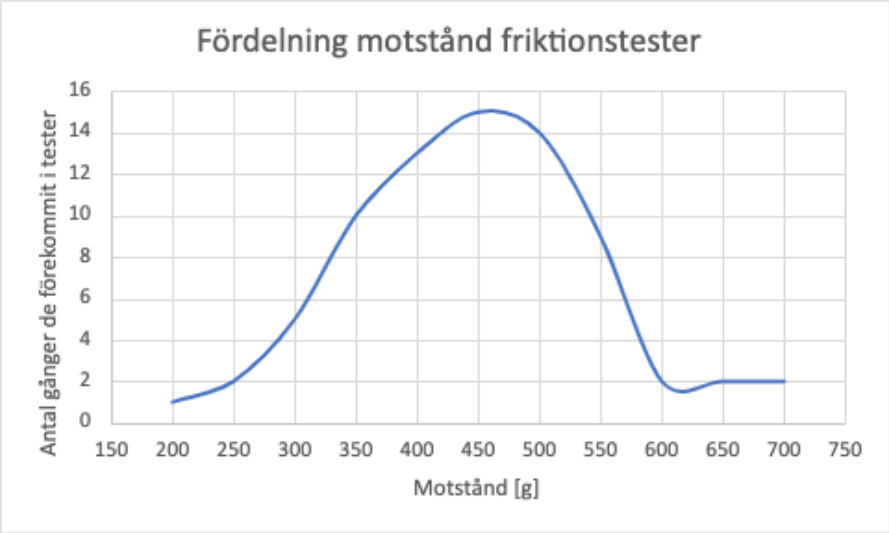


Figur 46; Lageranordning kring motvals

D.1.2 Material

För att undersöka om stål var ett lämpligt material vid kontaktytan mellan trådarna och valsarna gjordes tester för att ta reda på den ungefärliga friktionen mellan stål och tråd. Testerna som gjordes bestod av att två kvadratiska stålstänger som placerades på varandra med en tråd emellan. För att kunna hitta en friktionskoefficient mellan tråden och stålet mättes normalvikten från den övre stålstången upp samt kraften som krävdes för att dra tråden framåt. Kraften som krävdes för att dra tråden framåt varierade under varje test eftersom hastigheten kunde variera något. Det utfördes 19 tester.

Detta resulterade i ett intervall av olika motstånd per test. Det högsta och lägsta värdet noterades varje gång. Det adderades en enhet varje gång det förekommit i ett test på y-axeln. Exempelvis kunde 400 finnas som lägsta värde, högsta värde eller där emellan. Detta illustreras via en graf i figur 47.



Figur 47; Diagram som visar resultat från friktionstester, där det illustreras antalet gånger ett motstånd förekommit i tester

Det uppstod då en normalfördelningskurva som når sin topp mellan 450 och 500 g. För att vara säkra på att få trovärdiga resultat användes den lägsta uppmätta vikten vid beräkningar, 200 gram. Den resulterande friktionskoefficienten uppmättes då till ungefär 0,18.

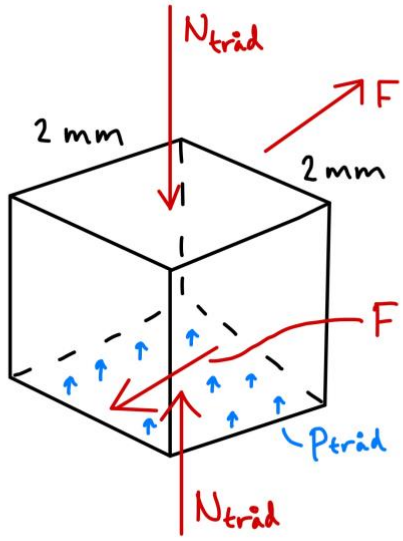
För att kunna översätta friktionskoefficienten till det tryck som behövde appliceras på valsarna för att uppnå den önskade friktionen genomfördes beräkningar med en förenklad modell. För att beräkna detta räknades först trycket per tråd ut för att sedan översättas till det totala trycket som krävdes. Vid beräkningar antas att kontaktytan mellan en tråd och valsarna vara 2 * 2 mm och att kontaktytan mellan valsarna är 400 * 2 mm. Tryckkrafterna på 500 N från vardera sida av valsen kommer från Festos pneumatiska cylindrar[10] där det rekommenderas att användas 50 % av vad de pneumatiska cylindrarna teoretiskt klarar av och de valda cylindrarna ger enligt katalogen 1000 N vardera.

Erforderlig kraft att dra av alla 80 trådar från spolarna från en vagn enligt bilaga C.1.7:

$$F_{80} = 95\ N$$

$$\mu = 0{,}18$$

Illustration av kraftsamband vid beräkningarna för kontaktytan mellan en tråd och valsarna:



Eftersom antalet trådar (=antalet spolar på vagnen) blir den genomsnittliga dragkraften på en tråd:

$$F = \frac{95}{80} = 1{,}1875\ N$$

[10] (Festo, 2021)

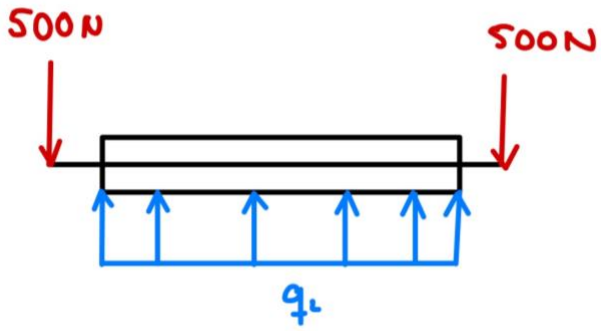
Med friktionstalet μ = 0.18 mellan tråd och drivvalsen blir erforderlig normalkraft:

$$N_{tråd} = \frac{F}{\mu} = \frac{1.1875}{0{,}18} \cong 6.59\ N$$

$$Antag\ att\ A_{kontakt} = 0.002^2\ m^2$$

Med kontaktarean $A_{kontakt}$ = 0,002^2 m^2 mellan tråd och valsarna blir det erforderligt kontakttryck på en tråd:

$$P_{tråd} = \frac{N_{tråd}}{A_{kontakt}} = \frac{6.59}{0.002^2} \cong 1.65\ MPa$$



Med tryckkraften 500 N på vardera sida av motvalsen blir den uppkomna lasten per breddenhet, q, på alla trådarna som bestäms enligt följande:

$$500 + 500 = q * L \Rightarrow q = \frac{1000}{0{,}4} = 2500\ N/m$$

Med trådbredden 2 mm blir då kontakttrycket på en tråd:

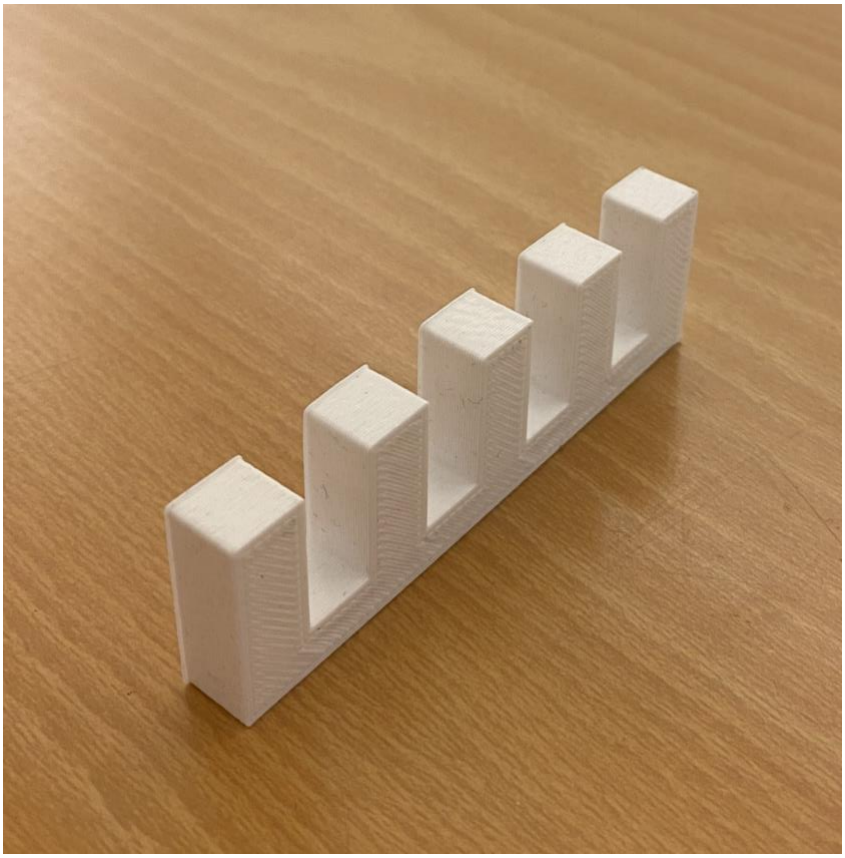
$$P_{tot} = \frac{2500}{0{,}002} = 1.25\ MPa < 1{,}65\ MPa\ !$$

Med denna information kontaktades Triton, ett företag som Bolon tidigare arbetet med när de köpt valsar. Situationen som vi befann oss i diskuterades med dem och vi kom fram till att använda gummi som material för kontaktytan med trådarna var lämpligt. Denna beläggning skulle vara 10 mm. De rekommenderade även att använda en stålkärna hos valsarna för att uppnå styrkan och styvheten som krävs.

D.2 Fördelning

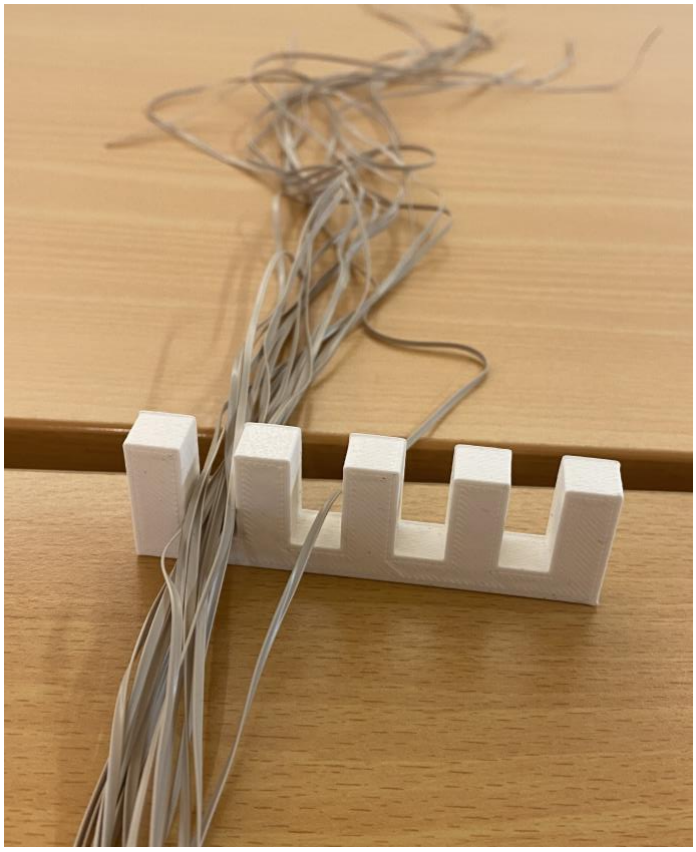
Under konceptutvärderingen framkom det att fördelningen av tråden var viktig för konstruktionen. Andra faktorer som var viktiga var att det inte skulle ta för lång tid att förbereda en ny vagn. Med dessa krav framställdes en CAD-modell.

Konstruktionen behövde då testas fysiskt för att se hur fördelningen av tråden blev vid användning. En mindre modell gjordes i CAD och prototypen skrevs ut i en 3D printer. Ett test utfördes med prototypen där mängden trådar anpassades korrekt efter modellens bredd var det samma som i den framtida lösningen, se figur 48.

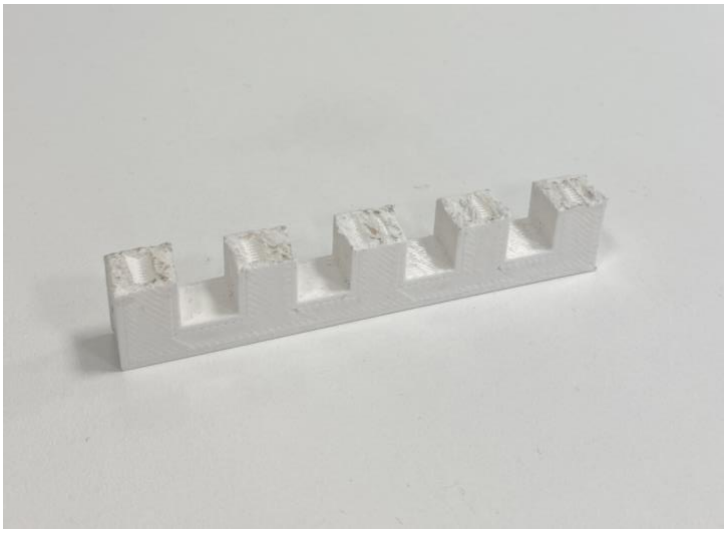


Figur 48; Prototyp fördelare

Genom detta test framkom att hålrummen var för stora och att det blev en ojämn fördelning av trådar, se figur 49. Upphöjningarna halverades för att se om resultaten förbättrades, vilket det gjorde, se figur 50.

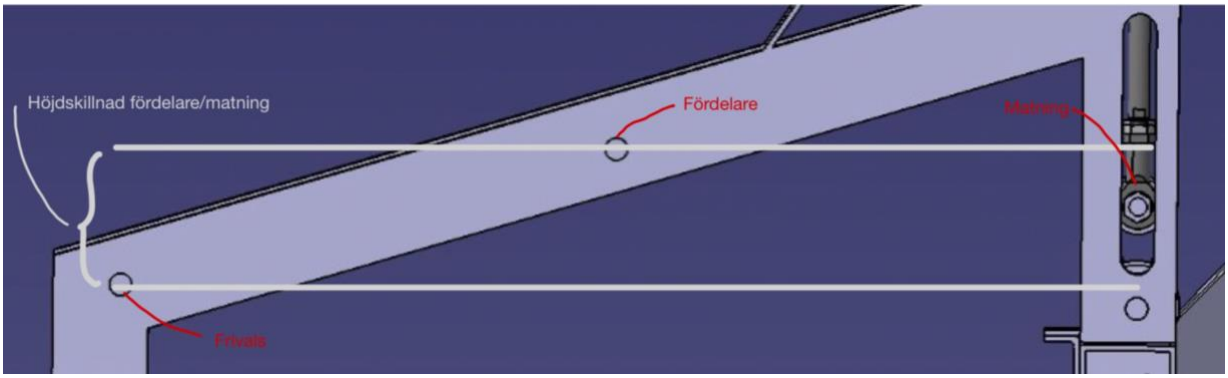


Figur 49; Ojämn fördelning prototyp



Figur 50; Prototyp med halverade upphöjningar

För att minska motståndet som uppstår valdes en rund konstruktion som fästs i lager. Fördelaren kommer även var upphöjd jämfört med drivningen och inmatningen för att eliminera möjligheten att trådarna glider av fördelaren och reducera möjligheten att de rör sig mellan utrymmena, se figur 51.



Figur 51; Fördelarens höjdskillnad

D.3 Motor

För att se att det skulle vara möjligt att driva den tänkta konstruktionen gjordes en enklare beräkning med en 3-fas asynkronmotor från en lämplig tillverkare, i detta fall ABB. Från dragtestet i bilaga C.1.7 fås att kraften det krävs för att dra trådarna är ca 95 N. För att ta hänsyn till eventuella fel i mätningen av kraft samt ökade krafter från fördelningsvalsen lades en säkerhetsfaktor på tre till vilket resulterade en kraft på 285 N. Med drivvalsens diameter 50 mm blir momentet som den matande valsen ska förse är då 7,125 Nm. Från ABB:s katalog valdes motor M2BAX 90SA 4, 4 poler - 1500 rpm[11] med följande värden:

- P_{ut}: 1,1 KW
- Speed (rpm): 1447
- T_n: 7,35 Nm

Dessa värden, antaget standard asynkronmotordiagram, ger följande varvtal för motorn vid konstant belastning och effekt. Interpolering användes för att beräkna varvtalet.

$$\frac{7{,}125}{7{,}5} = \frac{1500 - n_b}{1500 - 1447} \Rightarrow n_b \cong 1449\ (rpm)$$

$$P_b = w_b * M_b = n_b * \left(\frac{2 * \pi}{60}\right) * M_b = 1449 * \left(\frac{2 * \pi}{60}\right) * 7{,}125 = 1081{,}13 \cong 1{,}08\ kW$$

Dessa uträkningar är inte exakta utan bara grova estimeringar för att säkerställa att det finns motorer som skulle klara av att direkt driva matningsvalsen och uppnå den önskade matningshastigheten. Vid ett eventuellt bygge av maskinen skulle en noggrannare beräkning behövas för att fastställa en lämplig motor.

[11] (ABB, 2018)

Reglering av hastighet för en asynkronmotor sker via att antingen använda sig av frekvensomvandlare eller anpassa antalet poler och belastning för att få önskad hastighet. För en lättare reglering av hastighet skulle det vara möjligt att se över om en likströmsmotor går att använda då de räcker att implementera en reglerbar resistans för att minska/öka varvtalet.

D.4 Pressmekanism

För att kunna höja säkerheten för operatörerna skulle det vara möjligt att höja motvalsen vid laddning av en ny vagn, samtidigt skulle det önskade trycket vara möjligt att bygga upp. Då valdes tryckluftscylindrar och viktiga parametrar för lösningen var då kraft och slaglängd. Bolon har tidigare arbetat med Festo för inköp av lösningar som dessa. De kontaktades för att diskutera vilken lösning som var bäst lämpad för ändamålet. Genom deras kataloger valdes två stycken DSBC-50-300-PPSA-N3 som tryckluftscylindrar då de kunde uppnå den önskade kraften och slaglängden.

Festo har även produkter för infästning som är anpassade för deras produkter. Deras HNC-50 fäste valdes då eftersom de kommer att klara de krafter som kommer att tillsättas.

Slutligen valdes även lager som är anpassade för infästningen mot slagkolven. Lagerna klarar av de krafter som uppstår vid användning av cylindrarna och har innerdiametern 16 mm. Motvalsen anpassades då för detta mått eftersom det styrde denna del av konstruktionen. De valda lagerna är tagna från Durbal och kallas BRF 16-01-501.

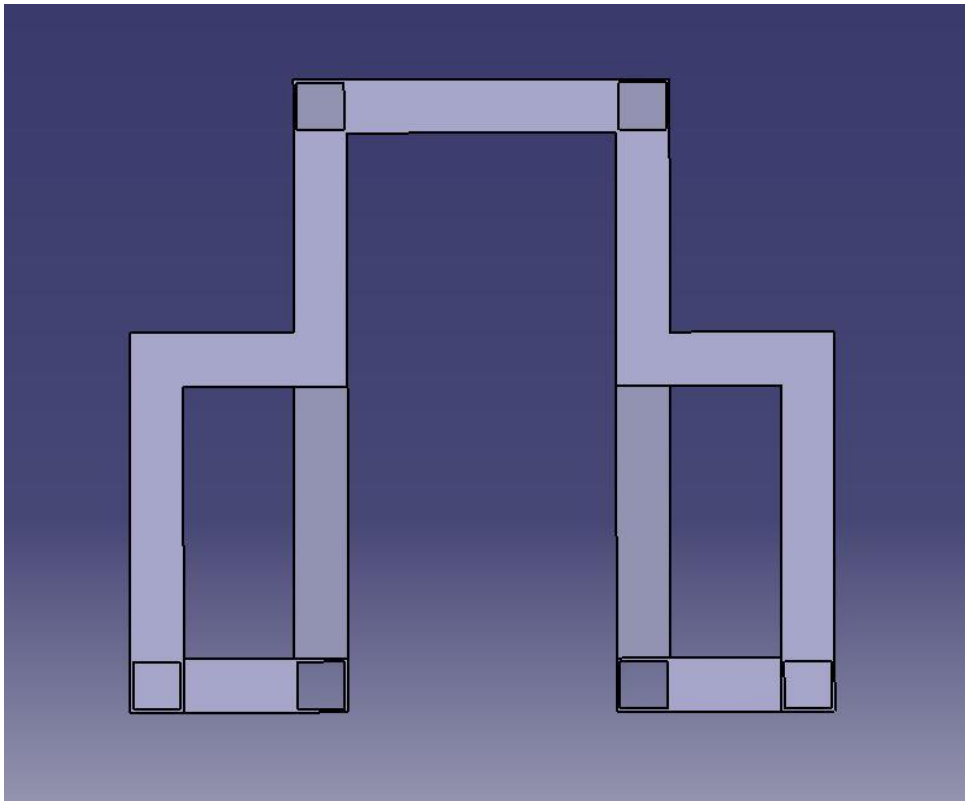
D.5 Ram

Ramens primära uppgift är upprätthålla alla delar i sin position. Viktiga faktorer är därför form, tvärsnitt, hållfasthet samt infästningar. Från förundersökningen framkom det även att arbetshöjden var en viktig aspekt vid konstruktionen av ramen.

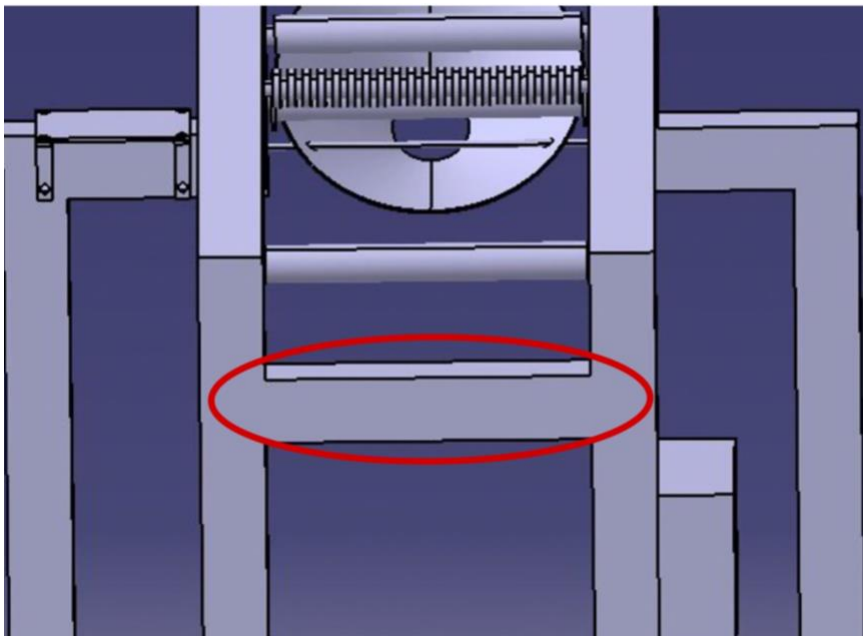
D.5.1 Utformning

Utgångspunkten vid designen av ramen var pallens mått då detta begränsade höjden. Eftersom inget begränsade bredden på ramen valdes ett lägre mått än dagens lösning för att minska material- och platsåtgång. Tidigt vid konstruktionen valdes en lutning på den övre delen för att även där minska materialåtgången då det inte var nödvändigt med en stor höjd vid ingången av tråden. Tråden ska gå under en ingångsvals, sedan över fördelaren och sedan ner igen genom matningen. Ovanför matningen är tryckluftscylindrarna placerade, därför krävdes en högre höjd. Vid dessa förekommer dock inget regelbundet arbete vilket gör att det inte klassificeras som arbetshöjd.

Kontakten som ramen har med golvet var designat efter ovansidan då vi ville minimera sneda laster. I sidled upprätthåller ramen sin form genom en extra tvärbalk men även genom alla valsar, se figur 52 och figur 53.

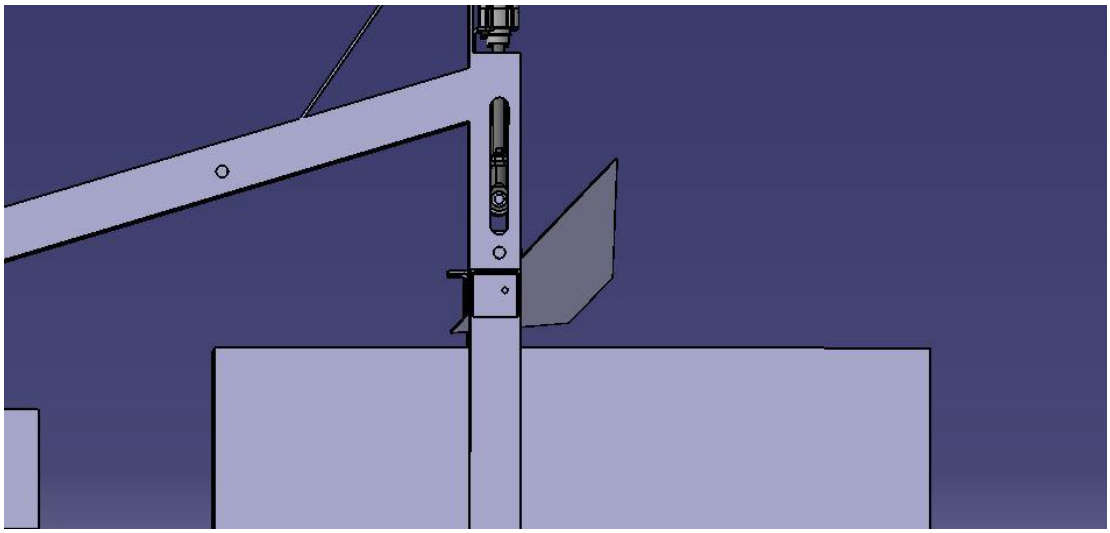


Figur 52; Bottenplatta på ramen som har kontakt med golvet



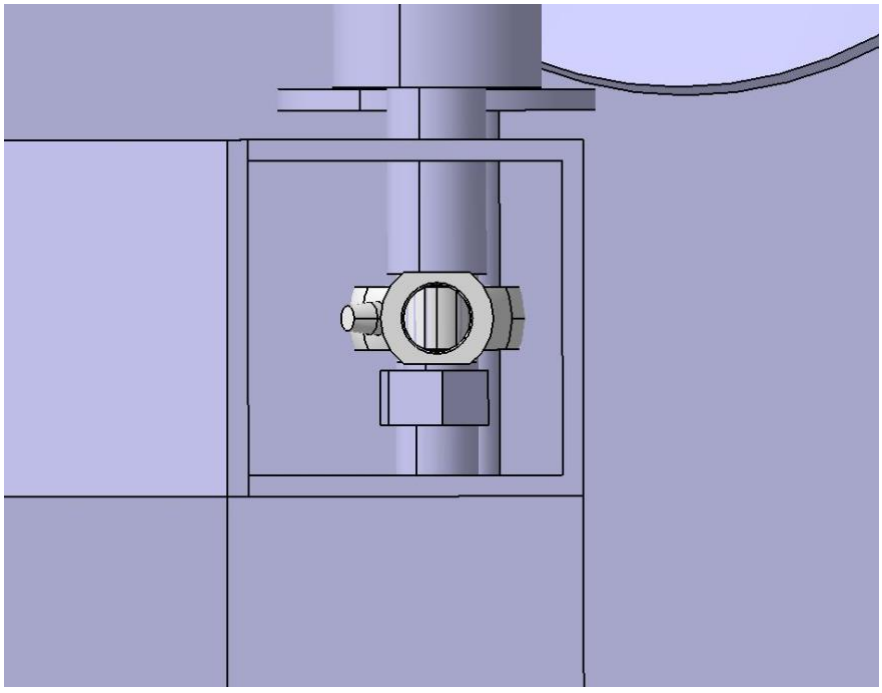
Figur 53; Tvärbalk på ramen

För att sprida ut trådarna bättre i pallen, går det att föra in pallen under matningen så att trattens utlopp placeras ungefär i mitten av pallen, se figur 54. Pallen positioneras via olika delar på ramen. Djuppositioneringen justeras genom ramens botten och justeras i sidled via de två stående balkarna.



Figur 54; Utlopp placerat på mitten av pallen

Det som begränsar balkarnas tvärsnitt är främst tryckluftscylindrarna. Lagren som är fästa i motvalsen kräver utrymme inuti ramen. För att möjliggöra detta används ett kvadratiskt tvärsnitt med yttermåtten 85x85 mm där väggarna är 5 mm breda, se figur 55. Detta tvärsnitt är genomgående för hela ramen.



Figur 55; Arbetsyta för lager i ramen

D.5.2 Material

Materialet på ramen är stål, detta då stål är billigt och finns i standardstorlekar som är enkla att inköpa och stål är lätt att sammanfoga samt bearbeta. Stål har även fördelaktiga materialegenskaper då maskinen inte ska lyftas eller förflyttas är vikten på ramen inget problem, samtidigt som till exempel hög styvhet kan ta upp laster väl.

D.5.3 Tratt

Trattens uppgift är att leda tråden till pallen. Det framkom att detta var en viktig del av lösningen efter testerna som utfördes i konceptutvärderingen. Genom en tratt kan man reducera trådarnas möjlighet att sprida ut sig i pallen och då även hamna utanför. Tratten är placerad direkt efter utloppet från matningen och den största diametern täcker hela sträckan som trådarna kan befinna sig på. Utloppet för tratten är på en lägre höjd än inloppet för att minska möjligheten att trådarna åker utanför. Tratten är konformad för att man enkelt ska kunna tillverka den.

En trattstång kommer att hålla upp tratten genom två hål i tratten och sedan fästas i ramen. Alla dessa infästningspunkter ska vara svetsade för att tratten inte ska kunna rotera från sitt läge.

D.5.4 Infästningar

För att kunna fästa alla delar i ramen krävs flera infästningar. Alla infästningar är gjorda för att fungera till den produkt som den bär. De infästningar vi fokuserat mest på är de för matningen. På alla infästningar för valsar ska lager monteras. Därför kan diametern på dessa hål ändras beroende på vilket lager som väljs.

Utöver infästningar för valsarna finns även en infästning för motorplattan. Motorplattans storlek och dess infästningar går att ändra efter att motor valts. Slutligen finns även infästningar för tratten. Eftersom denna inte ska kunna rotera anpassades hålen efter trattstången.

D.6 Jordning

Under testerna som utfördes i konceptutvärderingen undersöktes var den statiska laddningen befinner sig i dagens maskin. Genom testerna framkom det att den främst är lokaliserad i tråden som samlas i pallen efter matningen. Resultatet av testet visade att det var möjligt att reducera den negativa effekten av laddningen genom att leda bort den statiska elektriciteten via stålstänger och ledningar i pallen.

Den slutgiltiga lösningen var fyra stålstänger som är fästa i varje hörn av pallen. Varje stålstång är kopplad till en jordningskabel som leder energin till takbjälkarna ovanför maskinen. Genom att leda elektriciteten dit försvinner risken att någon ska få en stöt när de arbetar vid maskinen. Denna lösning är riggad vid dagens maskin på Bolon och ska vidare analyseras för att utvärdera effekterna.

Om jordningen av pallen inte uppnår önskad effekt är nästa steg att se över möjligheten att reducera den statiska elektriciteten med hjälp av ett passivt antistatsystem. Detta skulle exempelvis kunna vara en avjoniseringsborste som fästs på ramen ovanför fördelaren.

D.7 Lager

Lagren som håller den drivande valsen har inte tagits fram då det inte är bestämt några livslängdskrav eller exakta hastigheter. Det finns dock några begränsningar som behöver sättas på lagren. Geometriskt måste de hålla valsen med en axeltappdiameter på 20 mm samt få plats på ramen. Sedan måste ett av lagren kunna ta upp en eventuell axiellkraft dels från den drivande valsen men även från motvalsen. Dessa axialkrafter är inte förbestämda då de ej existerar i en perfekt värld. Sedan måste varje lager klara en radiell kraft på upptill 1000 N beroende på vilket tryck som behövs för att trådarna ska matas. Detta då det är maximal kraft som de pneumatiska cylindrarna kommer att kunna trycka med. För att fästa lagren rekommenderas att använda färdiga lagerhusanordningar som monteras på ramen. Vid anpassning av lager och lagerhus kan förändring av valsens axeltappdiametrar göras. Även ramens tjocklek och/eller dess tvärsnitt kan ändras för att hitta bra lageranordningar.

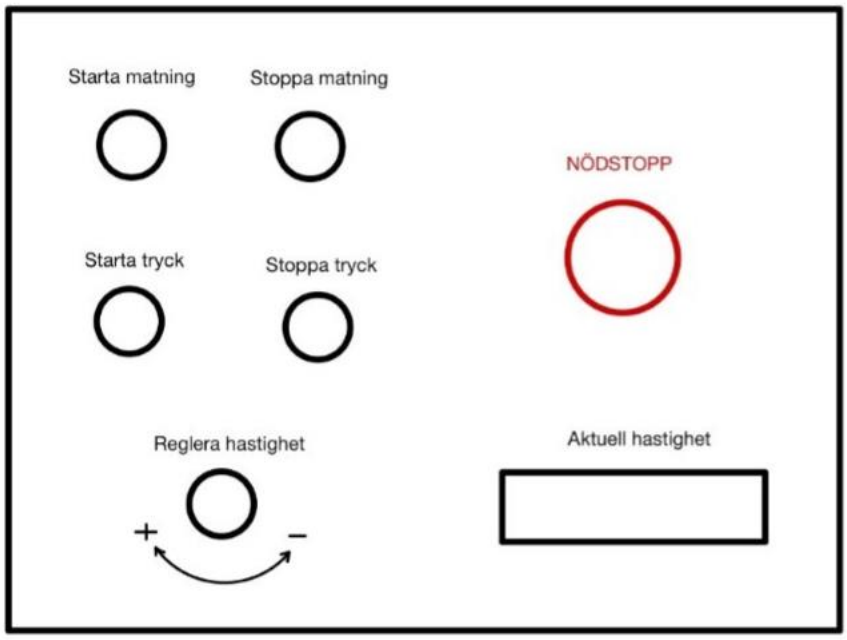
Gällande frivalsen och fördelaren behövs en vidare undersökning göras för att se om lager verkligen är nödvändigt för dessa valsar.

D.8 Instrumentbräda

På instrumentbrädan kommer endast de mest nödvändiga knapparna att finnas. Alla knappar som styr delarna på maskinen kommer vara placerade på samma ställe eftersom detta uttryckts som ett behov från operatörerna. Fördelaktigt finns även en panel som visar den aktuella hastigheten på maskinen. Knappar som kommer att finnas på instrumentbrädan är:

- Starta matningen av valsarna
- Stoppa matningen av valsarna
- Starta tryck mellan valsarna
- Stoppa tryck mellan valsarna
- Vred för att reglera hastigheten på matningen
- Nödstopp

En möjlig design på instrumentbrädan kan ses i figur 56.

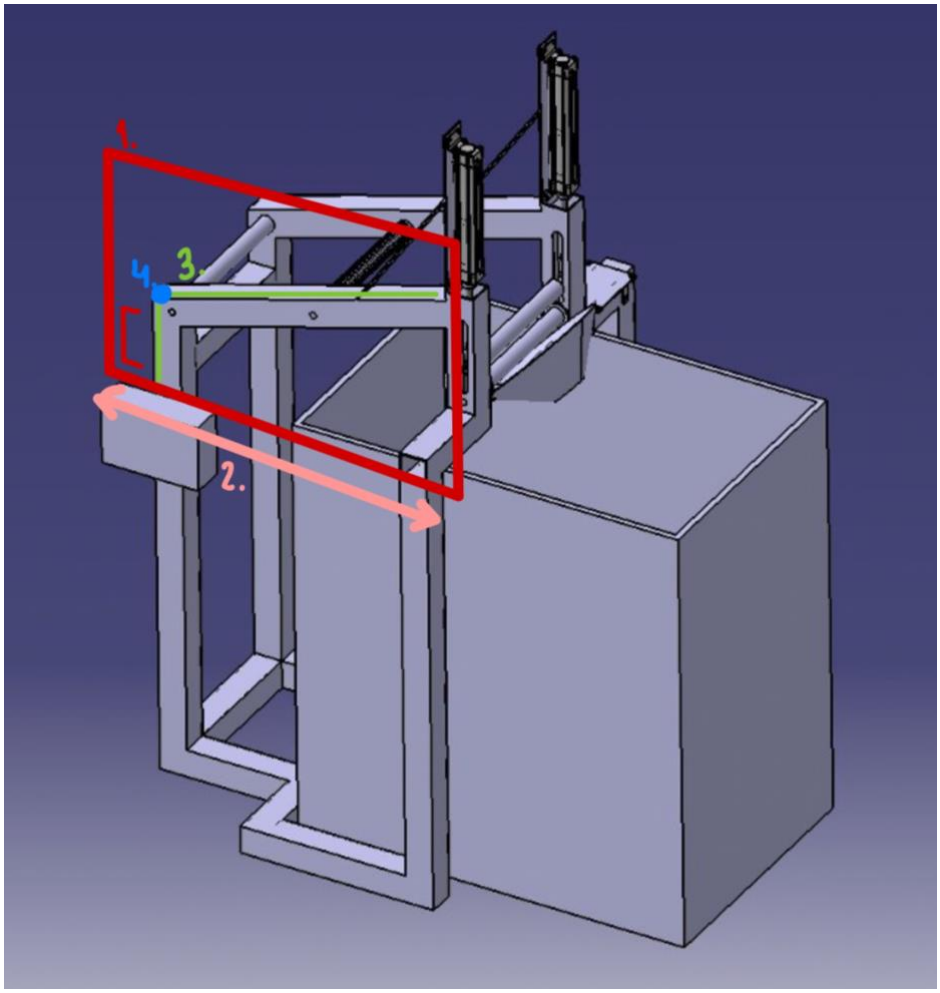


Figur 56; Eventuell layout för instrumentbrädan

Instrumentbrädan kommer att vara placerad på en höjd om 110 cm för att göra den lättillgänglig för alla olika kroppstyper.

D.9 CE-märkning/säkerhet

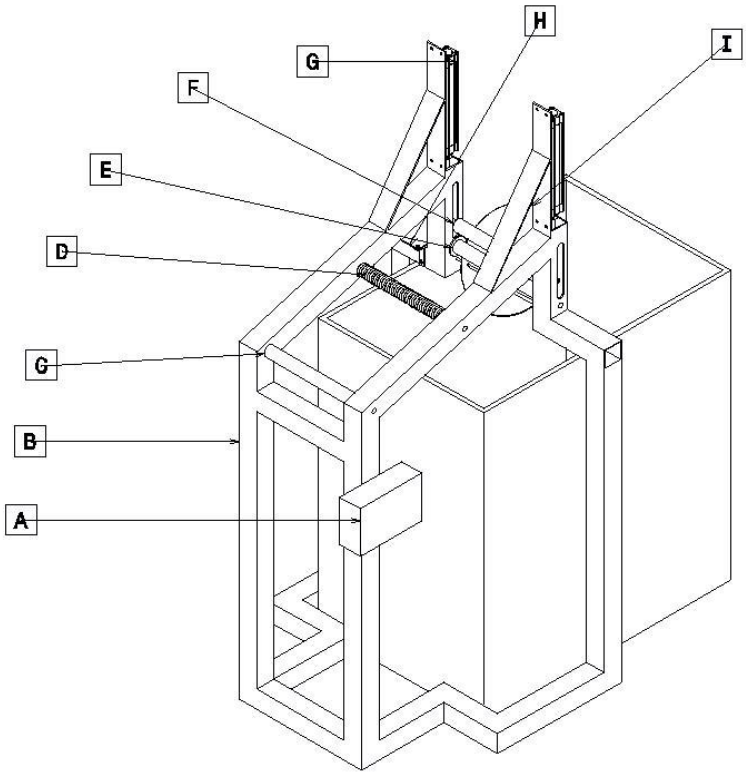
Efter uppbyggnad är målet att maskinen ska vara CE-märkt, vilket indikerar att maskinen är säker att använda. CE-märkning är inget som maskinen får i förväg utan en klassning den får när den är framställd. Efter konsultation med Bolon konstaterades det att maskinen i dess nuvarande tillstånd är på god väg att kunna CE-märkas men att små detaljer troligtvis behöver tilläggas efter uppbyggnad. Detaljer som inte är uppritade på maskinen idag men som är tänkta att finnas vid ett eventuellt bygge av maskinen är ett skydds-glas/galler (1) vid de matande valsarna se figur 57. Utöver det ska en sensor eller brytare (4) installeras som bryter strömmen till motorn samt tryckluften om skyddsglaset/gallret inte är fördraget eller om det dras bort under körning. Den bryter alltså strömmen till maskinens alla rörliga delar och maskinen stannar, se figur 57.



Figur 57; Säkerhetsanordning, 1. Skydds-glas/galler 2. Skydds-glaset/gallrets rörelse 3. Huvudledning 4. Sensor/brytare

Bilaga E – Ritningar

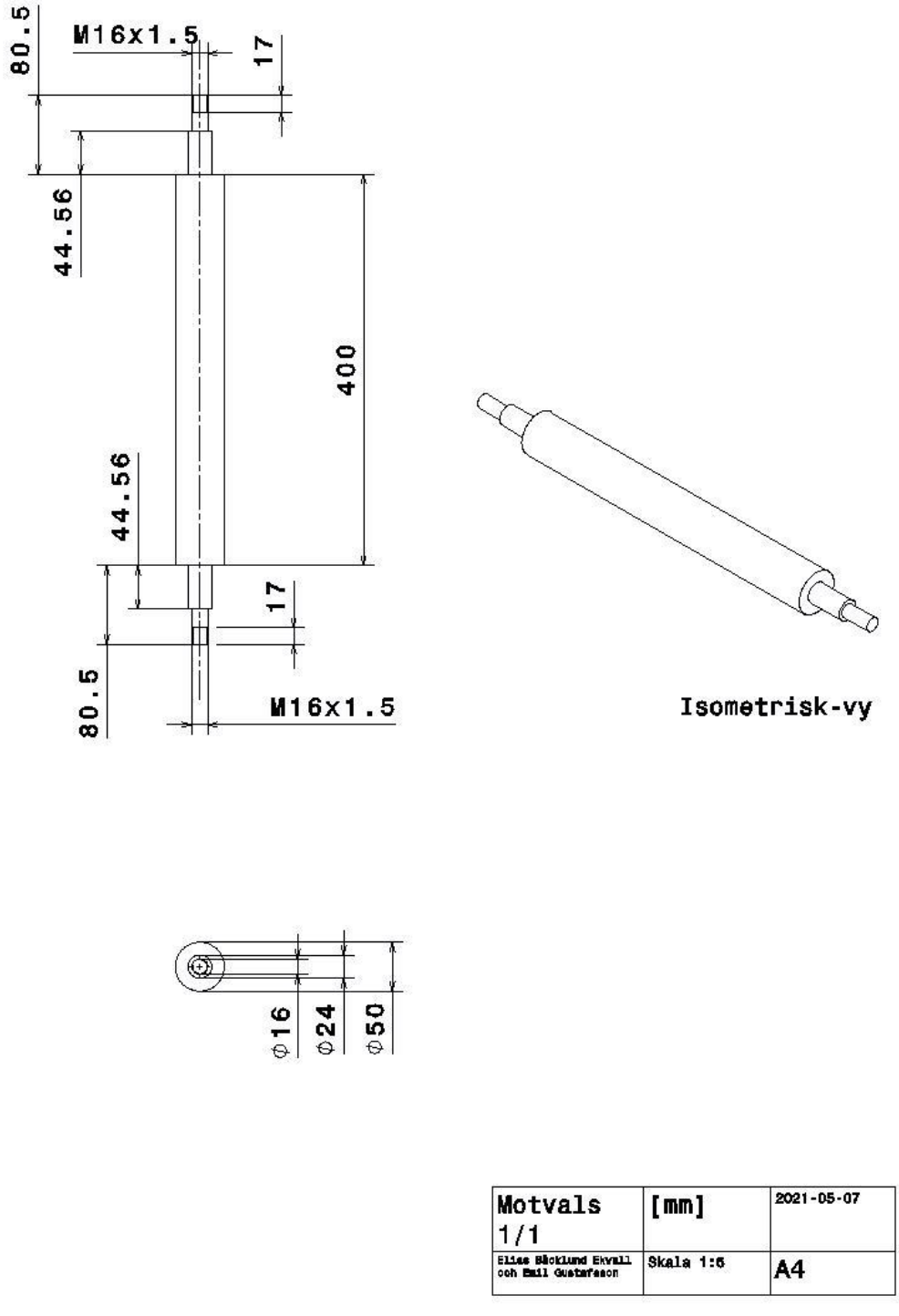
E.1 Stycklista



Stycklista Skala 1:15	
A	Intrumentbräda
B	Ram
C	Frivals
D	Fördelare
E	Drivvals
F	Motvals
G	Tryckluftscylindrar
H	Motorplatta
I	Tratt

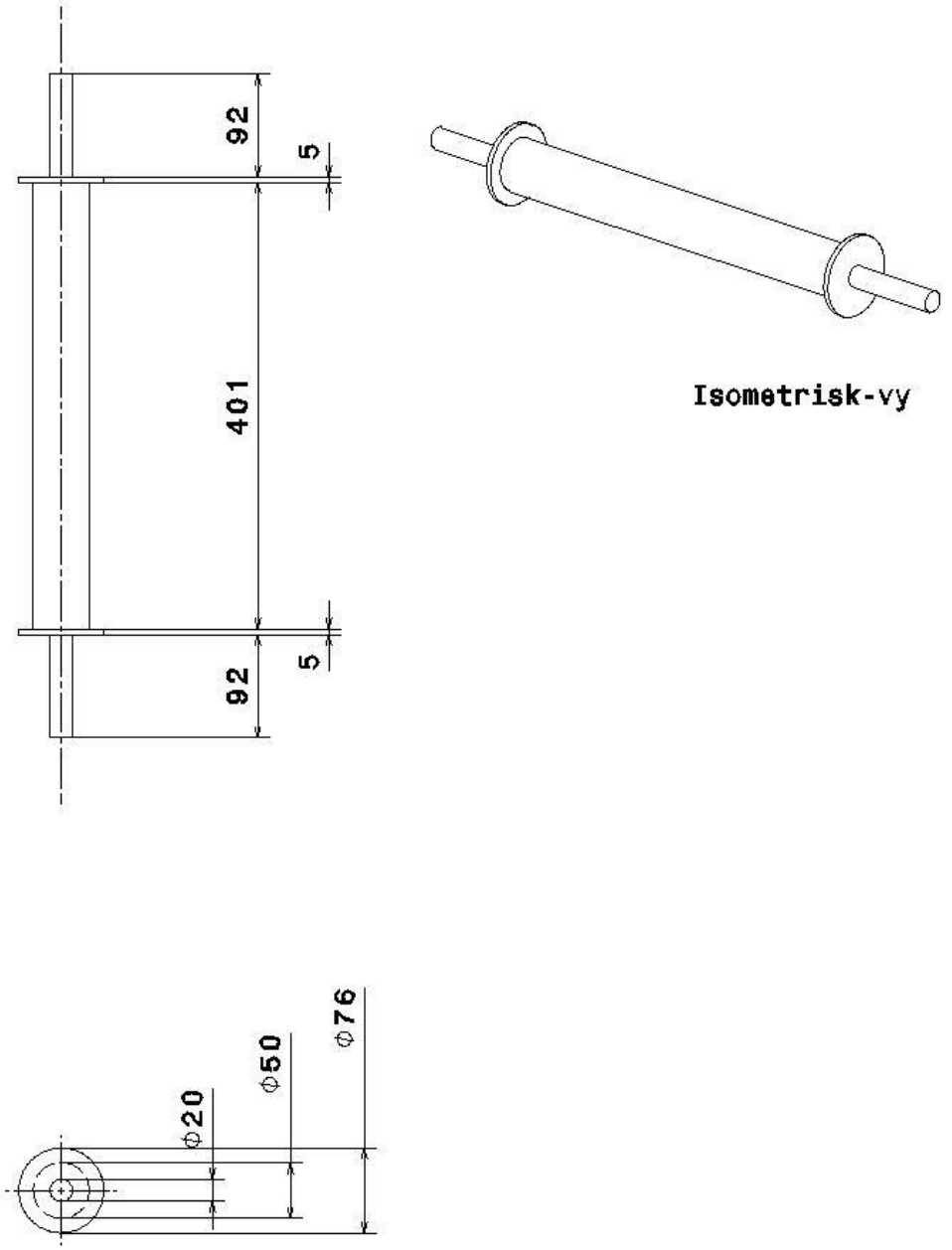
Figur 58; Stycklista

E.2 Motvals



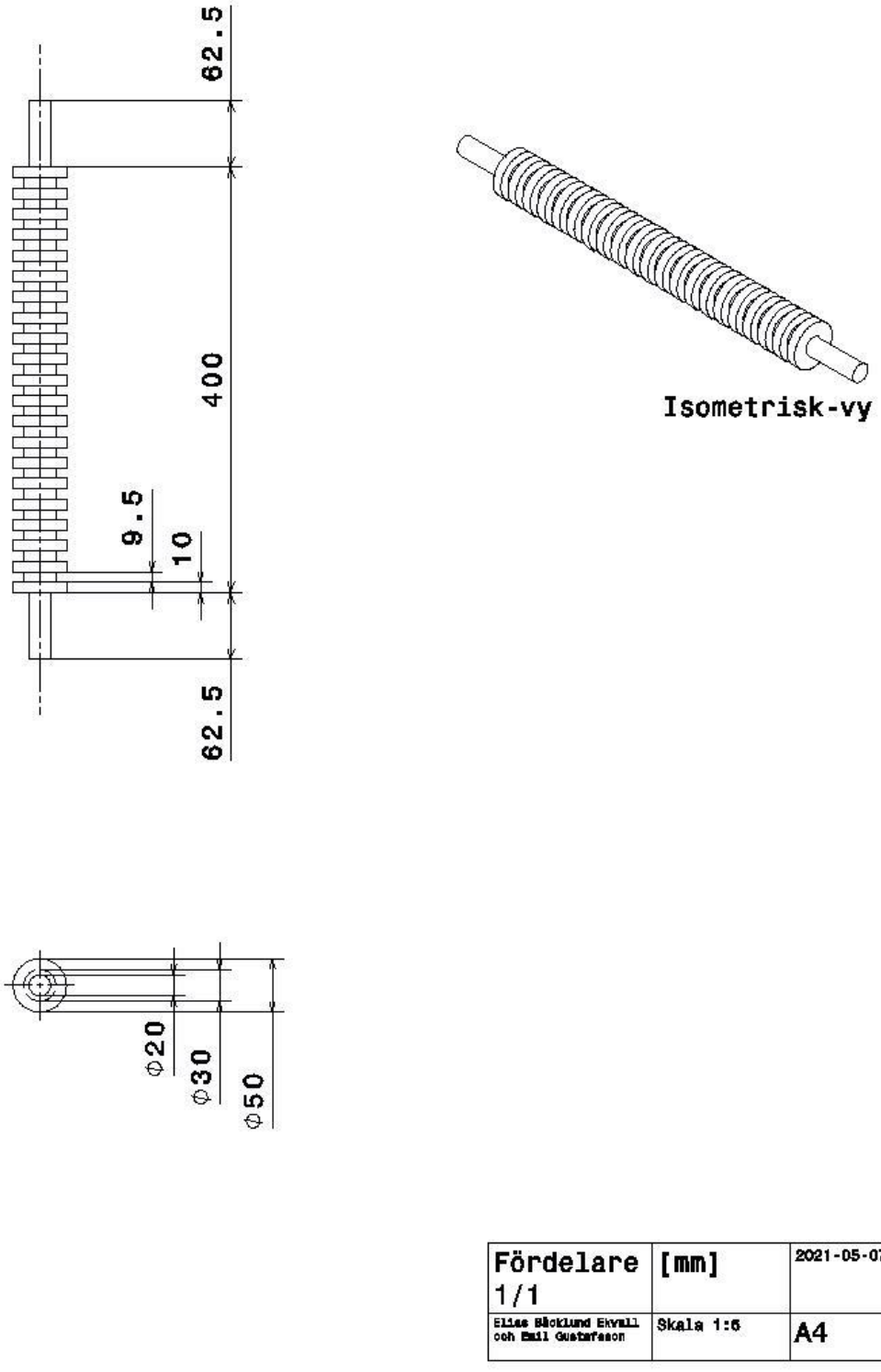
Figur 59; Ritning Motvals

E.3 Drivvals



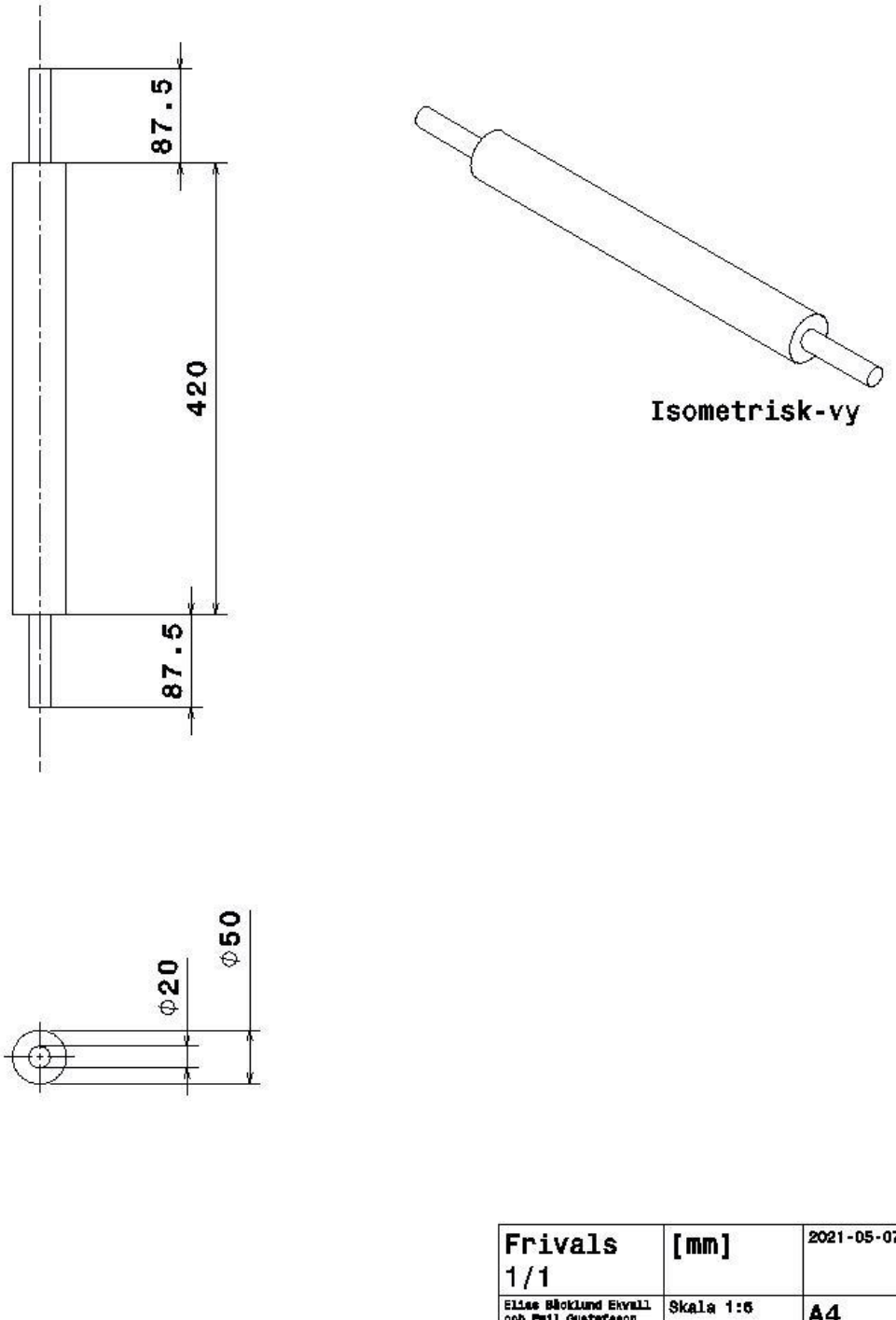
Figur 60; Ritning drivvals

E.4 Fördelare



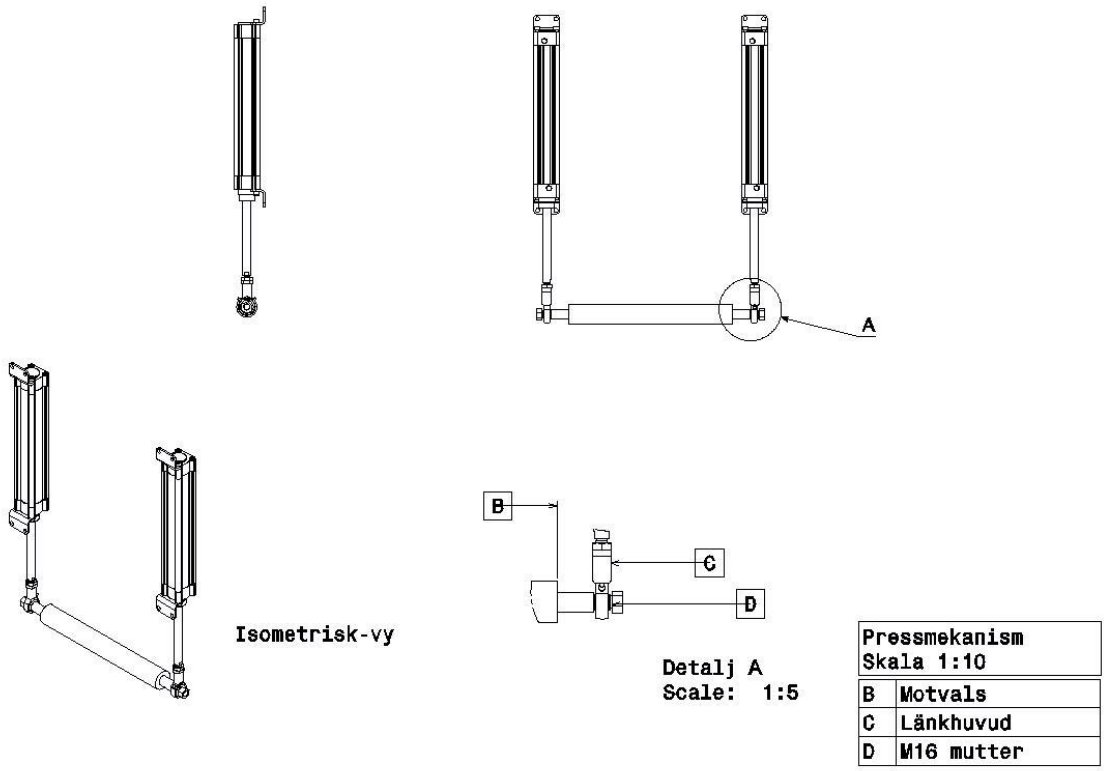
Figur 61; Ritning fördelare

E.5 Frivals



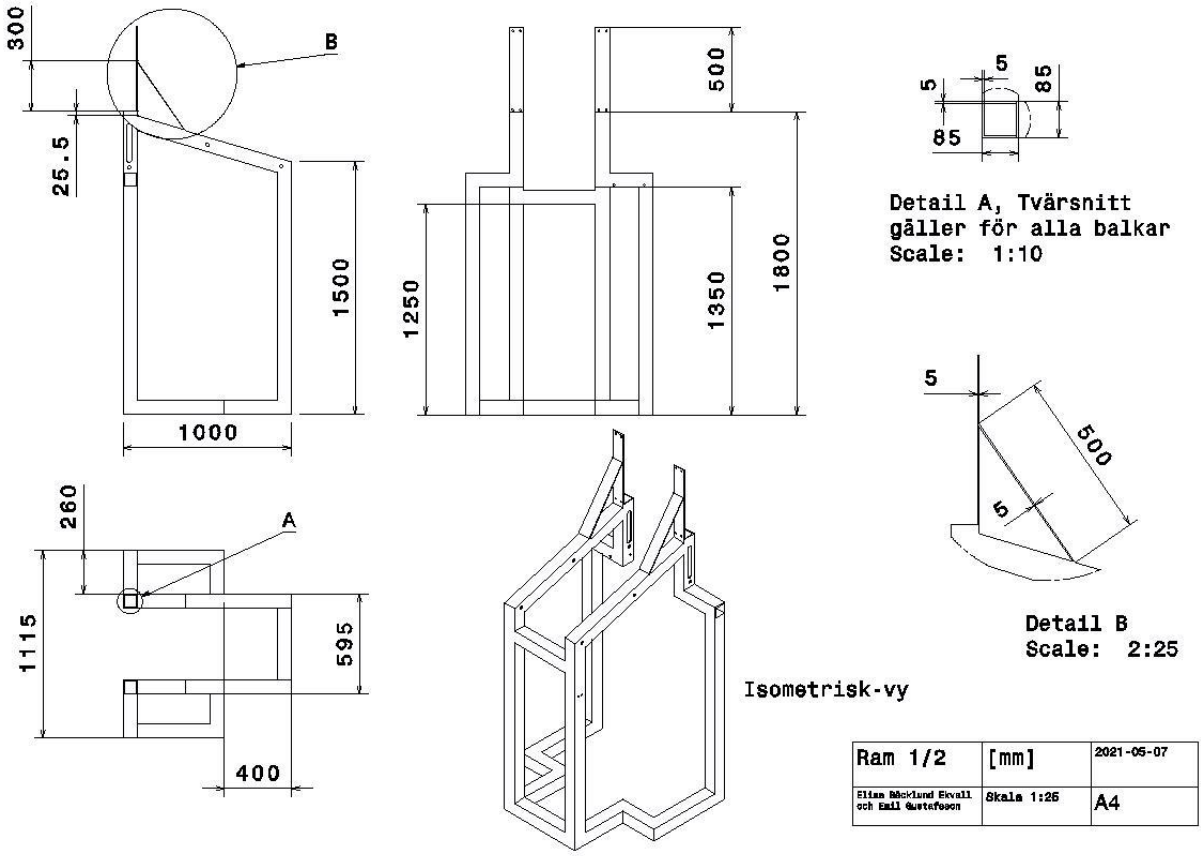
Figur 62; Ritning frivals

E.6 Pressmekanism



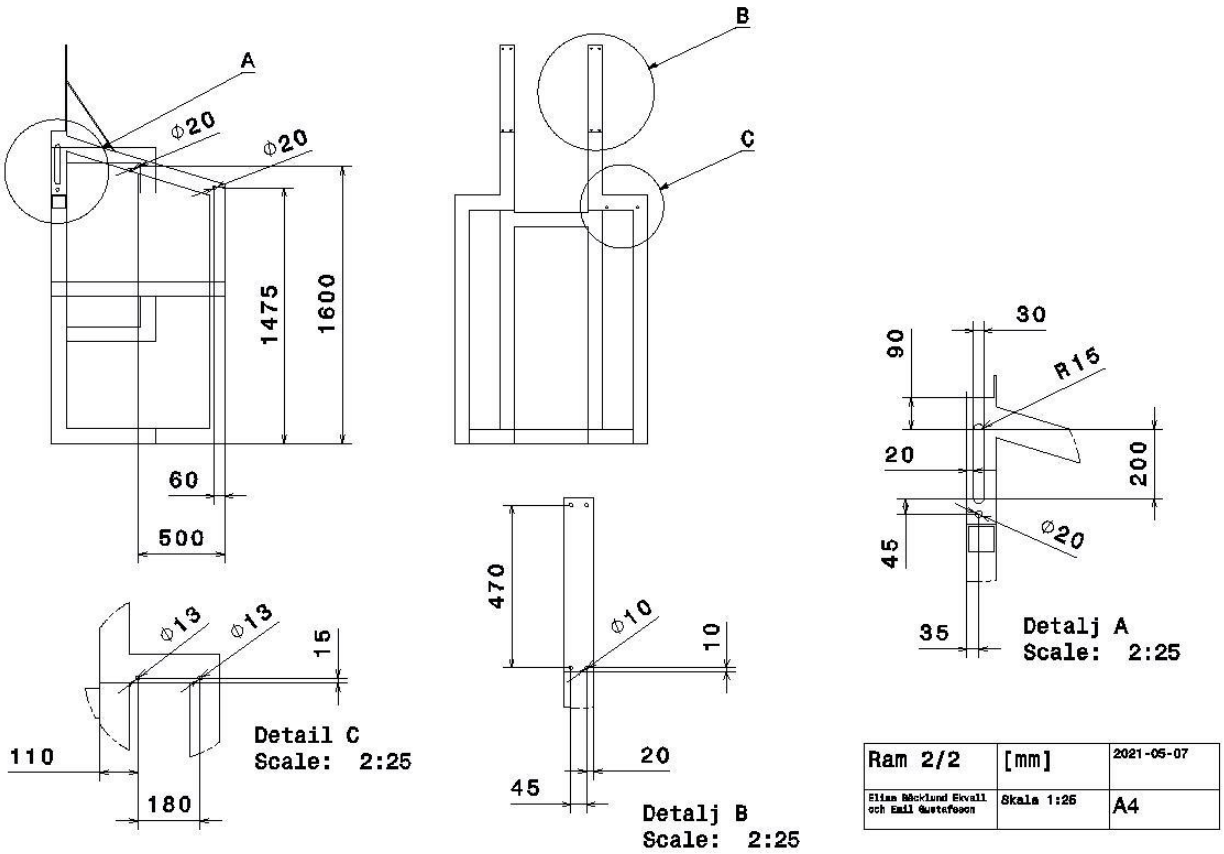
Figur 63; Helhetsbild pressmekanism

E.7 Ram 1



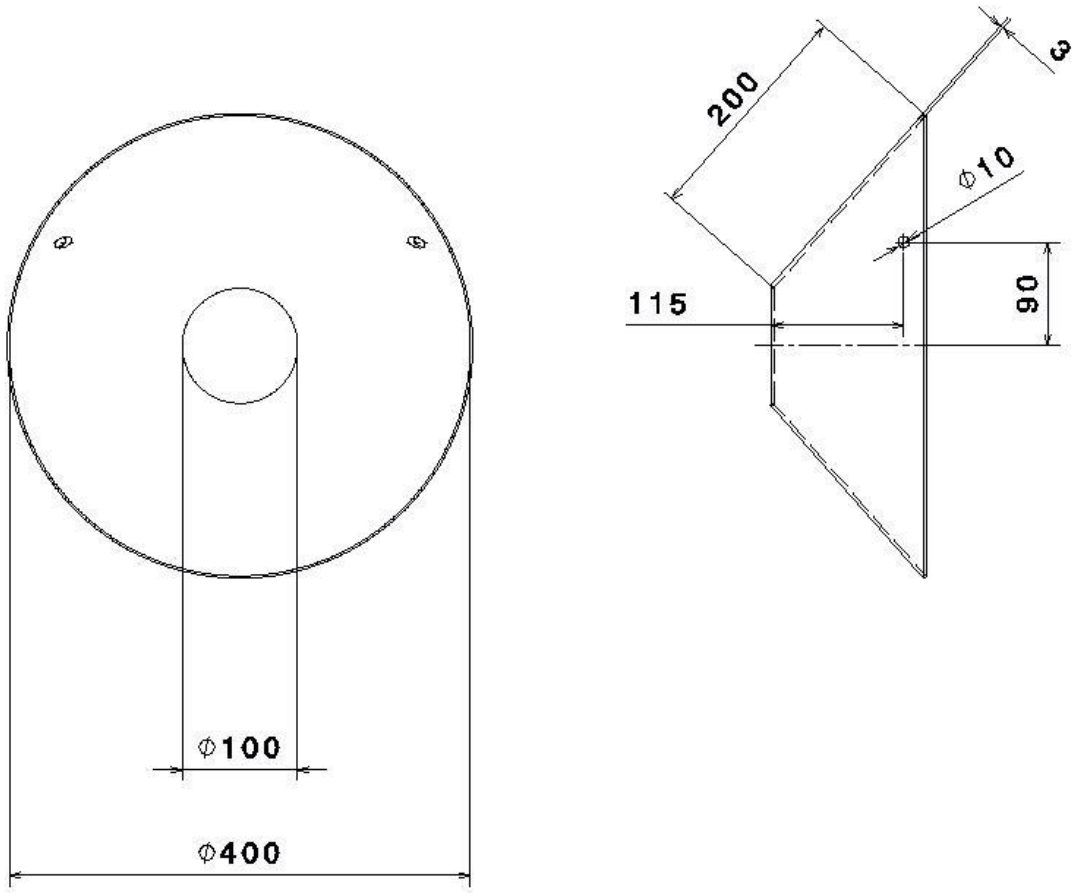
Figur 64; Ritning 1 ramen

E.8 Ram 2



Figur 65; Ritning 2 ramen

E.9 Tratt



Tratt 1/1	[mm]	2021-05-07
Elias Bäckland Ekvall och Emil Gustafsson	Skala 1:6	A4

Figur 66; Ritning tratt

INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI OCH MATERIALVETENSKAP
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2021
www.chalmers.se