

# CHALMERS



## Utveckling av tyngdlyftningsklove Development of weightlifting collar

*Examensarbete för högskoleingenjörsexamen inom  
Maskiningenjörsprogrammet - konstruktion*

Ibrahim Bakirci  
Johan Pettersson Strömer

Institutionen för Material- och tillverkningsteknik  
Avdelningen för Avancerad oförstörande provning  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sweden, 2011  
Examinator: Gert Persson  
Examensarbete nr: 57/2011

## FÖRORD

Examensarbetet har genomförts av Ibrahim Bakirci och Johan Pettersson Strömer på Chalmers Tekniska Högskola, Maskiningenjörsprogrammet med inriktning konstruktion. Utbildningen omfattar 180 hp och examensarbetet 15 hp.

Uppdraget utfördes åt Eleiko Sport AB i Halmstad med hjälp av konsultbolaget Semcon. Det gick ut på att vidareutveckla den klove vilken används vid låsning av viktskivor inom sporten tyngdlyftning.

Ett stort tack till våra handledare Jonas Svensson, Semcon och Stefan Berg, Eleiko Sport AB samt Brita Olsson och alla andra på Semcon som bidragit. Vi vill även tack vår handledare Gert Persson samt Kjell Melkersson på Chalmers Tekniska Högskola och Göran Stigler för prototypen.

Göteborg, 2011-06-21



Ibrahim Bakirci



Johan Pettersson Strömer

## **ABSTRACT**

In the classical Olympic Sport Weightlifting the weights are locked axial on the bar with the help of collars. Today these collars are detached when the bar is dropped from straight arms. This project has been performed to solve this problem at a decided weight and height.

Since it would have been very complicated to do calculations of what really is happening, some approximations and assumptions have been done to calculate the forces that the collar is exposed of.

This project has been made by finding out which demands and wishes Eleiko Sport AB has on the product. Ideas have been developed by several methods. The many concepts that have been developed have been filtered in different evaluation matrixes and finally the company has decided which concept that should be dimensioned.

The problem with the current collar is that it cannot reduce the vibrations which emerge at the impact between the bar and the floor.

The concept chosen by Eleiko is based on a collet which is clamped against the bar when it is entered in a taper sleeve. The collar is then locked axial. Eleiko also wanted their current collar to be developed by replacing the current tightening lever with an adjustable locking lever as proposed.

A conclusion was that the clamping force against the bar did not play a crucial role if there were not a damper mounted between the collar and the weights. Therefore a damper, for example of rubber, needs to be mounted at the collar towards the weights in order to reduce vibrations. The main issue will then be solved.

Later a simpler version of the chosen concept was developed. This version is based on a conical clamping ring which is dragged into a taper sleeve by a tightening nut. The collar is then locked against the bar by the clamping force. The advantage with the conical clamping ring is that it exists as standard.

## SAMMANFATTNING

I den klassiska olympiska sporten tyngdlyftning låses viktskivor fast axiellt på skivstången med hjälp av klovar. I dagsläget lossnar dessa klovar när skivstången släpps från raka armar. Examensarbetet har utförts för att lösa detta problem när skivstången släpps vid en specifik vikt och höjd.

Projektet har genomförts genom att ta reda på krav och önskemål från Eleiko Sport AB, vidare har idéer tagits fram genom en mängd metoder. En stor mängd koncept togs fram för att sedan filtreras genom olika utvärderingsmatriser. Slutligen har företaget valt det koncept som ska dimensioneras.

Problemet med dagens klova är att den ej kan dämpa de vibrationer som uppstår vid stöt mellan skivstång och golv.

Det koncept som Eleiko valde bygger på att en spännhylsa kläms mot skivstången när den förs in i en kona och därmed låses kloven fast axiellt. Eleiko ville även att den nuvarande kloven vidareutvecklades genom att åtdragningsspaken förbättrades genom en ställbar låsspak enligt förslag.

Vid beräkningar av de krafter som kloven utsätts för har en del approximationer och antaganden gjorts eftersom det verkliga fallet är väldigt komplicerat att handberäkna.

Det konstaterades att storleken på klämkraften mot skivstången ej spelar en avgörande roll om det ej finns en dämpare placerad mellan klova och viktskivor. Därför bör en dämpare, förslagsvis av gummi, monteras på kloven mot viktskivorna för att minska vibrationerna. Då kan huvudproblemet lösas.

I ett senare skede togs en enklare version av det valda konceptet fram. Denna version bygger på en konisk spänning vilken är gängad i ena änden. En åtdragningsmutter monteras på spänningen och drar spänningen genom ett koniskt hus. Kloven låses då axiellt. Fördelen med den koniska spänningen är att den finns att köpa som standardkomponent.

## BETECKNINGAR

Klove – En låsanordning vilken håller fast viktskivorna på skivstången

Hus – Huvuddelen av kloven vilken omsluter övriga komponenter

IWF – International Weightlifting Federation

STF – Svenska Tyngdlyftningsförbundet

CAD – Computer Aided Design (Datorstödd produktmodellering)

FEM – Finita Element Metoden

O-ring – En gummiring

Ra-värde – Medelytavvikelse vilken anger ytfinheten

Von Mises effektivspänning – Tar hänsyn till spänningar i samtliga riktningar

$F_{ax}$  – axiell kraft på gänga

$M_{bas}$  – basmoment

$M_{g\ddot{a}nga}$  – moment på gänga

$M_{tot}$  – totalt åtdragningsmoment

$M_{moth\ddot{a}ll}$  – mothållsmomen

$\Psi_{\ddot{a}t}$  – åtdragningsvinkel

$F_{ax, i}$  – axiell kraft vilken ska motverkas

$F_{ax, y}$  – Fax, i med konvinkeln

$N_i$  – inre normalkraft

$N_y$  – yttre normalkraft

$F_{per, y}$  – yttre perifiell kraft

$F_{per, i}$  – inre perifiell kraft

$F_{per, klack}$  – inre perifiell kraft verkande på klacken

## Innehållsförteckning

1.	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund .....	1
1.2	Syfte.....	1
1.3	Avgränsningar .....	1
1.4	Precisering av frågeställning .....	1
2.	Tyngdlyftning.....	2
3.	Tävlingsreglemente .....	1
4.	Finita elementmetoden (FEM) .....	3
5.	Metod .....	3
5.1	Kravspecifikation.....	4
5.2	Funktionsanalys .....	4
5.3	Idégenerering .....	5
5.4	Konceptframtagning - Morfologisk matris.....	5
5.5	Utvärdering.....	6
5.6	Konstruktion och analys av det valda konceptet .....	7
6.	Eleikos utrustning.....	8
7.	Tester utförda på klove.....	10
8.	Konkurrentanalys .....	15
9.	Resultat.....	16
9.1	Kravspecifikation.....	16
9.2	Funktionsanalys .....	17
9.3	Idégenerering .....	18
9.4	Konceptframtagning - Morfologisk matris.....	20
9.5	Utvärdering.....	21
9.6	Presentation av koncept.....	23
9.7	Konceptval.....	25
10.	Konstruktion och analys – Koncept A .....	26
10.1	Beräkning av axiell kraft att motverka.....	26
10.2	Beräkning av åtdragningsmoment .....	29
10.3	Gummidämpning .....	30
10.4	Val av material .....	30
10.5	FE-analys .....	30
10.6	Datorstött produktmodellering.....	33
10.7	Friformsframställning .....	33
10.8	Kostnad .....	34
10.9	Jämförelse med nuvarande klove.....	34

11.	Koncept B.....	35
11.1	Ställbart låshandtag.....	35
11.2	Blecket .....	35
11.3	Dämpning.....	36
11.4	Datorstödd produktmodellering.....	36
12.	Koncept C.....	36
12.1	Beräkning av åtdragningsmoment .....	36
12.2	Val av material.....	38
12.3	Konisk spännring - standard .....	38
12.4	Datorstödd produktmodellering.....	39
12.5	Kostnad .....	39
13.	Slutsats .....	40
14.	Fortsatt arbete.....	41
	Referenser.....	42
	Bilagor.....	44

# 1. INLEDNING

Här presenteras uppdragsgivaren samt en beskrivning av deras problem. Vidare förklaras vad projektarbetet ska leda till.

## 1.1 Bakgrund

Företaget Eleiko Sport AB har funnits sedan tidigt 90-tal och levererar gymmaskiner, träningsutbildningar och är starkt involverade inom tyngdlyftning. Eleikos huvudkontor ligger i Halmstad där antalet anställda är 45 stycken, inklusive ett säljkontor i USA och ett i Ryssland. Deras produkter levereras till 160 länder över hela världen.

Tyngdlyftning är en av de klassiska olympiska grenarna, där idrottarna tävlar i grenarna ryck och stöt. Vikterna på tyngdlyftningsstången, hädaneftre kallad skivstången, hålls på plats av lås, så kallade klovar. När skivstången med vikter släpps från raka armar och studsar i golvet lossnar dessa klovar. Önskemålet från elitutövarna är att klovarna ska hålla tills utövaren själv vill byta vikt.

## 1.2 Syfte

Syftet med projektet är att undvika det i bakgrunden beskrivna problemet som uppkommer vid tyngdlyftning. Resultatet ska leda till en pålitligare och effektivare klove utan delar som hänger löst.

## 1.3 Avgränsningar

Kloven ska följa gällande tävlingsreglemente och utvecklas för att hålla mot lyft vid bestämd maxvikt. Inköpspriset på dagens tävlingsklove kommer att användas som riktvärde men där ett mervärde finns i om kloven håller ihop några lyft och är aningen dyrare. Gruppen ska ej ta hänsyn till patent.

## 1.4 Precisering av frågeställning

Utveckla en klove som i par håller för en vikt på totalt 280 kg. Klovarna ska hålla kvar vikten från nedsläpp på 2,5 m och där alla delar bör sitta fast till skillnad från idag då fastspänningshandtaget fladdrar.

Kloven ska utvecklas inom de bestämda mått som finns angående vikt, 2,5 – 2,51 kg, och en innerdiameter på 50 mm.

Priset bör hamna runt nuvarande inköpspris på tävlingsklove, 526 kr/st vid inköp av 400 st/år.



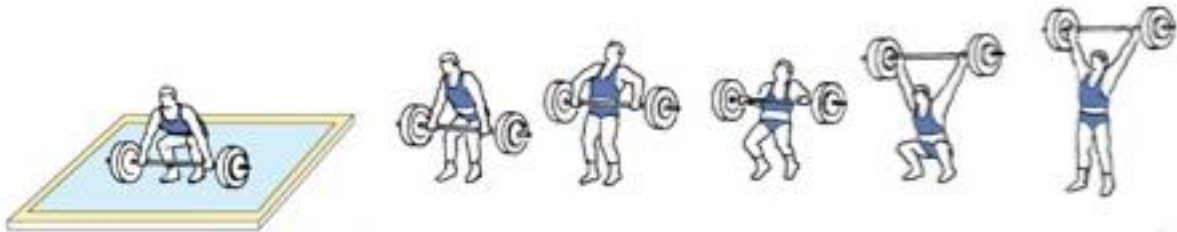
## 2. TYNGDLYFTNING

Den olympiska sporten tyngdlyftning var med redan vid starten av de moderna spelen 1896 i Aten, damernas tyngdlyftning debuterade år 2000. Från början lyftes en bestämd vikt så många gånger som möjligt medan idrottaren numera försöker lyfta tyngre och tyngre. Tävlingarna har gått från att tävla i uthållig styrka till maximal styrka. Antal tävlingsdiscipliner har minskat från fem till tre och nu två. Det är inte bara styrkan som är viktig utan egenskaper som explosivitet, teknik, tajming och koncentration spelar också roll [7]. Från början tävlade alla mot alla men sedan 1920 genomförs tävlingarna i olika viktklasser. Dessa viktklasser har förändrats genom åren. Nu är tävlingarna uppdelade i åtta olika viktklasser för herrar och sju för damer. Det finns ca 585 licensierade tyngdlyftare i Sverige [29] och ungefär 10000 tävlande utövare i världen [6].

### Ryck & stöt

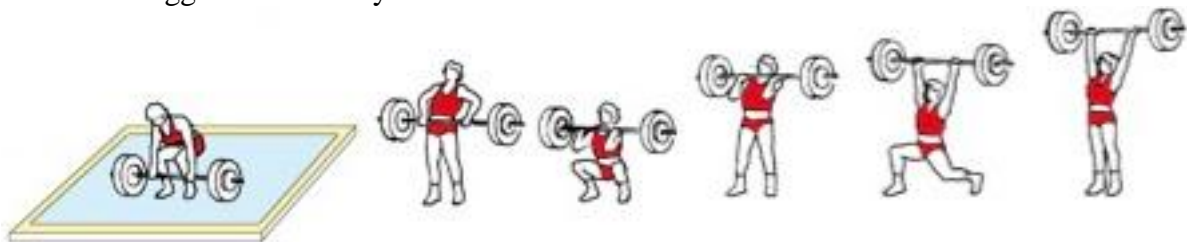
Inom olympisk tyngdlyftning finns disciplinerna ryck och stöt. Tävlingarna sker i nämnd ordning med maximalt tre lyft i varje disciplin.

I ryck lyfts skivstången med båda armar från golv till sträckta armar i en rörelse (se figur 2.1).



Figur 2.1, Ryck [6]

I stöt lyfts skivstången först från golv till bröstet för att sedan stötas till sträckta armar (se figur 2.2). För godkänt lyft får skivstången först släppas på signal från domare. Skillnaden ligger alltså i att ryck innehåller en rörelse medan stöt två rörelser.



Figur 2.2, Stöt [6]

Vinnaren är den vilken lyckats lyfta mest sammanlagt i de två disciplinerna. Vid lika resultat vinner den som väger minst.

### 3. TÄVLINGSREGLEMENTE

I detta kapitel beskrivs de olika komponenterna vilka är relevanta i utvecklingen av tyngdlyftningskloven. Informationen är hämtad ur tävlingsreglemente enligt IWF 2011.

#### Skivstång

Följande kriterier ska vara uppfyllda för herrarnas skivstång (se figur 3.1):

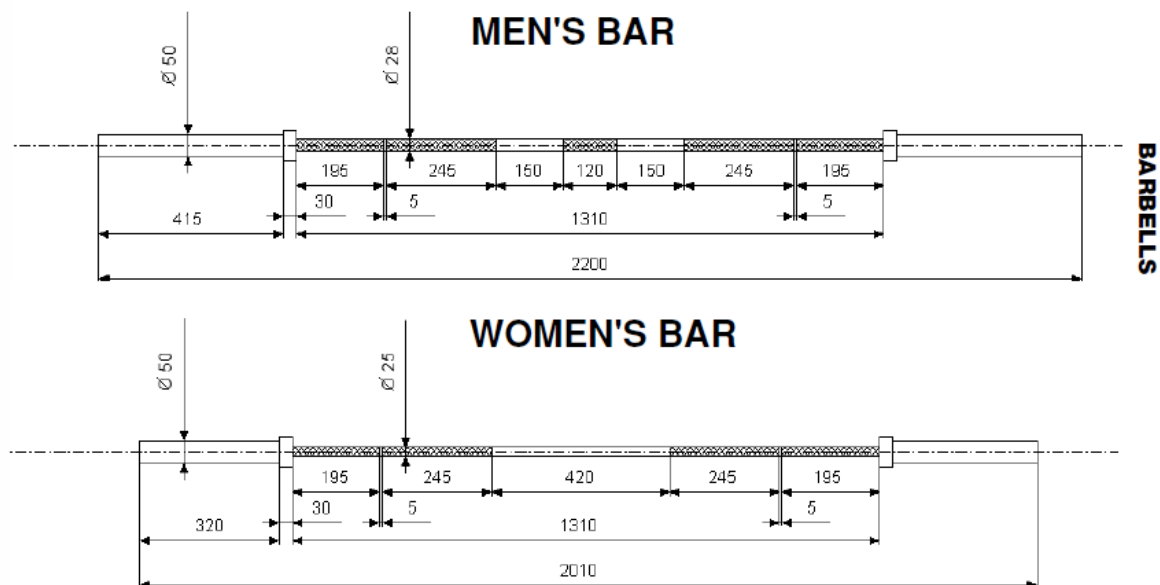
- Vikt: 20 kg
- Längd: 2200 mm + 1 mm
- Diameter: 28 mm + 0,03 mm på den släta delen av skivstången
- Avstånd mellan inre flänsarna: 1310 mm + 0,05 mm
- Bredd på inre flänsar, inklusive flänsar på hylsor: 30 mm + 1 mm
- Hylsornas (se figur 2.3) diameter: 50 mm + 0,2 mm
- Skivstången skall vara räfflad för att underlätta greppet och positionen av lyftarens händer.



Figur 3.1, Eleikos skivstång med hylsa och fläns utmärkta [8]

Det som skiljer sig för damernas skivstång är (se figur 3.2):

- Vikt: 15 kg
- Längd: 2010 mm + 1 mm



Figur 3.2, Mått på stänger enligt IWF [6]

## Viktskivor

De tyngsta skivorna skall placeras närmast skivstångens mitt för att få belastningen symmetrisk.

Skivorna ska vara enligt följande vikt, färg och diameter (se figur 3.3):

- 25 kg röd
- 20 kg blå
- 15 kg gul
- 10 kg grön
- 5 kg vit
- 2,5 kg röd
- 2 kg blå
- 1 kg grön
- 0,5 kg vit
- Diametern på de större skivorna: 450 mm + 1 mm.
- Stora skivor skall vara täckta med gummi eller plast och täckta med permanent färg eller åtminstone vara målade i ytterperiferin.
- Skivor lättare än 10 kg kan vara tillverkade av metall eller av annat godkänt material.
- Alla skivor skall vara märkta med vikten.



Figur 3.3, Diameter, vikter och färger enligt IWF:s regler [8]

## Klovar

För att låsa vikterna används en klove till vardera sida. Vikten på kloten ska vara 2,5 kg +0,100 kg. Viktskivor med vikten 0,5 kg till 2 kg får placeras utanför klovar.

## **Plattform**

Plattformen där lyftet utförs ska vara kvadratisk, plant och ha måtten 4 x 4 m. Det ska vara tillverkat av ett kraftigt material exempelvis trä eller plast samt vara halkfritt. Tjockleken på plattformen får maximalt vara 150 mm.

## **4. FINITA ELEMENTMETODEN (FEM)**

Finite elementmetoden är en numerisk metod för en applikation på problem inom till exempel strömning, dynamiska problem och hållfasthetsanalys. Modellen beskrivs av partiella differentialekvationer med fysiska tvång där dessa måste anges korrekt för att modellen ska lösas ordentligt. Att utföra beräkningar på partiella differentialekvationer är i allmänhet ohanterbart i en analys, därför används en numerisk metod. Med hjälp av FEM utförs en diskretisering där en uppdelning av ändlig storlek sker [5].

En fullständig FE-analys innefattar:

- Geometrisk modell
- Randvillkor
- Laster
- Materialegenskaper
- Elementindelning

## **5. METOD**

Här beskrivs projekt arbetsgång vilken innefattar de metoder och kunskaper som ska tillämpas.

### **Planering och genomförande**

För att projektet ska utvecklas i rätt riktning används ett Gantt-schema (se bilaga 16) och en loggbok.

Själva arbetet genomförs på konsultbolaget Semcon och i Chalmers lokaler.

### **Informationsinsamling**

- Information om dagens produkt och dess problem insamlas via möten och mail med handledaren på företaget.
- Via relevanta hemsidor och mailkontakt med berörda förbund fås information om olympisk tyngdlyftning och bestämmelser kring utrustning.
- Handledare på Semcon hjälper till med ingenjörsmässiga frågor vilka kan komma upp i produktutvecklingen.
- Relevanta läroböcker studeras för att utföra nödvändiga beräkningar.

### **Granskning av dagens produkt**

Eleikos klovar granskas för att få en inblick i dess funktion och produktens fördelar och nackdelar. Syftet med detta moment är att få en förståelse för varför produkten konstruerats på ett visst sätt och i senare skede utföra en funktionsanalys. Tester utförs för att kunna ta reda på vilken axiell kraft nuvarande klove kan stå emot. Detta används sedan för att jämföra med framtaget koncept.

## Konkurrentanalys

En enkel studie utförs på produkter som finns på marknaden för att få inspiration och kännedom om hur en klove kan konstrueras. Produkterna som finns på marknaden inhandlas ej. Analysen sker via bilder och information på nätet.

### 5.1 Kravspecifikation

En av Eleiko godkänd kravspecifikationen tas fram för funktionerna hos produkten. Inledningsvis fokuseras det på huvudfunktionen och kundönskemålen där lösningen måste uppfylla alla de krav som valts ut till 100 %. Önskemålen ska tas i beaktande men de behöver dock inte uppfyllas. Med hjälp av krav och önskemål ska kunden göras tillfredsställd. Önskemålen rangordnas med t.ex. 1-5, där 1 har lägst prioritet och 5 högst.

I en kravspecifikation ska det finnas kriterier, dessa ska eller bör:

- Vara entydiga
- Ej föreskriva lösning
- Vara mätbara samt kontrollerbara (siffror)
- Vara allsidiga
- Vara tydligt kopplade till kundkraven

En typ av uppsättning med förkortning TOME används för att veta vilket område kraven och önskemålen i kravspecifikationen rör [3]:

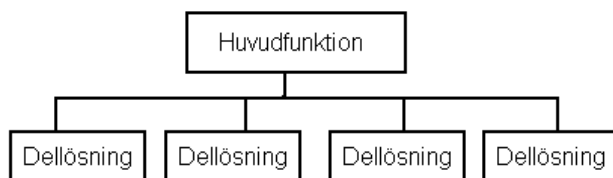
- Teknik (prestanda, processen)
- Omgivning (utrymme, miljö)
- Människan (ergonomi, estetik)
- Ekonomi (pris, kostnad)

### 5.2 Funktionsanalys

Efter att utformat en kravspecifikation blir steg två att ta reda på vilka egenskaper produkten ska ha. Detta görs genom en väl fungerande funktionsanalys där huvudfunktionen konkretiseras till delfunktioner.

Funktionsanalys genomförs för att lättare hitta lösningar till delfunktionerna än att hitta en lösning till huvudproblemet.

Funktionsanalysen ritas upp enligt trädstruktur [3]. Trädstrukturen presenteras som ett organisationsschema med huvudfunktionen överst och delfunktionerna ordnade under (se exempel i figur 5.1).



Figur 5.1, Exempel på trädteknik [3]

Problem kan uppstå om en funktionsanalys ej genomförts vilket resulterar i att man får gå tillbaka i processen när man har avancerat långt i sitt projekt [3].

### 5.3 Idégenerering

I ett projektarbete används ofta ett flertal kreativitetsmetoder vilka har syftet att effektivisera framkomsten av lösningsförslag. De kreativitetsmetoder vilka används i projektet är brainstorming och en workshop för idégenerering.

#### Brainstorming

Idén med brainstorming är att låta en tanka vandra fritt utan att bli avbruten, med andra ord ska alla idéer och förslag komma fram, oberoende på hur realistiska de kan verka. Det går ut på att komma på så många koncept eller idéer som möjligt på kort tid. När en idé väl fötts är det ofta lättare för de andra deltagarna att komma på liknande idéer eller bygga vidare på andras idéer.

#### Workshop - idégenerering på Semcon

Företaget Realize AB har ett kursmaterial i kreativitet vilket Semcon använder sig av. Kursmaterialet används vid workshops där det går ut på att tänka fritt. Denna metod ska appliceras i idégenereringsfasen.

I följande ordning utförs workshopen:

1. Generera idéer genom att ta på sig olika roller i form av till exempel företag, yrken eller att produkten måste vara i tre delar.
2. Samla ihop och förädla idéerna genom att till exempel sätta plus och minus, rösta eller vikta.
3. Genom en process där andra deltagare får idéer förklarade för sig kan nya idéer födas.
4. Presentera idéerna för andra deltagare.

### 5.4 Konceptframtagning - Morfologisk matris

I den morfologiska matrisen tas lösningar på problemet fram. Denna metod minimerar risken att missa några kombinationer av lösningar. Kombinationer fås genom att förena dellösningarna på delfunktionerna. Den morfologiska matrisen minimerar också antalet totallösningar. Detta görs i följande steg:

1. Lägg in de olika dellösningarna och delfunktionerna i morfologisk matris (se exempel i figur 5.2).
2. Kombinera fram totallösningar genom att dra en linje mellan de olika lösningarna på de olika delfunktionerna (se figur 5.2).
3. När x antal lösningar existerar, ska alla totallösningar vilka ej uppfyller kraven i kravspecifikationen sällas bort. [3].

Delfunktion	Dellösningalternativ			
Rymma mat	Volym med rektangulära tvärsnitt	Sfärisk volym	Isolerad påse	
Hålla temperatur	Kompressor-system	Torris fyllning	"Hål i marken"	Husets värmepump-system
Ge tillträde	Lucka	Jalusi	Skjutdörr	

Figur 5.2, Morfologisk matris med några inlagda totallösningalternativ [3]

Figur 5.2 visar att exemplet har 36 olika lösningar varav fyra stycken är markerade.

Av det stora urvalet elimineras de koncept vilka ej uppfyller kraven, budgeten och de realistiska aspekterna. Resultatet är koncept vilka uppfyller alla aspekter till fullo och arbetet mot den slutgiltiga lösningen kan fortsätta.

## 5.5 Utvärdering

När de bästa koncepten valts ut med hjälp av den morfologiska matrisen inleds en utvärderingsprocess. Bästa koncepten är de som uppfyller kraven och bedöms realiserbara. Meningen är att kontrollera hur de koncept vilka framtagits förhåller sig till de krav och önskemål framtagna i kravspecifikationen.

Tanken är att cirka fem olika koncept tas fram och visas i form av olika skisser. Egen utvärdering utförs med hjälp av eliminerings- och kriterieviktsmatris enligt Kesselring.

### Elimineringsmatris

I en första utvärdering med hjälp av en elimineringsmatris undersöks om de olika koncepten uppfyller huvudproblemet, de uppsatta kraven, säkerhet och god ergonomi (se exempel i figur 5.3). Vidare undersöks om konceptet är realistiskt att genomföra. Till sist bör beslut tas om existerande kunskap är tillräcklig för att genomföra konceptet. Ej godkända koncept ska sällas bort. Med de godkända koncepten påbörjas en fördjupad utvärdering i form av en Kesselringmatris.

Sid 1	Elimineringsmatris för:							Elimineringskriterier:	
Lösning	Löser huvudproblemet	Uppfyller alla krav	Realiserbar	Inom kostandsramen	Säker och ergonomisk	Passar företaget	Tillräcklig info	Beslut:	
								Kommentar	Beslut
1	+	+	+	+	+	+	+		+
2	+	+	?	+	+	+	+		-
3									?
4									
5									

Figur 5.3, Exempel på elimineringsmatris efter Pahl och Beitz [3]

### Kesselring-matris

Denna metod tar hänsyn till önskemålets rang och därför blir den mer exakt än föregående [3].

Önskemålen radas upp och kriterieskalan (w) anges för att markera vilket önskemål som är nödvändigt (5) och obetydligt (1). Kontroll sker sedan av hur väl önskemålen uppfylls och resultatet fylls i kolonn (v). Bedömning sker enligt en skala 0-4 där 4 är utmärkt och 0 otillräcklig. Det tekniska värdet (t) fås genom att utföra multiplikationen  $w \cdot v$ . Sedan summeras alla t för att få fram det totala tekniska värdet (T). Slutligen rangordnas alla konceptförslag (se exempel i figur 5.4).

Eleiko utför en likadan utvärdering och vinnaren från denna utvärdering går vidare för konstruktion och analys.

Kriterium	Lösningalternativ										
	Ideal		1		2		3		4		
w	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	
Önskemål A	2	5	10	2	4	2	4	3	6	2	4
Önskemål B	4	5	20	3	12	4	16	4	16	2	8
Önskemål C	5	5	25	2	10	4	20	3	15	3	15
Önskemål D	3	5	15	3	9	4	12	3	9	1	3
Önskemål E	1	5	5	3	3	2	2	3	3	3	3
Önskemål F	4	5	20	2	8	4	16	1	4	3	12
$T = \sum t_j$	95		46		70		53		33		
$T/T_{max}$	1.00		0.48		0.74		0.56		0.35		
Rangordning	-		3		1		2		4		

Figur 5.4, Exempel på kriterieviktmatris enligt Kesselring [3]

## 5.6 Konstruktion och analys av det valda konceptet

Här beskrivs de beräkningar och dimensionering vilka ska utföras på valt koncept. Andra relevanta analyser presenteras också.

### Mekanik- och konstruktionsberäkningar

Detta bör främst vara ett problem inom stelkroppsdynamik. Därför kommer kunskaper i mekanik användas i konstruktions- och analysfasen. Det som främst ska beräknas är vilken axiell kraft kloven utsätts för. Vid konstruktion av valt koncept ska erforderligt åtdragningsmoment beräknas för att motverka den axiella kraften.

### Datorstödd produktmodellering

Datorstödd produktmodellering (CAD) används för att ta fram en 3D-modell på det valda konceptet. Programmet Pro Engineer:s skolversion används och via programmet appliceras färg och densitet på komponenterna. Ritningsunderlag tas fram på de koncept Eleiko väljer.

### Val av material

I största möjliga mån väljs samma material vilka används i dagens klove. I övrigt sker val av material genom att kontakta tillverkare för att se vilka som används som standard i liknande produkter. Programmet CES EduPack 2010 används för att få fram materialdata.

### Kostnad

Enklare kostnadsjämförelser mellan olika lösningar ska utföras i utvärderingsfasen för att få en uppfattning om hur de olika koncepten förhåller sig jämfört med varandra. Dessa kostnadsjämförelser är enbart till för att skaffa sig en överblick om lösningen passar företaget. Kostnadsjämförelserna kommer ej att presenteras eftersom tiden ej räcker till för att göra en rättvis jämförelse.

### FE-analys

FE-analys utförs på komponenter för att få en uppfattning om de är rätt dimensionerade.

### Friformsframställning

Via friformsframställning tas en prototyp fram. Detta är en teknik där föremålet byggs upp skikt för skikt direkt från CAD-modellen. Tekniken är väldigt smidig eftersom den tar hänsyn till avancerade geometrier. En 3D-skrivare placerad i Prototyplaboratoriet på Chalmers Johanneberg (avdelningen Tillämpad Mekanik) används för att genomföra denna process.



## 6. ELEIKOS UTRUSTNING

I detta kapitel förklaras Eleikos tyngdlyftningsutrustning med fokus på deras två typer av klovar för tyngre lyft.

### Klovar

I figur 6.1 visas en klove anpassad för träning där en klove vilken är snabb och enkel att justera är att föredra. Produkten är framtagen enligt IWF:s standarder, alltså att den ska väga 2,5 kg och passa en skivstång med 50 mm i diameter. Kloven är av kromat stål och har två års garanti.



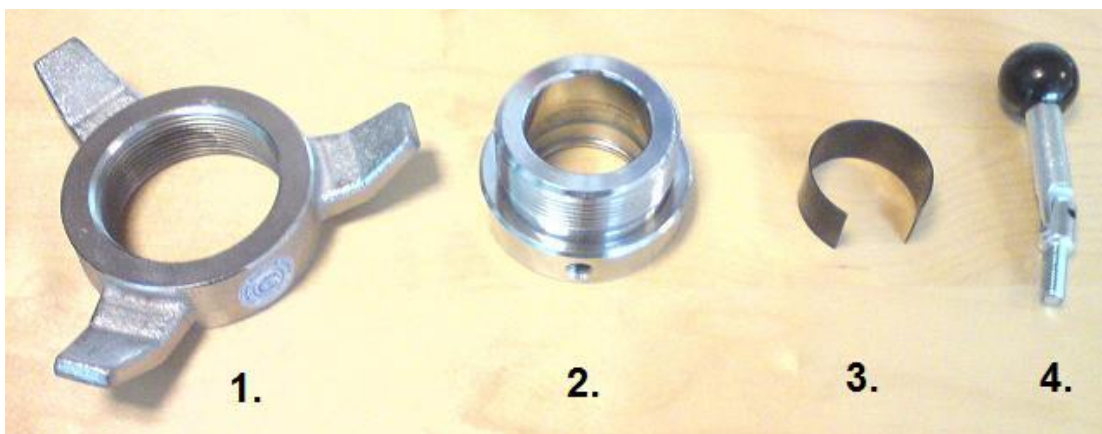
Figur 6.1, Träningsklove [7]



Figur 6.2, Tävlingsklove [7]

Eleikos tävlingsklove (se figur 6.2) har istället ett vikbart fastspänningshandtag för att kunna placera en mindre typ av viktskiva utanpå kloven. Bredden på kloven har minskats för att fler viktskivor ska få plats på skivstången jämfört med träningskloven. Kloven upptar 56 mm axiellt på skivstången då vingmuttern är i bottenläge.

Tävlingskloven, hädanefter kallad kloven, har ett inre plåtbleck av fjäderstål (se del nr. 3 i figur 6.3) vilken ska omsluta skivstången vid fastspänning. Blecket är monterat på insidan av huset (se del nr. 2 i figur 6.3) där huset spänns fast med handtaget (se del nr. 4 i figur 6.3). Kloven består även av en vingmutter (se del nr. 1 i figur 6.3) med vilken efterjustering av hela arrangemanget ska ske och därmed packa viktskivorna.



Figur 6.3, Nuvarande klove isärplockad

## Skivstång

Eleikos skivstång har livstidsgaranti och alla skivstänger testas med en hydraulpress där en kraft på 1500 N ansätts (se figur 6.4). Skivstången är av kromat specialstål där tillverkaren av denna endast får leverera till Eleiko. Hylsorna har tio kullager totalt för att underlätta rotation när utövaren lyfter skivstången [7]. Skivstången följer skivstången IWF:s reglemente.



Figur 6.4, Eleikos skivstång ansätts med 1500N [27]

## Plattform

För att absorbera energin vid nedsläpp av skivstång använder sig Eleiko av två olika plattformar. Träningsplattformen är av gummi och har en tjocklek på 30 mm.

Plattformen vilken används vid tävlingar har en tjocklek på 63 mm. Första lagret på 45 mm är av trä och andra lagret på 18 mm är av limträ. Plattformarna är av antislip-typ vilket ger ett bättre fäste [6].

## Viktskivor

Eleikos viktskivor är testade för 5000 nedslag. Under en tävling är det vanligt att de utsätts för 500 nedslag. Viktskivorna är kalibrerade och dimensionerade efter IWF:s standard samt har en garanti på 5 år [6].

Ett laddningsschema (tabell 6.1) har utförts för att ta reda på hur stor plats det finns kvar på skivstången då totalvikten är 280 kg. Enligt tabell 6.2 finns det 55 mm kvar på skivstången då totalvikten är 274 kg. Detta är maxlängden kloven får ta upp eftersom det vid 280 kg finns 63 mm kvar.

Tabell 6.1, Utdrag ur laddningsschema med vikter enligt IWF [6]

Totalvikt [kg]	Vikt minus stång (20) och klovar (2x2,5) [kg]	Vikt per sida [kg]	Vikt 1 [kg]	Vikt 2 [kg]	Vikt 3 [kg]	Vikt 4 [kg]	Vikt 5 [kg]	Vikt 6 [kg]	Vikt 7 [kg]	Kontroll
280	255	127,5	25	25	25	25	25	2,5		127,5
279	254	127	25	25	25	25	25	2		127
278	253	126,5	25	25	25	25	25	1,5		126,5
277	252	126	25	25	25	25	25	1		126
276	251	125,5	25	25	25	25	25	0,5		125,5
275	250	125	25	25	25	25	25	0		125
274	249	124,5	25	25	25	25	20	2,5	2	124,5

För fullständigt laddningsschema se bilaga 1.

Tabell 6.2 Utdrag ur laddningsschema med bredd på Eleikos vikter [6][8]

Total-vikt [kg]	Vikt minus stång (20) och klovar (2x2,5) [kg]	Vikt per sida [kg]	Vikt 1 [mm]	Vikt 2 [mm]	Vikt 3 [mm]	Vikt 4 [mm]	Vikt 5 [mm]	Vikt 6 [mm]	Vikt 7 [mm]	Upptagen längd av vikter [mm]	Längd kvar [mm]
280	255	127,5	67	67	67	67	67	19		354	61
279	254	127	67	67	67	67	67	19		354	61
278	253	126,5	67	67	67	67	67	18		353	62
277	252	126	67	67	67	67	67	15		350	65
276	251	125,5	67	67	67	67	67	13		348	67
275	250	125	67	67	67	67	67			335	80
274	249	124,5	67	67	67	67	54	19	19	360	55

För fullständigt laddningsschema med upptagen längd av vikter se bilaga 2.

## 7. TESTER UTFÖRDA PÅ KLOVE

Tester och utvärdering utfördes på Eleikos klovar för att få information till fortsatt arbete.

### Utvärdering av dagens klove

Dagens klove analyserades och följande punkter ansågs kunna förbättras:

- Fastspänningshandtaget. Handtaget anses skallrigt, avger ljud och förstör symmetrin på designen.
- Blecket i huset sitter löst vilket kan medföra att fastspänningshandtaget får direktkontakt med skivstång vid åtdragning.
- Tryckfördelningen mot skivstången vid fastspänning. Vid fastspänning ansätts tryck på endast två punkter.
- Dämpande material mellan klove och viktskivor. Vid nedslag genereras en kraftig impuls vilken ska tas upp.

Det positiva med nuvarande klove är efterjusteringen av kloven. Genom att dra åt en stor vingmutter packas viktskivorna ihop. Denna kommer behållas i fortsatta lösningar.

### Mätning av åtdragningsmoment

För att ta reda på ungefär vilket moment en människa orkar dra åt nuvarande klove med utfördes en mätning på detta. Handtaget skruvades först i tills det nådde blecket där läget antecknades. Sedan drogs handtaget åt så hårt det gick med handkraft. Det nya läget antecknades och visade en åtdragning på cirka 60 grader.

Fastspänningshandtaget ersattes av en skruv med samma dimensioner. Skruven drogs åt med momentnyckel lika många grader som vid användandet av handkraft. Resultatet varierar beroende på hur hård åtdragningen blir men i denna mätning hamnade den på ett medelvärde av 25 Nm. Detta värde kommer att användas i en jämförelse med framtaget koncept. För fullständigt test se bilaga 15.

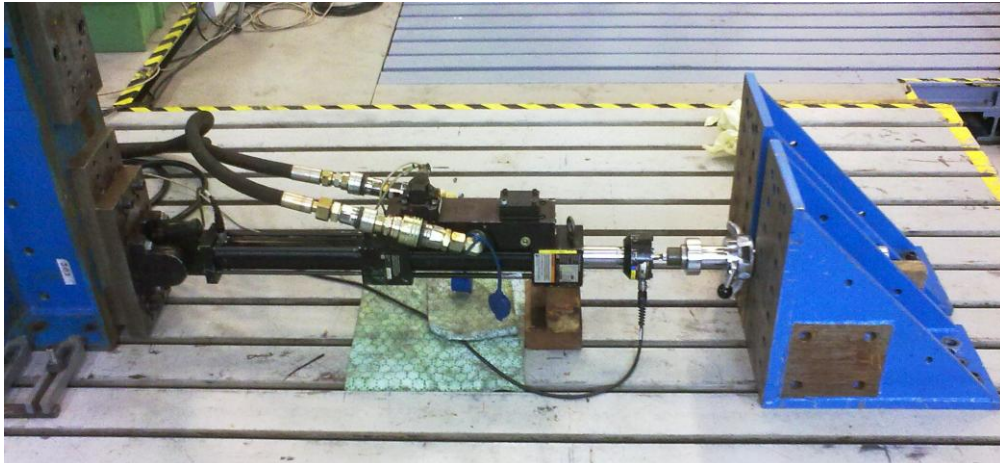
### Pålagd kraft med hydraulpress på dagens klove

Ett test vars syfte var att se vid vilken pålagd kraft nuvarande klove släpper utfördes på Semcons testlaboratorium med hjälp av Mikael Jakobsson [35].

#### Utrustning:

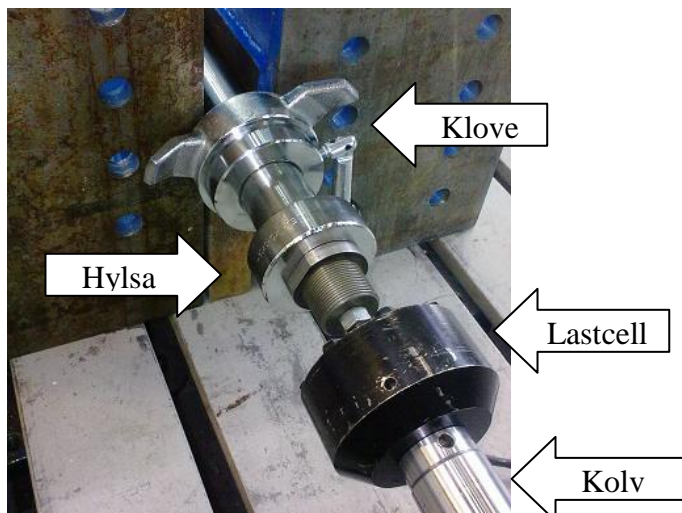
- En fastspänningsrigg med två vinkelbalkar (se figur 7.1)
- Hydraulpress med 15 kN lastcell (se figur 7.2) och lägesgivare
- Nuvarande klove
- En hylsa från Eleiko

Riggen spändes fast i linje med hydraulpressen och en tråkloss användes för att få kloven i höjd med hydraulkolven (se figur 7.1).



Figur 7.1, Hydraulpress i linje med klove, fastspänningsrigg till höger

Via ett kontrollrum manövrerades pressen med att först åka fram och tangera hylsan. Hastigheten vid pressandet valdes till 0,5 mm/s och tre tester utfördes vid denna hastighet. Det sista testet utfördes på kloven där plåtblecket tejpades med silvertejp på insidan för att ta reda på om en yta med mer friktion krävde större kraft.

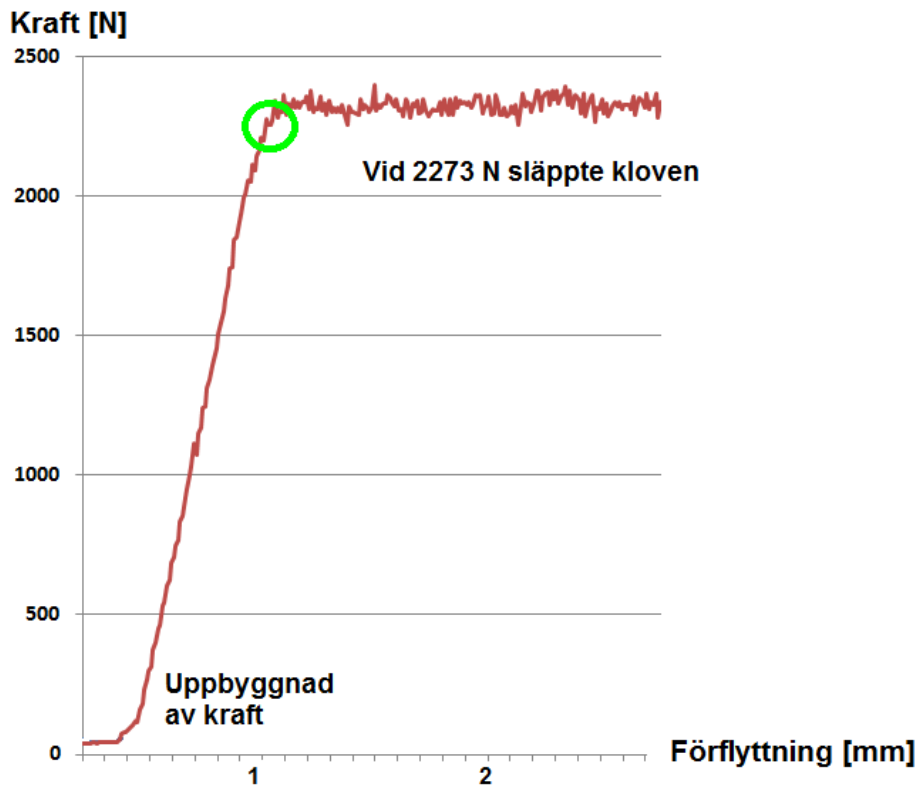


Figur 7.2, De olika komponenterna i testet

Ur tabell 7.1 utläses att största anlagda kraft för att förflytta kloven ligger på 2273 N. I figur 7.3 ses kolvens rörelse och när den maximala kraften uppnåddes.

Tabell 7.1, Pålagd kraft då kloven började förflytta sig

Test	Hastighet [mm/s]	Största uppnådda kraft [N]
1	0,5	1925
2	0,5	2273
3	0,5	2109
4 (med silvertejp)	0,5	2795



Figur 7.3, Diagram över hydarulkolvens rörelse.

Kolven tangerar hylsan och bygger upp en kraft i arrangemanget. När kolven har rört sig en mm från sitt utgångsläge börjar kloven röra på sig.

### Slutsats av test

I detta test släppte kloven vid en pålagd kraft av 2273 N. Värdet kommer att användas i en jämförelse med framtaget koncept.

Test nummer 4 visar att med tejp på blecket krävs en betydligt större axiell kraft för att flytta kloven (se tabell 7.1). Ytan på blecket bör ändras för att öka friktion mellan skivstång och klova.

## Test av dagens klove med stöt

Ett test utfördes för att få en uppfattning om vid vilken vikt klove lossnar då den utsätts för en stöt.

Utrustning:

- Viktskivor (se figur 7.4):
  - 10
  - 5
  - 2,5 kg
- Klove 2,5 kg
- Skivstång
- Ett mått på 100 mm



Figur 7.4, Träningsviktskivor

Testet utfördes genom att vikten först sattes på skivstången och låstes fast med klove för att sedan efterjusteras. Därefter ritades ett streck på skivstångens hylsa och på klovens två delar. För att få skivstången på rätt höjd när den lyftes upp vertikalt användes ett mått på 100 mm (se figur 7.5).

Efter att skivstången släppts på underlaget kontrollerades hur många grader efterjusteringen kunde vridas och hur långt huset hade förflyttat sig längs skivstångens hylsa.



Figur 7.5, Förenklat test

Tre tester av varje viktkombination utfördes där resultatet visas i tabell 7.2.

Tabell 7.2, Resultat från förenklat test

Viktskiva + klove [kg]	Fallhöjd [mm]	Approx. efterjustering [°]	Förflyttning av klove [mm]
12,5	100	800	7
12,5	100	800	7
12,5	100	815	8
7,5	100	360	3
7,5	100	360	3
7,5	100	330	2
5	100	90	1
5	100	100	2
5	100	90	1
2,5 (enbart klove)	100	0	0
2,5 (enbart klove)	100	0	0
2,5 (enbart klove)	100	0	0

Testerna visar att förflyttningen är linjär mot vikten. Vid nedsläpp utan viktskiva förflyttades ej kloven längs med skivstångens hylsa.

Enligt Eleiko förflyttar sig kloven 3 mm vid en totalvikt på 190 kg. Skivstången släpptes då från rakt utsträckta armar där höjden antogs till 2,5 m. Vid detta test landade den på två punkter precis som vid tävling. Detta test motsvarar samma förflyttning av klove som vid ett vertikalt nedsläpp med 7,5 kg från 100 mm. Ett antagande gjordes om att de två testernas resultat går att jämföra.

För att se hur mycket kloven släpper från en totalvikt på 280 kg räknades ett förhållande ut enligt ekvation 7.1. Förhållandet i det verkliga fallet antas vara linjärt även det. För att verifiera detta behövs flera tester på det verkliga fallet utföras.

$$\left( \frac{\frac{\text{Viktskiva (10 kg) + klove [kg]}}{\text{Förflyttning av klove [mm]}}}{\frac{\text{Viktskiva (5 kg) + klove [kg]}}{\text{Förflyttning av klove [mm]}}} = \frac{\frac{\text{Totalvikt, verkligt fall [kg]}}{\text{Förflyttning av klove [mm]}}}{\frac{\text{Totalvikt, Eleikos indata [kg]}}{\text{Förflyttning av klove [mm]}}} \right)$$

$$\frac{\frac{12,5}{7}}{\frac{7,5}{3}} = \frac{x}{190} \rightarrow x = \frac{280}{\frac{\frac{12,5}{7} * \frac{190}{3}}{\frac{7,5}{3}}} =$$

$$= 6,2 \text{ mm vid } 280 \text{ kg totalvikt} \quad (7.1)$$

Vikten som bör motsvara en förflyttning av kloven på 6,2 mm i det vertikala fallet beräknades enligt ekvation 7.2.

$$\frac{x}{6,2} = \frac{12,5}{7} \rightarrow x = \frac{12,5}{7} * 6,2 = 11,1 \text{ kg} \quad (7.2)$$

Vid ett vertikalt nedsläpp på 100 mm bör kloven förflyttas 6,2 mm med en last på 11,1 kg. Denna teoretiska information används i kapitel 10.1 för beräkningar av den axiella kraft vilken förflyttar kloven.

## 8. KONKURRENTANALYS

Det finns ett otal konkurrenter (se figur 8.1-8.8) på marknaden där alla försöker utveckla en produkt vilken ska uppfylla kraven från elitutövarna. Informationssökning via internet utfördes där IWF godkända klovor och andra konkurrenter kunde analyseras.

### Godkända av IWF



Werk San [12]



Ivanko [10]



Zhangkong (ZKC)  
[11]



Uesaka [17]

### Övriga



Lock-Jaw Collar [13]



Husker Powerlock  
[14]



Muscle Clamp [15]



Quick Lee Collar  
[16]

*Figur 8.1-8.8 Klovor från konkurrenter*

Generellt sett har kopiering skett mellan konkurrenter då företagen har svårt att få ett världspatent på sin produkt. De flesta klovor har funktionen och formen likt Eleikos klove där åtspänning sker med ett handtag. IWF godkända klovorna (se figur 8.1-8.4) har en likadan funktion som Eleikos klove och beskrivs därför inte här.

Muscle Clamp är en klove där en klo greppar tag om skivstången och spänner åt. Denna produkt verkar väldigt plastig (se figur 8.7).

Husker Powerlocks version är konstruerad efter spännhylse-principen där åtdragning sker då hylsorna vrids åt motsatt håll varandra. Därmed klämmer kloten mot skivstången (se figur 8.6).

Quick Lee Collar verkar smidig att montera med en smart låsfunktion som dock verkar ej kunna anbringa tillräckligt med klämkraft för att låsa tyngre vikter (se figur 8.8).

För en djupare konkurrentanalys hade tillgång till produkterna behövts.



## 9. RESULTAT

Resultatet presenteras enligt tidigare beskrivna metodavsnitt.

### 9.1 Kravspecifikation

En kravspecifikation togs fram och godkändes av Eleiko (se tabell 9.1).

Kraven och önskemålen har märkts med vilket område de berör:

T	Teknik	Prestanda, processen
O	Omgivning	Utrymme, miljö
M	Människan	Ergonomi, estetik
E	Ekonomi	Pris, kostnad

Tabell 9.1, Kravspecifikation enligt Eleikos krav och önskemål

	Krav/Önskemål	TOME	Beskrivning
<b>Konstruktion</b>			
Maxvikt 2,5100 kg	K	T	
Minvikt 2,5000 kg	K	T	
Stabil och pålitlig konstruktion	K	T, M	Ska hålla för 280 kg totalvikt på 2,5 m
Klovens innerdiameter ska passa skivstång med ytterdiameter 50 mm	K	T	
Minimera material och delar	Ö-2	T, E	
Slutlig justering efter fastspänning	Ö-4	T, O, M, E	Vingmutter för slutlig åtdragning
Minimera upptagen plats	Ö-3	T, O	Smalare bredd - plats för fler viktskivor (kopplat till maxvikt)
Minimera ljudnivå och störningar	Ö-4	T, O, M	Inga löst hängande delar
Minimera förslitning av skivstång vid fastspänning av klove	Ö-4	T	
Viktskivor och skivstång ska ej utvecklas	Ö-5	T, E	Eftersom det blir dyrt för kund att investera i ett nytt tyngdlyftningspaket.
Klove ska finnas i tyngdlyftningsutrustningen	K	T, M, E	Eleiko vill utveckla sin klove därför ska en klove ingå i lösningen.
Enkel konstruktion	Ö-4	T	Det skall finnas tillräckligt med information om konstruktionsprincipen.

## Hantering - Ergonomi

Minimera kraftansträngning vid fastspänning	Ö-3	T, M	
Handhavande av en person	K	O, M	
Snabb och smidig att använda	Ö-3	T, M	Total monterings- tid av klove på skivstång bör ligga under 20 s förutsatt att klovens delar är hopsatta.
Minimera skaderisker	K	T, M	Minimera vassa kanter

## Design & hållbarhet

Produkten ska ha ett tilltalande yttre	Ö-2	M	
Rostfri	Ö-2	O, M, E	
Underhåll ska minimeras	Ö-4	T, O, E	Delarna ska ej behöva smörjas
Garanti 5 år	Ö-3	T, E	

## Pris

Behålla ungefärligt nuvarande inköpspris	Ö-4	E	526 kr/st vid inköp av 400 st/år (Antal steg i tillverkning och antal detaljer påverkar total kostnad)
--	-----	---	--

## 9.2 Funktionsanalys

Funktionsanalys enligt trädstruktur (se figur 9.1) utfördes för att bryta ner huvudfunktionen i delfunktioner och därmed löstes huvudproblemet lättare.



Figur 9.1, Funktionsanalys med huvudfunktion och delfunktioner

### 9.3 Idégenerering

Idégenerering utfördes enligt metoder beskrivna i metodavsnittet.

#### Brainstorming

Brainstorming genomfördes med hjälp av två frågor:

##### 1. Hur får man något att sitta fast?

- Klämma
- Skruva fast
- Skruva i (hål krävs)
- Trycka
- Pressa
- Spänna - åtdragning
- Pumpa
- Friktion
- Spärra
- Låsa
- Nita
- Tejpa
- Svetsa
- Limma, klistra
- Knyta
- Elektronbindning
- Häfta
- Spika
- Värma
- Kyla
- Vrida
- Kila

##### 2. Vilka lösningar finns i praktiken?

- Gångjärn
- Muttrar
- Skruvförband
- Frihjulskoppling
- Friktionsmaterial
- Fjäder
- Klämhylsa
- Slangklämma
- Koniska förband – kila fast
- Borrchuck/svarvchuck
- Nitar
- Tejp
- Lim, klister, loctite
- Hydraultryck
- Snöre, band, rep
- Spännband
- Ytbeläggning
- Elektromagnet
- Spik
- Häftstift
- Häftmassa
- Utvidgande material
- Krympförband
- Klämförband
- Fjäderklove
- Låsring
- Sprintar
- Bromsbackar
- Bromsskivor
- Fjäderbricka
- Låsbricka

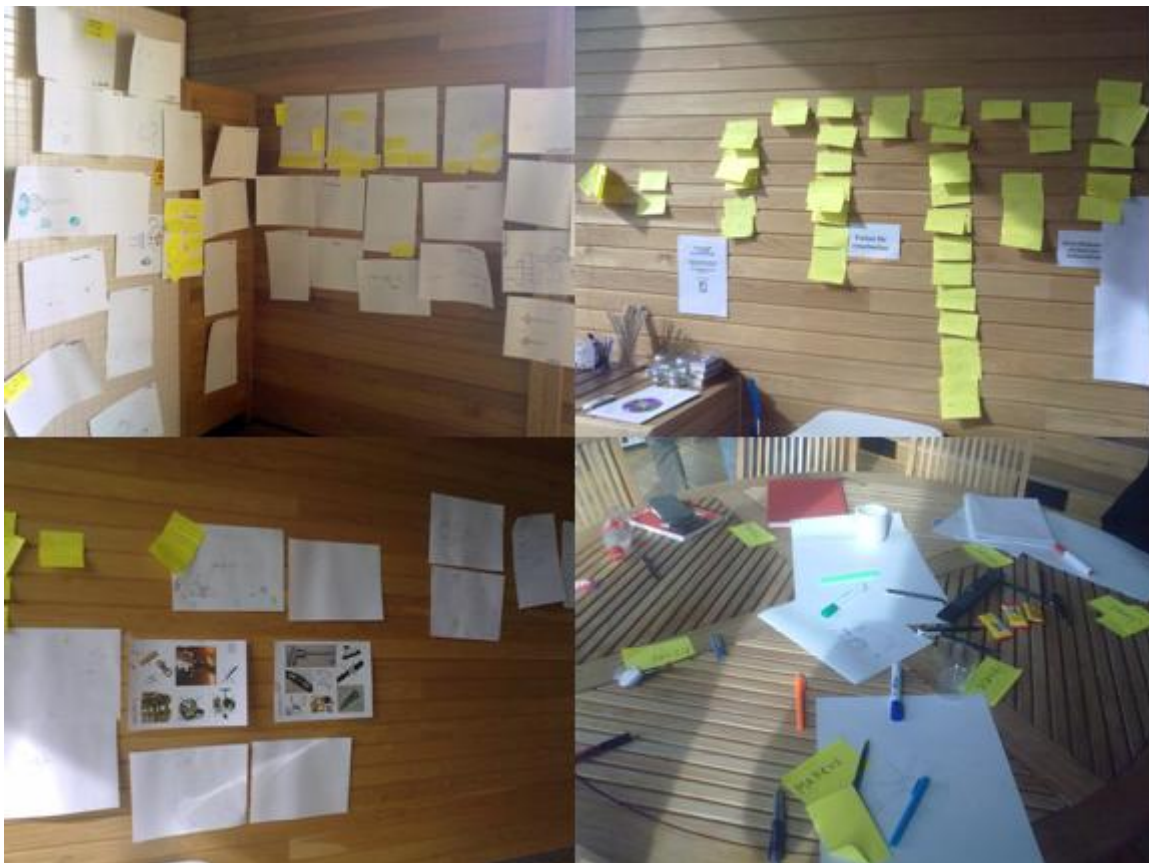
## Workshop - idégenerering på Semcon

Tillsammans med sex ingenjörer från Semcon och två klasskamrater genomfördes en workshop med fokus på idégenerering. Uppgiften var att lösa hur en viktskiva låses fast på en skivstång. Ingen hänsyn till krav eller önskemål togs.

Alla existerande idéer tömdes först med syftet att tankarna sedan skulle få flöda fritt. Två grupper bildades och tilldelades olika yrkesroller, företag och egenskaper:

- Femåring
- Guldsmed
- Ikea
- Porsche
- Engångsprodukt
- Monteringstid: en timme

Workshopen resulterade i mängder av idéer (se figur 9.2).



*Figur 9.2, Bilder från workshop med Semcon*

Resultatet analyserades och sorterades utifrån kravspecifikationen. Flertalet av idéerna uppfyllde ej kraven men sparades eftersom de kunde fungera som inspiration.

## 9.4 Konceptframtagning - Morfologisk matris

För att ta till vara på resultaten av den kreativa processen fördes de in i en morfologisk matris (se figur 9.3). Olika kombinationer av koncept togs fram utifrån denna matris.

Delfunktion	Dellösningalternativ						
Vikter placeras tätt	-	-	-	-	-	-	-
Klove på	Pressa på	Vikas över	Glida på		Slå på	Gånga på	
Klove låses	Chuck	Spännhylsa	Skruvförband	Klämförband	Koniska förband	Sexkantslåsning	Kontramutter
	Vridlåsning med pigg på viktskiva	Fjäderbelastad fastlåsning (BIC)	Låsbricka	Omvänd frihjulskappling	Bromsbackar	Pressförband	Kilförband
Friktionsmaterial	Magnet		Gummi/plast		Metall		
Eventuell efterjustering				Vingmutter			
Låsning av efterjustering	Fjäderbricka	Kontramutter	Låsmutter (3 möjliga varianter)		Tandad låsbricka	Spärr av vingmutter (tänder)	
Stång lyftes	Enligt tävlingsregler						
Stång dunsar i underlag	Enligt tävlingsregler						
Upptagande av pulserande last	Vågfjäder				Gummibussning		

Figur 9.3, Morfologisk matris med olika dellösningalternativ

Ur den morfologiska matrisen togs 98 lösningar fram. Möjliga lösningar är  $5 * 14 * 3 * 5 * 2 = 2100$  stycken.

Streckdragning mellan delfunktionerna för att skapa kombinationer visade sig snabbt vara en metod som skulle ge ett rött resultat. Kombinationerna presenteras istället såhär:

### Chucken

1a. Glida på – Chuck – Gummi/plast – Vingmutter – Kontramutter (Kontramutter se bilaga 17)

...

1p. Glida på – Chuck - Metall – Vingmutter - Gummidämpare (Gummidämpare se bilaga 17)

För fullständigt resultat ur morfologisk matris se bilaga 3. De kombinationer som ej uppfyllde kraven sållades först bort. Vid nedslag genereras en kraftig impuls vilken behövs dämpas (sidan 10). Därför sållades kombinationer utan dämpning bort innan utvärderingsprocessen.

## 9.5 Utvärdering

Till utvärderingsprocessen analyserades de 95 kombinationer framtagna med hjälp av morfologisk matris som uppfyllde kraven.

### Elimineringsmatris

Kombinationerna utvärderades och ett flertal eliminerades då de ej uppfyllde faktorer uppsatta i matrisen (se tabell 9.2).

Tabell 9.2, Utdrag ur elimineringsmatris

Elimineringsmatris för utveckling av tyngdlyftningsklove	Elimineringskriterier							Beslut				
	(+) Ja (-) Nej (?) Mer info krävs (!) Kontroll produktspec.							(+) Fullfölj lösning (-) Eliminera lösning (?) Sök mer info (!) Kontroll produktspec.				
Lösning	1b	1c	1e	1f	1g	1h	1j	1k	1m	1n	1o	1p
Löser huvudproblemet	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Uppfyller alla krav	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Realiserbar	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Inom kostnadsramen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Säker och ergonomisk	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Passar företaget	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Beslut</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

För fullständig elimineringsmatris se bilaga 4.

Efter att ha utvärderat koncepten i elimineringsmatrisen beslutades att de nio koncept vilka uppfyller Eleikos krav och önskemål bäst skulle gå vidare för utvärdering enligt Kesselring.

## Kesselring

Kesselrings kriterieviktmatris genomfördes med hänsyn till önskemålets rang (se tabell 9.3). Med hjälp av denna matris valdes fyra koncept ut att presentera för Eleiko. Fullständig matris se bilaga 5. Viktningen skedde efter en bedömning utifrån de kunskaper vilka skaffats i utvärderingen av Eleikos nuvarande klove och efter de krav och önskemål uppsatta i kravspecifikationen.

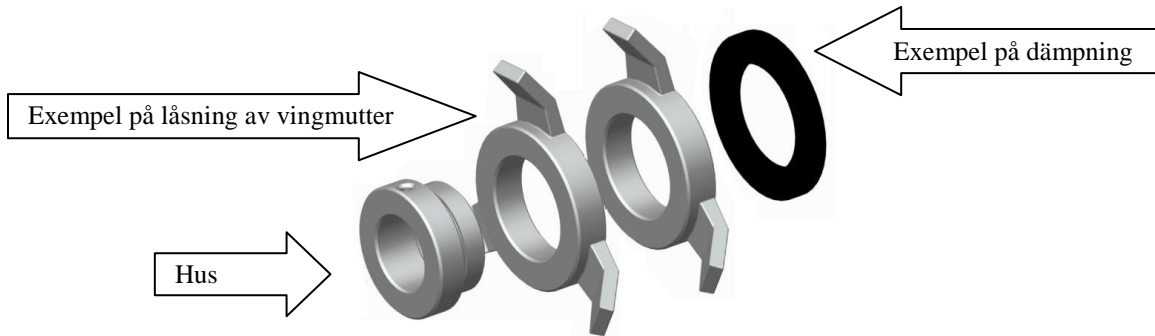
Tabell 9.3, Utdrag ur kriterieviktmatris enligt Kesselring

Kesselring metoden	Koncept												
	w	Ideal		2p		3g		3h		3o		3p	
Önskemål	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	
Minimera material och delar	2	5	10	3	6	2,5	5	2,5	5	3	6	3	6
Slutlig justering efter fastspänning	4	5	20	4	16	4	16	4	16	4	16	4	16
Minimera upptagen plats	3	5	15	2	6	2,5	7,5	2,5	7,5	2,5	7,5	2,5	7,5
Minimera ljudnivå och störningar	4	5	20	3,5	14	3,5	14	3,5	14	3,5	14	3,5	14
Minimera förslitning av skivstång vid fastspänning av klove	4	5	20	3,5	14	4	16	4	16	3,5	14	3,5	14
Viktskivor och skivstång ska ej utvecklas	5	5	25	4	20	4	20	4	20	4	20	4	20
Enkel konstruktion	4	5	20	2,5	10	3	12	3	12	3,5	14	3,5	14
Minimera kraftansträngning vid fastspänning	3	5	15	2	6	3	9	3	9	3	9	3	9
Snabb och smidig att använda	3	5	15	3	9	3	9	3	9	3	9	3	9
Produkten ska ha ett tilltalande yttre	2	5	10	3,5	7	2	4	3	6	2	4	3,5	7
Rostfri	2	5	10	4	8	4	8	4	8	4	8	4	8
Underhåll ska minimeras	4	5	20	3	12	2,5	10	2,5	10	3,5	14	3,5	14
Garanti 5 år	3	5	15	3	9	2,5	7,5	2,5	7,5	3	9	3	9
Behålla ungefärligt nuvarande inköpspris	4	5		20		<i>Betydligt mer information behövdes för att ta hänsyn till detta önskemål. Beslut togs att titta på kostnader först när koncept hade valts.</i>							
Summa		215		137		138		140		144,5		147,5	
% av idealet		100		63,7%		64,2%		65,1%		67,2%		68,6%	
Rangordning		-		9		8		7		2		1	

## 9.6 Presentation av koncept

För att Eleiko lättare skulle kunna välja ett så bra koncept som möjligt delades de fyra koncepten (se sidan 22) upp i tre delar (se figur 9.4 ):

- Hus
- Låsning av vingmutter
- Dämpning av vibrationer



Figur 9.4, Förklaring av uppdelning, nuvarande klove används som exempel

Eleiko fick då  $4 * 2 * 2 = 16$  kombinationer att utvärdera.

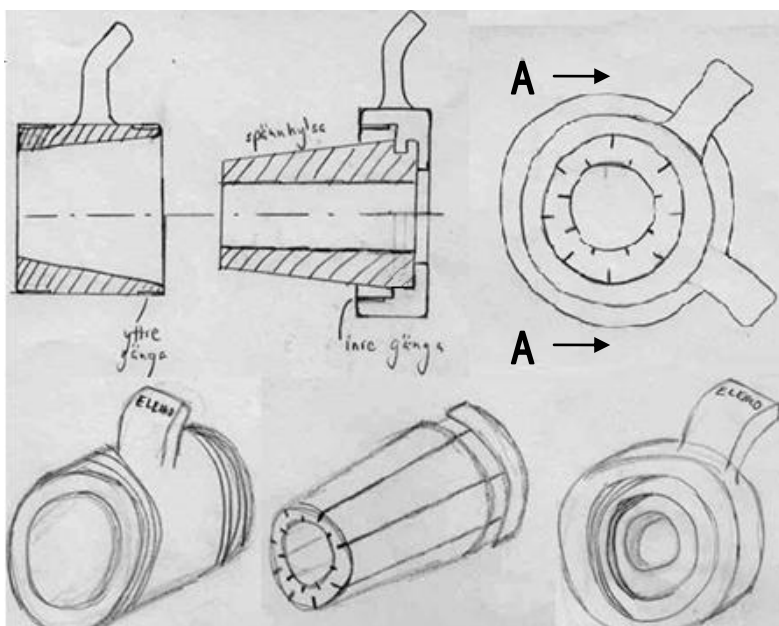
### Hus

Husen kommer att behålla nuvarande efterjustering i form av en vingmutter.

### Koncept med spännhylsa (kallad 2p i bilaga 3)

En spännhylsa i metall eller gummi placeras i åtdragningsmuttern genom att vinkla in spännhylsan där en excentrisk bricka (se figur 9.5) tar tag i spännhylsans klack. Syftet med den excentriska brickan är att bringa med spännhylsan ut ur det konade huset vid lossande.

Spännhylsan är försedd med slitsar vilka möjliggör att diametern i spännhylsan kan krympa och krama om skivstången. Detta gör den först när åtdragningsmuttern skruvas på huset och spännhylsan glider in i konan.

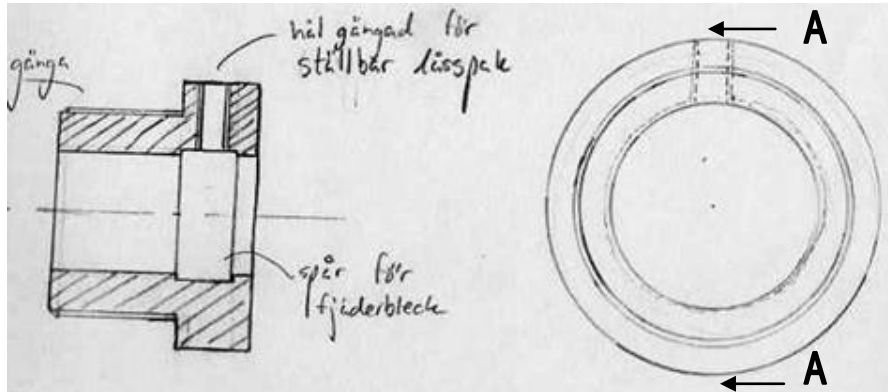


Figur 9.5, Skiss över koncept med spännhylsa



### Nuvarande klove modifierad - Klämförband (kallad 3p i bilaga 3)

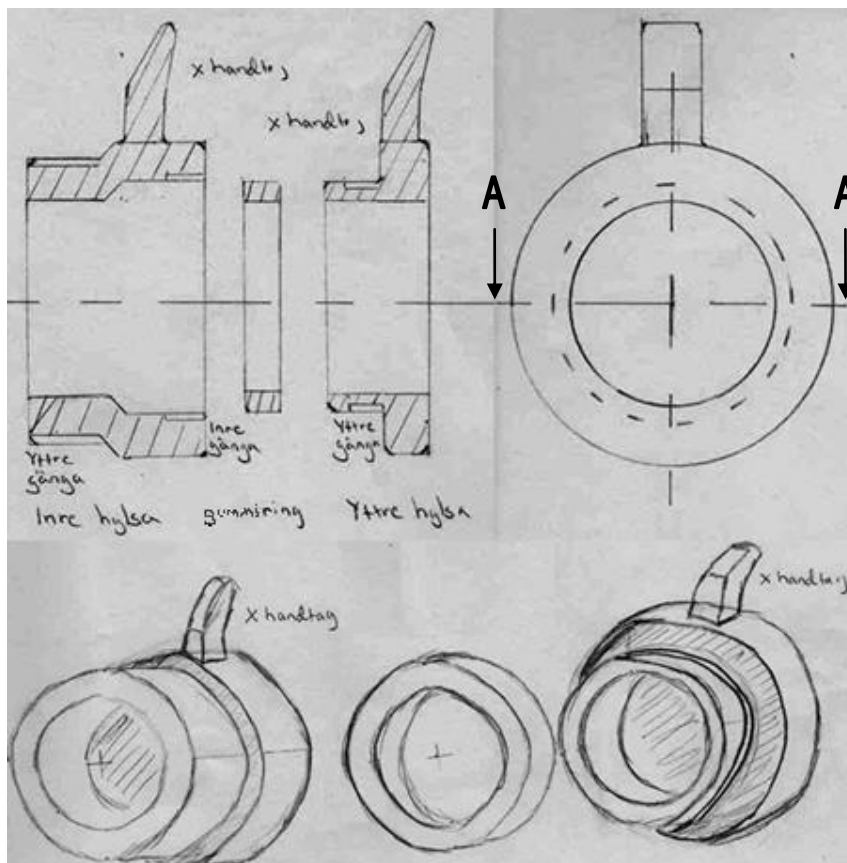
Konceptet består av nuvarande kloves hus (se figur 9.6) där en skruv klämmer åt ett bleck runt skivstången. För att öka friktionen mellan bleck och klove bör plåtblecket ha en beläggning av till exempel gummi. Alternativt kan blecket tillverkas i någon form av plast. Nuvarande låsspak ersätts med en ställbar låsspak (se bilaga 17).



Figur 9.6, Skiss över nuvarande hus

### Koncept med gummiring – Klämförband (kallad 4h i bilaga 3)

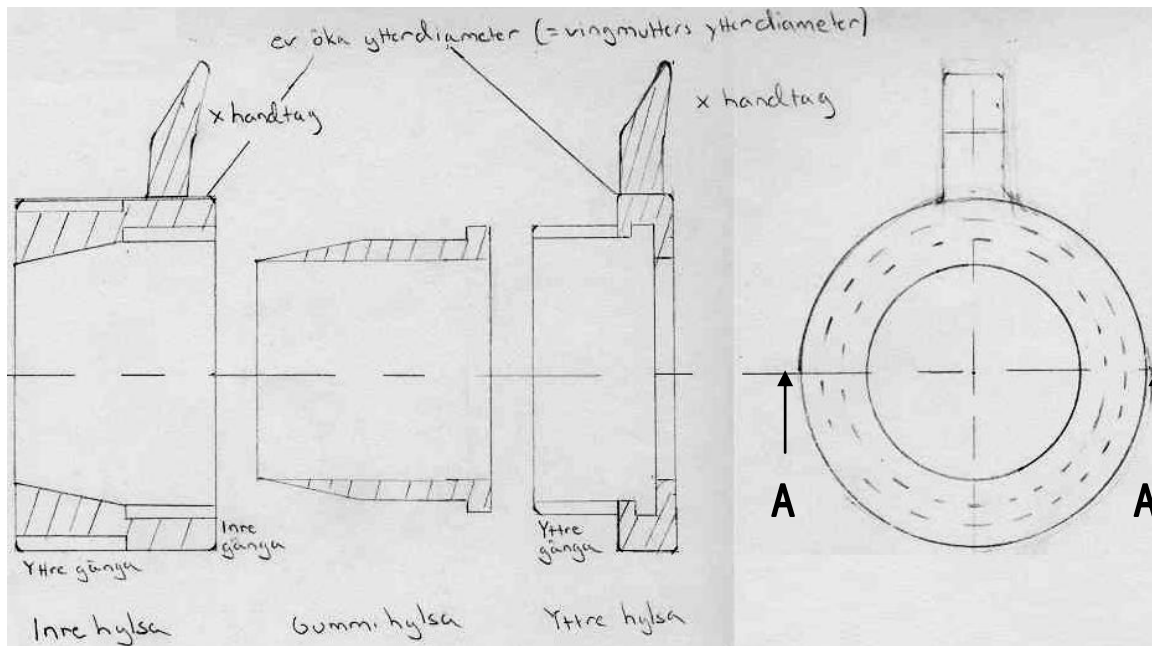
En gummiring placeras i den inre hylsan. När den yttre hylsan skruvas in kläms gummiringen mot skivstången med hjälp av avfasningen (se figur 9.7).



Figur 9.7, Skiss över koncept med gummiring

### Koniskt förband (kallad 6h i bilaga 3)

Ett koniskt förband i form av en roterbar gummihylsa sitter fast i den yttre hylsan. Dessa två trycks in i den inre hylsan för att sedan skruvas in i varandra då gängkontakt har uppnåtts. Gummihylsan pressas ner mot skivstången då den inre hylsan är konad (se figur 9.8).



Figur 9.8, Skiss över koncept med koniskt förband och gummihylsa

#### Låsning av vingmutter

- Kontramutter
- Låsmutter

#### Dämpning

För att uppta de vibrationer som uppstår vid stöt behövs en typ av dämpning vilken monteras på efterjusteringen. Två typer av dämpning har tagits fram:

- Gummidämpare
- Vågfjäder (Vågfjäder se bilaga 17)

### 9.7 Konceptval

Via en utvärderingsmatris (se bilaga 6) utsåg Stefan Berg [28] följande dellösningar till vinnare:

- Spännhylsan i metall
- Gummidämparen

Dessa dellösningar utgör ett koncept vilket hädanefter kallas koncept A. Låsning av vingmutter, det vill säga låsning av efterjusteringen, togs bort eftersom Stefan ej såg ett problem med det.

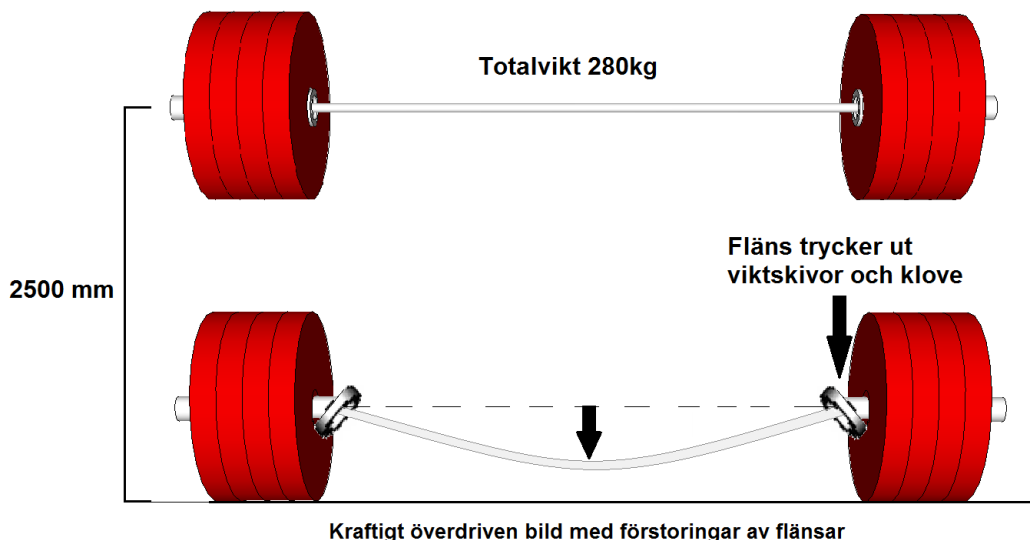
Nuvarande klove skulle modifieras genom att låshandtaget ersätts med ett ställbart låshandtag (se bilaga 17). Detta koncept kallas hädanefter för koncept B.

## 10. KONSTRUKTION OCH ANALYS – KONCEPT A

Beräkningar, dimensioneringar och FE-analys utfördes på koncept A. En 3D-modell togs fram i Pro Engineer och därefter en prototyp.

### 10.1 Beräkning av axiell kraft att motverka

Konceptet ska dimensioneras för att motverka en specifik kraft vilken genereras vid nedslag av skivstång. I detta kapitel tas denna kraft fram. Följande antagande har gjorts; när vikterna slår i golvet böjs skivstången nedåt och därmed trycker flänsarna ut viktskivorna och kloven (se figur 10.1).



Figur 10.1, Antagande av verklig händelse

Efter att ha rådfrågat lärare på Chalmers och beräkningsingenjörer på Semcon bestämdes att approximera den axiella kraft kloven utsätts för. Vid ett vertikalt nedsläpp på 100 mm förflyttas kloven 6,2 mm med en last på 11,1 kg. Denna last motsvarar ett verkligt nedsläpp från 2,5 m med en totalvikt på 280 kg. Denna information är från tidigare beskrivit antagande gjort i testkapitlet (se ekvation 7.2).

Nedsläpp skedde från en höjd av 0,1 m mot stumt underlag. Tyngdaccelerationen sattes till  $9,81 \text{ m/s}^2$ . Arrangemangets initialhastighet var känd,  $v_0 = 0 \text{ m/s}$ .

Tiden skivstången färdas beräknades enligt ekvation 10.1 [2] [31].

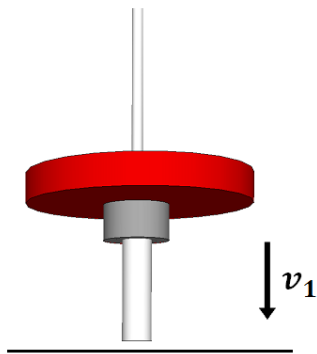
$$s = v_0 * t + \frac{a * t^2}{2} \quad (10.1)$$

$$0,1 = 0 * t + \frac{9,81 * t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{0,1 * 2}{9,81}} = 0,143 \text{ s}$$

Hastighet strax innan stöt (se figur 10.2) beräknades enligt ekvation 10.2 [2] [31].

$$v_1 = v_0 + a * t \quad (10.2)$$

$$v_1 = 0 + 9,81 * 0,143 = 1,403 \text{ m/s}$$



Figur 10.2, Strax innan stöt

Energikonsivering kan användas ty stum stöt. Hastigheten strax efter stöt beräknades enligt ekvation 10.3 [2] [31].

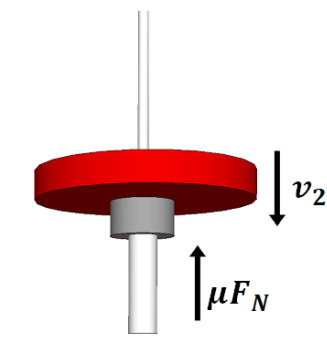
$M_1$  är totala massan på viktskiva och klove.  $M_2$  är skivstångens massa. Strax innan stöt färdas viktskiva, klove och skivstång ( $M_1 + M_2$ ) med gemensam rörelseenergi mot golvet. Strax efter stöt vill klove och viktskiva ( $M_1$ ) fortsätta neråt medan skivstång stoppas (se figur 10.3).

$$T_1 + V_1 = T_2 + V_2 \Rightarrow \frac{(M_1 + M_2) * v_1^2}{2} + 0 = \frac{M_1 * v_2^2}{2} + 0 \Rightarrow$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{(M_1 + M_2) * v_1^2}{M_1}} \quad (10.3)$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{((7,37 + 2,5) + 20) * 1,403^2}{7,37 + 2,5}} = 2,441 \text{ m/s}$$

Hastighet på viktskiva och klove strax efter stöt (se figur 10.3).



Figur 10.3, Strax efter stöt

Kinetiska energin beräknades enligt ekvation 10.4 [2] [31].

$$E = \frac{M_1 * v_2^2}{2} \quad (10.4)$$
$$E = \frac{(7,37 + 2,5) * 2,441^2}{2} = \mathbf{28,69 J}$$

Uträkning av den axiella kraft vilken flyttar viktskiva och nuvarande klove 6,2 mm skedde enligt ekvation 10.5 [2] [31].

$$F_\mu = \frac{E}{s} \quad (10.5)$$
$$F_\mu = \frac{28,69}{6,2 * 10^{-3}} = 4627,4 \approx \mathbf{4630 N}$$

Kloven ska ej flytta på sig och en dämpare, vars karakteristik är jämförbar med en fjäders, sätts in för att ta upp energin genom en tillåten deformation på 7 mm. Genom ekvation 10.6 [2] [31] beräknas den kraft vilken kloven ska hålla emot.

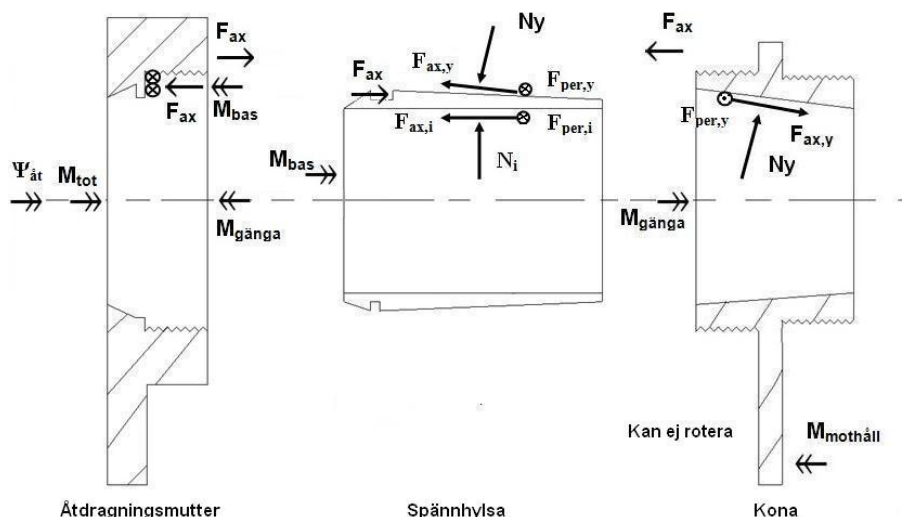
$$E = F_\mu * s + \frac{F_{fjäder} * \delta}{2}$$
$$= [\text{om glidning först sker i klove}] = F_\mu \left( s + \frac{\delta}{2} \right) \Rightarrow$$
$$F_\mu = \frac{E}{\left( s + \frac{\delta}{2} \right)} \quad (10.6)$$
$$F_\mu = \frac{28,69}{\left( 0 + \frac{0,007}{2} \right)} = 8197,143 N \approx \mathbf{8200 N}$$

Kraften på kloven blir 8200 N vilket kräver en deformation av dämpare på 7 mm för att kloven ej ska röra på sig.

## 10.2 Beräkning av åtdragningsmoment

För att ta reda på vilket åtdragningsmoment som krävs för att hålla emot den axiella kraft som uppstår gjordes en friläggning (se figur 10.5) och jämviktsberäkning av konceptet [1] [32]. Åtdragningsmomentet räknas fram för att ta reda på om det är möjligt för en människa att dra åt. Värdet ska också jämföras med åtdragningsmoment för nuvarande klove (se sidan 10).

Friktionskoefficienten antogs till 0,18 mellan alla ytor [1]. Fullständiga beräkningar finns beskrivna i bilaga 7. Alla beteckningar i friläggningsfigur finns beskrivna i avsnittet om beteckningar.



Figur 10.5, Friläggning av koncept med spännhylsa

### Beräkning av erforderligt åtdragningsmoment på spännhylsa

**Sökt:**  $M_{tot}$  då  $F_{ax,i}$  (friktionskraften)  $\geq 8200 \text{ N}$  (se ekvation 10.6)

Axiell glidning förutsattes mellan kona och spännhylsa och därefter beräkningar vid stötlast. För att kunna beräkna erforderligt åtdragningsmoment i syfte att övervinna friktionskraften beräknades först den axiella kraften  $F_{ax}$  på gängan (se figur 10.5):

$$F_{ax} \geq 14242,12 \approx \mathbf{14243 \text{ N}}$$

Sedan beräknades  $M_{tot}$  (se figur 8.4) förutsatt att det är en ISO-gänga:

$$M_{tot} = 191302,89 \text{ Nmm} = \mathbf{192 \text{ Nm}}$$

### Beräkning av erforderligt mothållsmoment på kona

**Sökt:**  $M_{mothåll}$

Antag att det glider mellan spännhylsa och kona, det vill säga att:

$$M_{mothåll} = 118086,67 \text{ Nmm} \approx \mathbf{118,1 \text{ Nm}}$$

En kontroll av att det glider mellan spännhylsa och kona utfördes, se bilaga 7.

### 10.3 Gummidämpning

För att förlänga stöttiden, under vilken kloven blir utsatt för av en kraft, monterades en gummidämpare på vingmuttern mot viktskivan.

Kraften vilken verkar på en fjäder är proportionell mot deformationen, Hookes lag gäller. En gummidämpares karakteristik är jämförbar med en fjäders [24]. Eftersom detta gäller beräknades den energi som ska tas upp av gummidämparen med tidigare använda ekvation 10.6.

$$E = F_{\mu} * s + \frac{F_{fjäder} * \delta}{2} \quad (10.6)$$

Förslagsvis ska gummi av polyuretansort (se bilaga 18) användas och tillverkare bör kontaktas för att få rätt typ passande för ändamålet. Följande mått har använts vid dimensionering av gummidämpare och bör användas som underlag vid kontakt med tillverkare:

- Innerdiameter: 76 mm
- Ytterdiameter: 108 mm
- Tjocklek: 12 mm
- Maximal deformation: 7 mm
- Kraftupptagande: 8200 N

För att kloven snabbt och smidigt ska kunna monteras på hylsa bör alla delar sitta ihop (se kravspecifikation kapitel 9.1). Därför sker fastsättning av gummidämpare på vingmutter via limning eller vulkning (se bilaga 18). För att ta reda på vilket det bästa alternativet är bör tillverkare kontaktas.

Skjuvning av gummidämpare kan uppstå vid efterjustering. Detta motverkas genom att en metallbricka monteras mellan dämpare och viktskiva.

För ritning av gummidämpare med metallbricka se bilaga 9.

### 10.4 Val av material

Följande material valdes:

- Vingmutter - gjutjärn (se bilaga 18), låg kvalitet som går att bearbeta [28]
- Spännhylsa – segjärn (se bilaga 18) [33]
- Åtdragningsmutter - gjutjärn, låg kvalitet som går att bearbeta
- Kona - gjutjärn, låg kvalitet som går att bearbeta

### 10.5 FE-analys

FE-analys utfördes på den komponent vilken skulle deformeras och därmed klämma åt skivstången vid åtdragning. Syftet med denna analys var att se om spännhylsan hade dimensionerats rätt, alltså att den krymper 0,5-1 mm på diametern vid ett angivet normaltryck.

Friktionskoefficienten antogs till 0,18 mellan alla ytor [1].

Förutsättningar för analys var:

- Konstant tryck runt hela spännhylsan (figur 10.16).

$$p = \frac{\text{Normalkraft}}{\text{Area}} \quad (10.16)$$

där  $p = \text{tryck}$

Normalkraften  $N_y$  (se figur 10.5) på spännhylsan fås fram genom:

$$N_y = N_i * \cos \alpha \quad \alpha = \text{konvinkel} \quad (10.17)$$

där

$$N_i = \frac{F_{ax,i}}{\mu_{st\ddot{a}ng \text{ sp\ddot{a}nnhylsa}} \quad (10.18)$$

Ekvation (10.16) med ekvation (10.17) och (10.18) ger ett tryck:

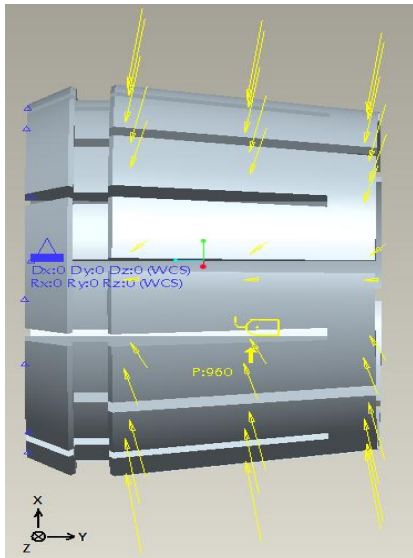
$$p = \frac{\cos \alpha * N_i}{\text{Area}} = \frac{\cos \alpha * \frac{F_{ax,i}}{\mu_{st\ddot{a}ng \text{ sp\ddot{a}nnhylsa}}}{\text{Area}}$$
$$p = \frac{\cos 8 * \frac{8200}{0,18}}{4701,4} = \frac{45112,2}{4701,4} = 9,59 \approx \mathbf{9,6 \text{ MPa}}$$

- E-modul för segjärn: 170 GPa
- Spännhylsan ska deformeras 0.5-1 mm på diametern [26].
- Randvillkoret fast inspänd i vänsterkant enligt figur 10.6.
- Sträckgränsen ligger på 600 MPa.

Två varianter av metoder finns i programmet Pro/MS för att välja polynomgrad till varje element. Körningen inkluderade metoden SPA (Single Pass Adaptive) där fördelen är snabba beräkningar med acceptabel noggrannhet.

Parametrarna av intresse var hur mycket spännhylsan deformerades och om spänningarna höll sig inom den elastiska gränsen för materialet.





Figur 10.6, Last- och randvillkor på spännhylsa [5]

**Slutsats:**

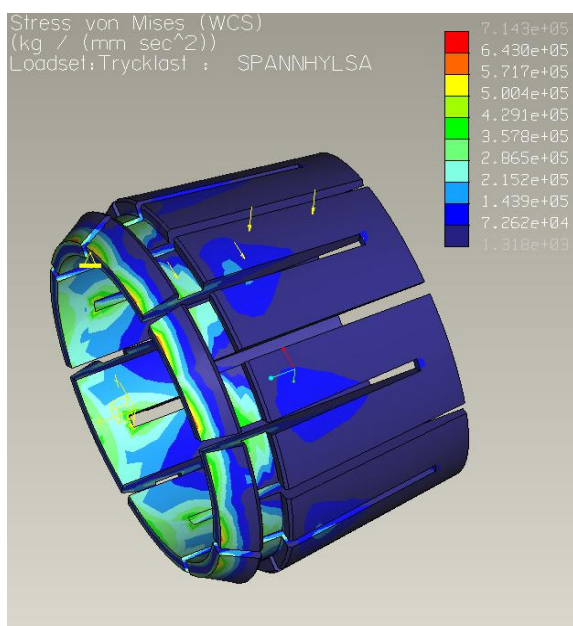
Spännhylsans tjocklek minskades och visade därefter en maximal deformation på 0,43 mm (se figur 10.7) på spännhylsans radie.

**Measures:**

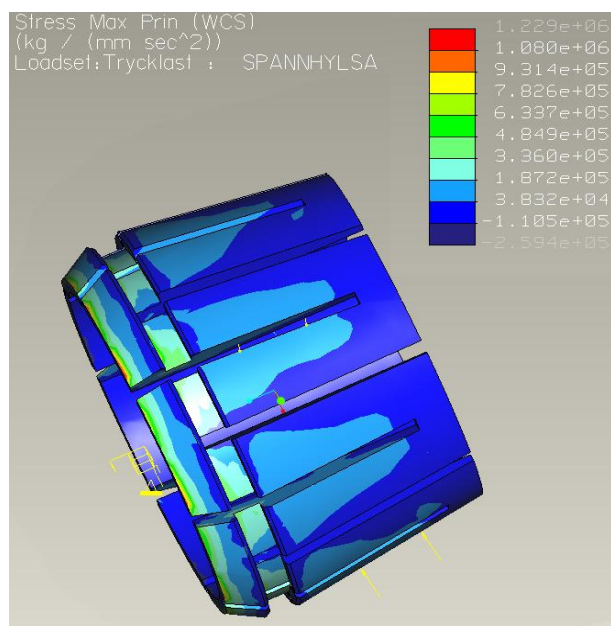
max\_disp\_x: -4.342287e-01  
 max\_disp\_y: -4.150833e-01  
 max\_disp\_z: -4.681666e-02

Figur 10.7, Intressanta värden vid analys

Bilden visar att maximal spänning uppkommer i området där modellen är fast inspänd i vänsterkant. I verkligheten är modellen ej inspänd på samma sätt. Bortsett från modellens fast inspända kant uppgår spänningarna endast till 400 MPa.



Figur 10.8, Spänning enligt von Mises



Figur 10.9, Huvudspänning

## 10.6 Datorstödd produktmodellering

En 3D-modell av konceptet togs fram i Pro Engineer (se figur 10.10 och 10.11).



Figur 10.10, Sprängvy på konceptet



Figur10.11, Konceptet hopmonterad

Klovens slutvikt hamnade på 2,58 kg inklusive gummiring och bricka. Vikten har lagts lite högre än det tillåtna eftersom felmarginaler som densitet och tillverkningsprocess kan inverka på slutvikten.

Spännhylsan dimensionerades efter ER-standard spännhylsor [26] där största skillnaden är att längden är kortare. För ritningar se bilaga 9.

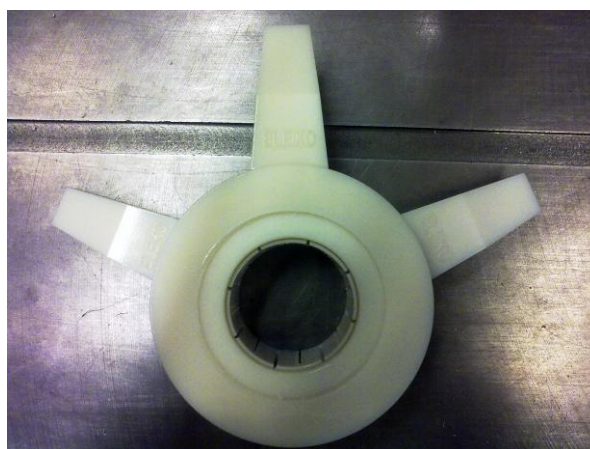
Dimensioner enligt ISO-standard användes för samtliga gängor. Diametern på klovens gängor är större än de som finns i en tabell för M-gängor därför gjordes en tabell för större ytterdiameter (se bilaga 12).

## 10.7 Friformsframställning

De utförda modellerna i CAD gjordes om till STL-filer vilka programmerades in till 3d-printern. Programmet visade att prototypen skulle väga 1000 gram vid färdig produkt efter 14 timmars körning. Resultatet ses i figur 10.12 och 10.13.



Figur 10.12, Modellen i 3d-printern



Figur 10.13, Modellen i hopmonterad

## 10.8 Kostnad

Spännhylsan finns ej i standard utan behöver specialtillverkas. En ungefärlig prisuppgift på en specialtillverkad spännhylsa skulle hos en mekanisk verkstad ligga på runt 1200-1500 kr vid prototyp tillverkning [34]. Vid större beställningar eller vid kontakt av tillverkare utomlands kan ett bättre pris eventuellt fås.

Åtdragningsmutter och den inre konade hylsan vilka tillsammans bildar huset bör hamna på ungefär samma tillverkningskostnader som idag då de liknar nuvarande kloves geometrier. Ritningar bör skickas till tillverkare för att få en korrekt prisbild.

Gummidämpningens kostnad fås först efter att tillverkare kontaktats och rätt dimensioner och materialval gjorts.

## 10.9 Jämförelse med nuvarande klove

Nuvarande klove:

- Lossnar vid en maximal pålagd kraft av 2273 N med ett åtdragningsmoment på cirka 25 Nm.
- Har ingen gummidämpare för upptagande av energi.
- Enligt tidigare beräkningar och antaganden lossnar kloven 6,2 mm med 280 kg totalvikt.

Koncept A:

- Konceptet är konstruerat att hålla för en pålagd kraft av 8200 N med ett åtdragningsmoment på cirka 190 Nm. Mothållsmomentet ligger på ca 120 Nm.
- En gummidämpare konstruerad för att uppta energin och därmed minska stöten på kloven.
- Konceptet ska ej lossna vid 280 kg totalvikt förutsatt att åtdragningsmoment och mothållsmoment uppfylls.
- Ger en bättre tryckfördelning eftersom ytan i kontakt mot skivstången är större.

Åtdragningsmomentet och mothållsmomentet på koncept A verkar väldigt högt. För att verifiera värdena krävs att en prototyp tas fram och testas.

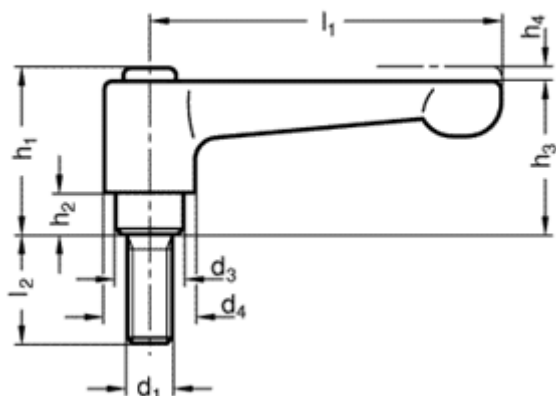
Eftersom testet på Semcons testlab gjordes före beräkningar fanns tyvärr inte möjlighet att testa vid vilken pålagd kraft nuvarande klove släpper då åtdragningsmomentet är 190 Nm.

## 11. KONCEPT B

Önskemålet från Eleiko var att ersätta låshandtaget på den nuvarande kloven. I analys av nuvarande klove var slutsatsen också att blecket behöver sitta fast bättre och att kloven behöver ha en dämpning.

### 11.1 Ställbart låshandtag

Ställbara låshandtag finns att köpa som standard hos till exempel återförsäljaren Eugen Wiberger AB [9]. Måttet  $l_1$  är  $90^\circ$  mot  $l_2$  (se figur 11.1) vilket ger största möjliga åtdragningsmoment vid minimal kraftansträngning.



Figur 11.1, Ställbar låsspak [9] för dimensioner se tabell 9.1.

Tabell 11.1, Dimensioner ställbar låsspak [9].

l1	d1	l2	d3	d4	h1	h2	h3	h4
78	M10	20	16	21	36	8	34	4

**Material:** Lackerat zinktryckgods. Insats i brunerat stål

Det finns även ett alternativt i rostfritt stål men den är då cirka fem gånger dyrare än valt material (se tabell 11.2). Handtaget i rostfritt är ej  $90^\circ$  mot skruv vilket därmed kräver större kraft vid åtdragning.

Tabell 11.2, Pris på ställbara låsspakar [9].

Art. Nr.	Benämn.	Kr/st	Förpackn. 10 st.	Förpackn. 50 st.
GN302 S78-M10X25	Ställb. låsspak, 90 grad	63,80	-10 %	-20 %
GN300.5 NI78-M10X25	Ställb. låsspak, helt rostfri	227,00	-10 %	-20 %

### 11.2 Blecket

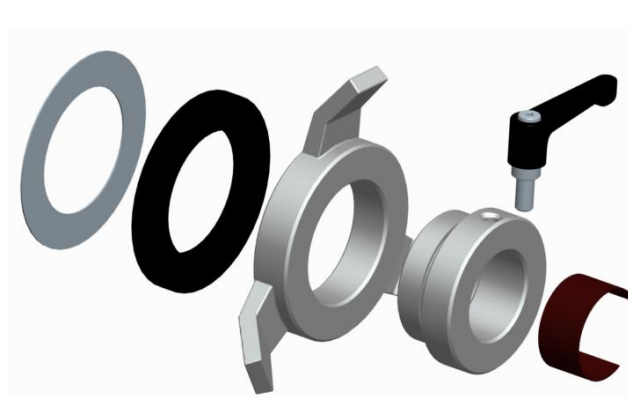
Nuvarande bleck i klove sitter löst och kloven konstrueras om där blecket sitter tajt och därmed minskar risken att skruven får direktkontakt med skivstången. Resultatet från testet med hydraulisk press visade att då ytan på blecket förändrades ökade greppet mellan bleck och klove. Därmed kunde kloven hålla emot en större axiell kraft. Bleckets Ra-värde bör anpassas efter hylsans Ra-värde, vilket är  $6,3 \mu\text{m}$  [28]. Alternativt bör blecket beläggas med någon form av gummi eller tillverkas i lämplig plast.

### 11.3 Dämpning

Om dämpning ska vara med behöver nuvarande hus dimensioneras om eftersom det upptar för mycket plats axiellt. Dämpning behövs för att kloven ska kunna klara av ställda krav. Utan den löser detta koncept egentligen bara det starka önskemålet om att minimera störningar, eftersom dagens åtdragningshandtag sitter löst och kan slänga fram och tillbaka.

### 11.4 Datorstödd produktmodellering

Nuvarande klove dimensionerades om för att en gummidämpning ska få plats (se figur 11.2).



Figur 11.2, Sprängvy på nuvarande klove



Figur 11.3, Nuvarande klove hopmonterad

För ritningar av nuvarande klove med nya dimensioner se bilaga 10.

## 12. KONCEPT C

Eftersom spännhylsan var utvecklad från grunden tillkom ett extra koncept innehållande en konisk spännring vilken är en enklare variant på spännhylsa. I detta koncept monteras först den koniska spännringen bakifrån igenom konan. Åtdragningsmuttern gängas sedan på den koniska spännringen. När åtdragning sker dras spännringen in genom konan och klämkraften på skivstången ökar. Fördelen med denna är att den finns som standard och därmed underlättar i tillverkningen.

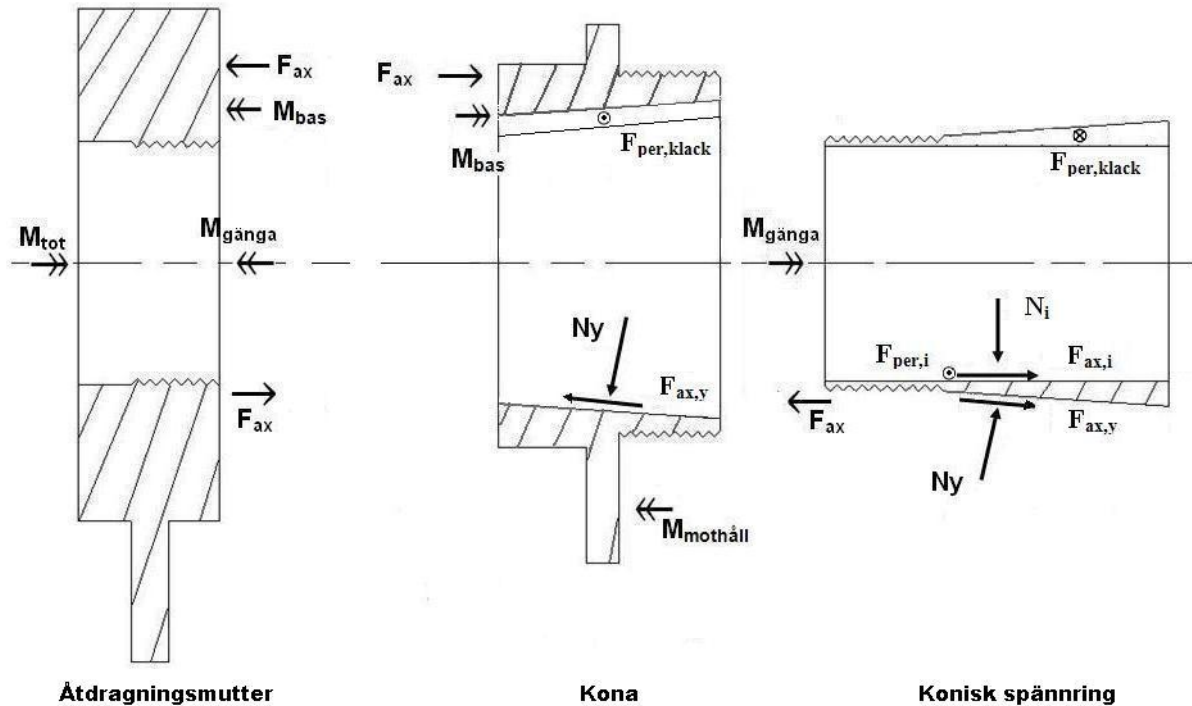
Jens S. Transmissioner AB [36] kontaktades och de skickade ett koniskt spännförband dimensionerat för en axel på 50 mm med beteckningen CN 25. Eleiko kontaktades och godkände att arbetet på detta koncept kunde utföras parallellt med det valda konceptet.

Beräkning av axiell kraft att motverka samt dimensionering av gummidämpare från kapitel 10 användes.

### 12.1 Beräkning av åtdragningsmoment

För att ta reda på vilket åtdragningsmoment som krävs för att hålla emot den axiella kraft som uppstår gjordes en friläggning (se figur 12.1) och jämviktsberäkning av konceptet [1] [32]. Åtdragningsmomentet räknas fram för att ta reda på om det är möjligt för en människa att dra åt.

Friktionskoefficienten antogs till 0,18 mellan alla ytor [1]. Fullständiga beräkningar finns beskrivna i bilaga 8. Alla beteckningar i friläggningsfigur finns beskrivna i avsnittet om beteckningar.



Figur 12.1, Frilägning av koncept med konisk spänning

### Beräkning av erforderligt åtdragningsmoment på spännhylsa

**Sökt:**  $M_{tot}$  då  $F_{ax,i}$  (friktionskraften)  $\geq 8200 \text{ N}$  (se ekvation 10.6)

Axiell glidning förutsattes mellan kona och spänning och därefter beräkningar vid stötlast.

För att kunna beräkna erforderligt åtdragningsmoment i syfte att övervinna friktionskraften beräknades först den axiella kraften  $F_{ax}$  i gängan (se figur 12.1):

$$F_{ax} \geq 14242,12 \approx \mathbf{13239 \text{ N}}$$

Sedan beräknades  $M_{tot}$  (se figur 10.1) till:

$$M_{tot} = 191302,89 \text{ Nmm} = \mathbf{178,3 \text{ Nm}}$$

### Beräkning av erforderligt mothållsmoment på kona

**Sökt:**  $M_{mothäll}$

Antag att det glider mellan spänning och kona, det vill säga att;

$$M_{mothäll} = 118086,67 \text{ Nmm} \approx \mathbf{91,1 \text{ Nm}}$$

En kontroll av att det glider mellan spänning och kona utfördes, se bilaga 8.

## 12.2 Val av material

Följande materialval gjordes:

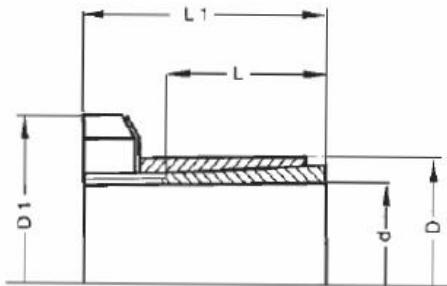
- Vingmutter - gjutjärn, låg kvalitet som går att bearbeta
- Konisk spännring – enligt standard hos tillverkare
- Åtdragningsmutter - gjutjärn, låg kvalitet som går att bearbeta
- Kona - gjutjärn, låg kvalitet som går att bearbeta

## 12.3 Konisk spännring - standard

Från Jens S. katalog [23] valdes ett koniskt spännelement ur serien CN 25. I detta koncept används bara den inre spännringen (se figur 12.2). För dimensioner på spännelementet se figur 12.3 och tabell 12.1.



Figur 12.2, Inre konisk spännring ur spännelement



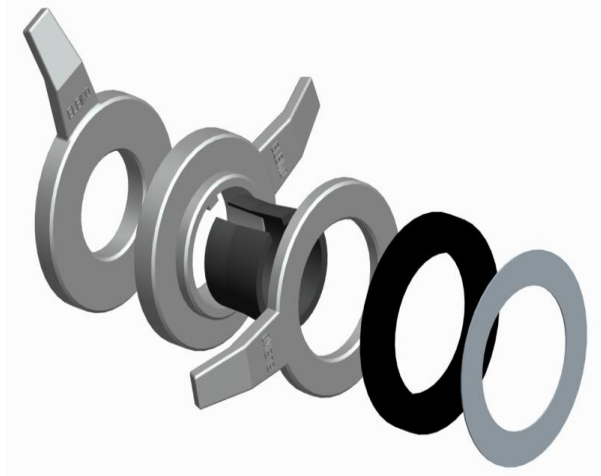
Figur 12.3, Ritning av spännelement serie CN 25 [23]

Tabell 12.1 Konisk spännelement serie CN 25 [23]

Dimensioner				Överförbart		Yttryck		Ställ- mutter	Moment för ställ- mutter	Vikt
d x D [mm]	D1	L	L1	Vrid- moment N [Nm]	Axial- kraft Fa [N]	Axel Ps [N/mm <sup>2</sup> ]	Nav Ph [N/mm <sup>2</sup> ]	Gänga	Ms [Nm]	[kg]
50x60	75	28	46	880	35000	60	50	M55x2	970	0,6 6

## 12.4 Datorstödd produktmodellering

En 3D-modell av konceptet togs fram i Pro Engineer (se figur 12.4 och 12.5).



Figur 12.4, Sprängvy på konceptet



Figur 12.5, Konceptet hopmonterad.

Klovens slutvikt hamnade på 2,56 kg inklusive gummiring och bricka. Vikten har lagts lite högre än det tillåtna eftersom felmarginaler som densitet och tillverkningsprocess kan inverka på slutvikten.

För ritningar se bilaga 11.

## 12.5 Kostnad

Det koniska spännförbandet kostar 37,21 Euro [22]. I konstruktionen används endast den inre spännringen. Tillverkaren av detta förband finns i Italien. För att enbart köpa den inre spännringen bör kontakt tas direkt med dem eller annan tillverkare för att få ett korrekt pris.

Åtdragningsmutter och konan vilka tillsammans bildar huset bör hamna på ungefär samma tillverkningskostnader som idag då de liknar dagens geometrier. Ritningar bör skickas till tillverkare för att få en korrekt prisbild.



### 13. SLUTSATS

Resultatet visar att en jämförelse mellan husen på koncept med spännhylsa och den nuvarande kloven ger att det nya huset kan hålla emot cirka 3,5 gånger större pålagd kraft (se ekvation 12.1)

$$x = \frac{F_{ax,koncept A}}{F_{ax,nuvarande klove}} = \frac{8200}{2273} = 3,6 \quad (13.1)$$

Det konstaterades att storleken på klämkraften mot skivstången ej har en betydande roll om dämparen inte finns med. Alltså krävs en typ av dämpning för att uppta de vibrationer som uppstår och därmed lösa huvudproblemet.

Med rätt dimensionerad gummidämpare löser valt koncept uppsatt problemställning till fullo. Eftersom detta är en jämförelse mellan teoretiska värden och testvärden behövs en verklig prototyp tas fram för att verifiera alla beräkningar.

Åtdragningsmoment och mothållsmoment blir stora då kloven utsätts för dessa approximerade krafter. Verkliga tester kommer att avgöra om det är möjligt att dra åt och om det verkligen behövs så stora moment. Genom hårdare åtdragning av nuvarande klove kan säkert en större axiell kraft motverkas. Risken finns då att den ger en åverkan på skivstången eftersom tryckfördelningen är betydligt sämre jämfört med valt koncept.

Spännhylsan specialutformades för att kunna få plats på skivstång vid 274 kg totalvikt. Denna specialanpassning gjorde att priset på framtagning bör bli högre. Koncept C togs fram med en konisk spännring vilken kan köpas färdig där ett hus senare konstruerades för att göra konceptet fullständigt. Konceptet kräver mindre moment vid åtdragning och mothåll. Konstruktionen är enklare och eftersom spännringen finns som standardkomponent blir slutprodukten eventuellt billigare.

De starka önskemålen av att ha en slutlig efterjustering av klove och minimera ljudnivå respektive störningar minimerades i alla konstruktioner presenterade i resultatkapitlet. Kraven om att ej utveckla skivstång och viktskivor har uppfyllts.

Den nuvarande kloven dimensionerades om för att kunna applicera en dämpare innanför viktskivan så att kloven kan få plats på en skivstång med 274 kg totalvikt.

Punkter som kunde ha gjorts annorlunda i projektet:

- Mer detaljerad plan för alla faser i projektet.
- Pratade med Kjell Melkersson tidigare i projektet (universitetslektor i Konstruktion) om förslag på lösningar. Här hade även mer information om spännhylsan kunnat inhämtas.
- Beräkningarna på axiell kraft var tidsödande och skulle utförts tidigare i projektet.
- En testdag på Eleiko Sport AB i Halmstad.

## **14. FORTSATT ARBETE**

I det fortsatta arbetet ingår att ta kontakt med leverantörer och få prisförslag på de framtagna konceptens olika komponenter. Leverantörerna kan komma med förslag om hur modellerna kan göras bättre för att undvika onödiga operationer i tillverkningsfasen med syfte att nå önskemålet om inköpspris på 526 kr/st.

Därefter ska prototyp av bestämda material tas fram och kloven ska testas för en jämförelse med tidigare tester utförda i projektet.

Prototypens konstruktion och design ska utvärderas där eventuella förbättringar ska ske. Design, ergonomi och placering av handtag på samtliga koncept presenterade i resultatkapitlet behöver utvärderas. Handtagen behöver placeras optimalt så åtdragning kan ske smidigt. Det vill säga att handtagen inte hamnar mitt för varandra när det börjar bli tungt att dra åt.

# REFERENSER

## Böcker

[1] Mägi, M. och Melkersson, K. (2010) *Lärobok i maskinelement*. Göteborg: Kompendiet

[2] Grahn, R. och Jansson, P-Å, (1997) *Mekanik. Statik och dynamik*. Upplaga 2. Lund: Studentlitteratur AB

[3] Johannesson, H., Persson, J-G., Persson, D. (2004) *Produktutveckling effektiva metoder för konstruktion och design*, Stockholm: Liber

[4] Klason, C. och Kubát, J. (2008) *Plaster, Materialval och materialdata*. Upplaga 6. Stockholm: Liber

## Kompendium

[5] Persson, G. *FEM-Modellering med Pro/Mechanica Wildfire V4.0* (2009)

## Webbkällor

[6] International Weightlifting Federation. <http://www.iwf.net/> (2011-03-22)

[7] Sveriges Olympiska Kommitte. *OS-idrotter, Sommaridrotter, tyngdlyftning* (2011-03-22) <http://www.sok.se/idrotter/arkivforidrotter/tyngdlyftning.5.18ea16851076df63622800013637.html>

[8] Eleiko Sport AB. <http://www.eleikosport.se> (2011-03-22 till 2011-06-01)

[9] Eugen Wiberger AB. *Produktkatalog, ställbara låsspakar* <http://www.wiberger.se> (2011-05-10)

[10] Ivanko. *Collars*. <http://www.ivankobarbell.com> (2011-03-23)

[11] Ironedge. *ZKC Barbell*. <http://www.kettlebells.com.au/store/zkc-barbell-collar-competition.html> (2011-03-23)

[12] Werk-san Sport. *Weightlifting equipment*. <http://www.werk-sansport.com> (2011-03-23)

[13] Lock Jaw Collar. <http://www.lockjawcollar.com/> (2011-03-23)

[14] Husker Powerlock. <http://www.huskerpowerlock.com> (2011-03-23)

[15] Wright Exercise. *Bars and collars*. <http://www.wrightexercise.com> (2011-03-23)

[16] Core Bar. <http://www.corebar.net> (2011-03-23)

[17] Uesaka Barbell. <http://www.uesakabarbell.com> (2011-03-23)

[18] 3d Content Central. <http://www.3dcontentcentral.com/parts/supplier/Mattssons-i-Anderstorp/24994/25059/25070/25070/Models/part.aspx?id=203899> (2011-04-20)

- [19] Ventim. *Övriga produkter – Vibrationsdämpare*. <http://www.ventim.se> (2011-04-28)
- [20] Lesjöfors AB. *Fjädrar – Övriga fjädrar*. <http://www.lesjoforsab.com> (2011-04-29)
- [21] LB Plast AB. *Produkter*. <http://www.lbplast.se> (2011-05-18)
- [22] Jens S. Transmissioner AB. *Prislista*. <http://www.jens-s.se> (2011-05-20)
- [23] Jens S. Transmissioner AB. *Spännelement och krympringar*. <http://www.jens-s.se/LinkClick.aspx?fileticket=0vokyA3%2brW4%3d&tabid=2751&mid=4701&language=sv-SE> (2011-05-20)
- [24] Nationalencyklopedin. *Segjärn. Vulkning*. <http://www.ne.se> (2011-05-26)
- [25] Access Science. *Cast Iron*. <http://www.acessscience.com> (2011-05-26)
- [26] Arc Euro Trade. *ER Collets*. <http://www.arceurotrade.co.uk> (2011-05-20)

### **Multimediakällor**

- [27] charlespoliquin (2010) *Eleiko Equipment*. [Youtube] <http://www.youtube.com/> (2011-03-23)

### **Muntliga källor**

- [28] Berg, Stefan (Ingenjör, Produktutveckling, Eleiko Sport AB) Telefon- och mailkontakt samt möten (2011-01-01 till 2011-06-01)
- [29] Johansson, Håkan (Generalsekreterare, STF) Telefonintervju (2011-05-04)
- [30] Boldizar, Antal (Professor, Material- och tillverknings teknik, Chalmers Tekniska Högskola) Intervju 2011-05-23
- [31] Person, Gert (Dr och Universitetslektor, Material- och tillverknings teknik, Chalmers Tekniska Högskola) Intervjuer (2011-04-12 till 2011-06-01)
- [32] Melkersson, Kjell (Universitetslektor, Produktutveckling, Chalmers Tekniska Högskola) Intervjuer (2011-05-05 till 2011-06-01)
- [33] Hamberg, Kenneth (Universitetslektor, Chalmers Tekniska Högskola) Intervju (2011-05-18)
- [34] Nilsson, Mikael (VD, Melanders Verkstad) Mailkontakt (2011-04-19)
- [35] Jakobsson, Mikael (Testingenjör, Semcon Test Center Göteborg) Tester utförda på dagens klove (2011-05-27)
- [36] Hall, Anders (Innesäljare, Jens S. Transmissioner AB) Skickade konisk spännring (2011-05-13)

## BILAGOR

Bilaga	1	Laddningsschema med vikter enligt IWF
Bilaga	2	Laddningsschema med upptagen längd av Eleikos vikter
Bilaga	3	Resultat från morfologisk matris
Bilaga	4	Elimineringsmatris
Bilaga	5	Kesselring-matris
Bilaga	6	Utvärderingsmatris gjord av Eleiko
Bilaga	7	Jämviktsberäkningar på koncept med spännhylsa
Bilaga	8	Jämviktsberäkningar på koncept med spännring
Bilaga	9	Ritningar av koncept med spännhylsa
Bilaga	10	Ritningar av nuvarande klove med nya dimensioner
Bilaga	11	Ritningar av koncept med spännring
Bilaga	12	Tabell för M-gångor med större ytterdiameter
Bilaga	13	Klove monterad på stång
Bilaga	14	Inspiration
Bilaga	15	Test av åtdragningsmoment på nuvarande klove
Bilaga	16	Gantt-schema
Bilaga	17	Maskinelement
Bilaga	18	Material och processer

## BILAGA 1 - LADDNINGSSCHEMA MED VIKTER ENLIGT IWF

Total-vikt [kg]	Vikt minus stäng (20) och klovar (2x2,5) [kg]	Vikt per sida [kg]	Vikt 1 [kg]	Vikt 2 [kg]	Vikt 3 [kg]	Vikt 4 [kg]	Vikt 5 [kg]	Vikt 6 [kg]	Vikt 7 [kg]	Kontroll
280	255	127,5	25	25	25	25	25	2,5		127,5
279	254	127	25	25	25	25	25	2		127
278	253	126,5	25	25	25	25	25	1,5		126,5
277	252	126	25	25	25	25	25	1		126
276	251	125,5	25	25	25	25	25	0,5		125,5
275	250	125	25	25	25	25	25	0		125
274	249	124,5	25	25	25	25	20	2,5	2	124,5
273	248	124	25	25	25	25	20	2,5	1,5	124
272	247	123,5	25	25	25	25	20	2,5	1	123,5
271	246	123	25	25	25	25	20	2,5	0,5	123
270	245	122,5	25	25	25	25	20	2,5		122,5
269	244	122	25	25	25	25	20	2		122
268	243	121,5	25	25	25	25	20	1,5		121,5
267	242	121	25	25	25	25	20	1		121
266	241	120,5	25	25	25	25	20	0,5		120,5
265	240	120	25	25	25	25	20			120
264	239	119,5	25	25	25	25	15	2,5	2	119,5
263	238	119	25	25	25	25	15	2,5	1,5	119
262	237	118,5	25	25	25	25	15	2,5	1	118,5
261	236	118	25	25	25	25	15	2,5	0,5	118
260	235	117,5	25	25	25	25	15	2,5		117,5
259	234	117	25	25	25	25	15	2		117
258	233	116,5	25	25	25	25	15	1,5		116,5
257	232	116	25	25	25	25	15	1		116
256	231	115,5	25	25	25	25	15	0,5		115,5
255	230	115	25	25	25	25	15			115
254	229	114,5	25	25	25	25	10	2,5	2	114,5
253	228	114	25	25	25	25	10	2,5	1,5	114
252	227	113,5	25	25	25	25	10	2,5	1	113,5
251	226	113	25	25	25	25	10	2,5	0,5	113
250	225	112,5	25	25	25	25	10	2,5		112,5

## BILAGA 2 - LADDNINGSSCHEMA MED BREDD PÅ ELEIKOS VIKTER

Totalvikt [kg]	Vikt minus stång (20) och klovar (2x2,5) [kg]	Vikt per sida [kg]	Vikt 1 [mm]	Vikt 2 [mm]	Vikt 3 [mm]	Vikt 4 [mm]	Vikt 5 [mm]	Vikt 6 [mm]	Vikt 7 [mm]	Upptagen längd av vikter [mm]	Längd kvar [mm]
280	255	127,5	67	67	67	67	67	19	19	354	61
279	254	127	67	67	67	67	67	19	19	354	61
278	253	126,5	67	67	67	67	67	18	18	353	62
277	252	126	67	67	67	67	67	15	15	350	65
276	251	125,5	67	67	67	67	67	13	13	348	67
275	250	125	67	67	67	67	67	13	13	335	80
274	249	124,5	67	67	67	67	54	19	19	360	55
273	248	124	67	67	67	67	54	19	18	359	56
272	247	123,5	67	67	67	67	54	19	15	356	59
271	246	123	67	67	67	67	54	19	13	354	61
270	245	122,5	67	67	67	67	54	19	13	341	74
269	244	122	67	67	67	67	54	19	13	341	74
268	243	121,5	67	67	67	67	54	18	18	340	75
267	242	121	67	67	67	67	54	15	15	337	78
266	241	120,5	67	67	67	67	54	13	13	335	80
265	240	120	67	67	67	67	54	13	13	322	93
264	239	119,5	67	67	67	67	42	19	19	348	67
263	238	119	67	67	67	67	42	19	18	347	68
262	237	118,5	67	67	67	67	42	19	15	344	71
261	236	118	67	67	67	67	42	19	13	342	73
260	235	117,5	67	67	67	67	42	19	13	329	86
259	234	117	67	67	67	67	42	19	13	329	86
258	233	116,5	67	67	67	67	42	18	18	328	87
257	232	116	67	67	67	67	42	15	15	325	90
256	231	115,5	67	67	67	67	42	13	13	323	92
255	230	115	67	67	67	67	34	34	302	302	113
254	229	114,5	67	67	67	67	34	19	19	340	75
253	228	114	67	67	67	67	34	19	18	339	76
252	227	113,5	67	67	67	67	34	19	15	336	79
251	226	113	67	67	67	67	34	19	13	334	81
250	225	112,5	67	67	67	67	34	19	13	321	94

## BILAGA 3 - RESULTAT FRÅN MORFOLOGISK MATRIS

### 1. Chucken

- 1a. Glida på – Chuck – Gummi/plast – Vingmutter – Kontramutter
- 1b. Glida på – Chuck – Gummi/plast – Vingmutter – Kontramutter - Våg fjäder
- 1c. Glida på – Chuck – Gummi/plast – Vingmutter – Kontramutter - Gummibussning
- 1d. Glida på – Chuck – Gummi/plast – Låsmutter
- 1e. Glida på – Chuck – Gummi/plast – Låsmutter - Våg fjäder
- 1f. Glida på – Chuck – Gummi/plast – Låsmutter - Gummibussning
- 1g. Glida på – Chuck - Gummi/plast – Vingmutter – Våg fjäder
- 1h. Glida på – Chuck - Gummi/plast – Vingmutter - Gummibussning
- 1i. Glida på – Chuck – Metall – Vingmutter – Kontramutter
- 1j. Glida på – Chuck – Metall – Vingmutter – Kontramutter - Våg fjäder
- 1k. Glida på – Chuck – Metall – Vingmutter – Kontramutter - Gummibussning
- 1l. Glida på – Chuck – Metall – Låsmutter
- 1m. Glida på – Chuck – Metall – Låsmutter - Våg fjäder
- 1n. Glida på – Chuck – Metall – Låsmutter - Gummibussning
- 1o. Glida på – Chuck - Metall – Vingmutter – Våg fjäder
- 1p. Glida på – Chuck - Metall – Vingmutter - Gummibussning

### 2. Spännhylsan

- 2a. Glida på – Spännhylsa – Gummi/plast – Vingmutter – Kontramutter
- 2b. Glida på – Spännhylsa – Gummi/plast – Vingmutter – Kontramutter - Våg fjäder
- 2c. Glida på – Spännhylsa – Gummi/plast – Vingmutter – Kontramutter - Gummibussning
- 2d. Glida på – Spännhylsa – Gummi/plast – Låsmutter
- 2e. Glida på – Spännhylsa – Gummi/plast – Låsmutter - Våg fjäder
- 2f. Glida på – Spännhylsa – Gummi/plast – Låsmutter - Gummibussning
- 2g. Glida på – Spännhylsa - Gummi/plast – Vingmutter – Våg fjäder
- 2h. Glida på – Spännhylsa - Gummi/plast – Vingmutter - Gummibussning
- 2i. Glida på – Spännhylsa – Metall – Vingmutter – Kontramutter
- 2j. Glida på – Spännhylsa – Metall – Vingmutter – Kontramutter - Våg fjäder
- 2k. Glida på – Spännhylsa – Metall – Vingmutter – Kontramutter - Gummibussning
- 2l. Glida på – Spännhylsa – Metall – Låsmutter
- 2m. Glida på – Spännhylsa – Metall – Låsmutter - Våg fjäder
- 2n. Glida på – Spännhylsa – Metall – Låsmutter - Gummibussning
- 2o. Glida på – Spännhylsa - Metall – Vingmutter – Våg fjäder
- 2p. Glida på – Spännhylsa - Metall – Vingmutter – Gummibussning

### 3. Klämförband - nuvarande modifierad

- 3a. Glida på – Klämförband – Gummi/plast – Vingmutter – Kontramutter
- 3b. Glida på – Klämförband – Gummi/plast – Vingmutter – Kontramutter - Våg fjäder
- 3c. Glida på – Klämförband – Gummi/plast – Vingmutter – Kontramutter - Gummibussning
- 3d. Glida på – Klämförband – Gummi/plast – Låsmutter
- 3e. Glida på – Klämförband – Gummi/plast – Låsmutter - Våg fjäder
- 3f. Glida på – Klämförband – Gummi/plast – Låsmutter - Gummibussning
- 3g. Glida på – Klämförband - Gummi/plast – Vingmutter – Våg fjäder
- 3h. Glida på – Klämförband - Gummi/plast – Vingmutter – Gummibussning
- 3i. Glida på – Klämförband – Metall – Vingmutter – Kontramutter
- 3j. Glida på – Klämförband – Metall – Vingmutter – Kontramutter - Våg fjäder



- 3k. Glida på – Klämförband – Metall – Vingmutter – Kontramutter - Gummibussning
- 3l. Glida på – Klämförband – Metall – Låsmutter
- 3m. Glida på – Klämförband – Metall – Låsmutter - Vågfjäder
- 3n. Glida på – Klämförband – Metall – Låsmutter - Gummibussning
- 3o. Glida på – Klämförband - Metall – Vingmutter – Vågfjäder
- 3p. Glida på – Klämförband - Metall – Vingmutter – Gummibussning

#### **4. Klämförband - gummiringen**

- 4a. Glida på – Klämförband – Gummi/plast – Vingmutter – Kontramutter
- 4b. Glida på – Klämförband – Gummi/plast – Vingmutter – Kontramutter - Vågfjäder
- 4c. Glida på – Klämförband – Gummi/plast – Vingmutter – Kontramutter - Gummibussning
- 4d. Glida på – Klämförband – Gummi/plast – Låsmutter
- 4e. Glida på – Klämförband – Gummi/plast – Låsmutter - Vågfjäder
- 4f. Glida på – Klämförband – Gummi/plast – Låsmutter - Gummibussning
- 4g. Glida på – Klämförband - Gummi/plast – Vingmutter – Vågfjäder
- 4h. Glida på – Klämförband - Gummi/plast – Vingmutter - Gummibussning
- 4i. Glida på – Klämförband – Metall – Vingmutter – Kontramutter
- 4j. Glida på – Klämförband – Metall – Vingmutter – Kontramutter - Vågfjäder
- 4k. Glida på – Klämförband – Metall – Vingmutter – Kontramutter - Gummibussning
- 4l. Glida på – Klämförband – Metall – Låsmutter
- 4m. Glida på – Klämförband – Metall – Låsmutter - Vågfjäder
- 4n. Glida på – Klämförband – Metall – Låsmutter - Gummibussning
- 4o. Glida på – Klämförband - Metall – Vingmutter – Vågfjäder
- 4p. Glida på – Klämförband - Metall – Vingmutter - Gummibussning

#### **5. Klämförband - klämman**

- 5a. Glida på – Klämförband – Gummi/plast – Vingmutter – Kontramutter
- 5b. Glida på – Klämförband – Gummi/plast – Vingmutter – Kontramutter - Vågfjäder
- 5c. Glida på – Klämförband – Gummi/plast – Vingmutter – Kontramutter - Gummibussning
- 5d. Glida på – Klämförband – Gummi/plast – Låsmutter
- 5e. Glida på – Klämförband – Gummi/plast – Låsmutter - Vågfjäder
- 5f. Glida på – Klämförband – Gummi/plast – Låsmutter - Gummibussning
- 5g. Glida på – Klämförband - Gummi/plast – Vingmutter – Vågfjäder
- 5h. Glida på – Klämförband - Gummi/plast – Vingmutter - Gummibussning
- 5i. Glida på – Klämförband – Metall – Vingmutter – Kontramutter
- 5j. Glida på – Klämförband – Metall – Vingmutter – Kontramutter - Vågfjäder
- 5k. Glida på – Klämförband – Metall – Vingmutter – Kontramutter - Gummibussning
- 5l. Glida på – Klämförband – Metall – Låsmutter
- 5m. Glida på – Klämförband – Metall – Låsmutter - Vågfjäder
- 5n. Glida på – Klämförband – Metall – Låsmutter - Gummibussning
- 5o. Glida på – Klämförband - Metall – Vingmutter – Vågfjäder
- 5p. Glida på – Klämförband - Metall – Vingmutter - Gummibussning

#### **6. Koniskt förband**

- 6a. Glida på – Koniskt förband – Gummi/plast – Vingmutter – Kontramutter
- 6b. Glida på – Koniskt förband – Gummi/plast – Vingmutter – Kontramutter - Vågfjäder
- 6c. Glida på – Koniskt förband – Gummi/plast – Vingmutter – Kontramutter - Gummibussning
- 6d. Glida på – Koniskt förband – Gummi/plast – Låsmutter
- 6e. Glida på – Koniskt förband – Gummi/plast – Låsmutter - Vågfjäder

- 6f. Glida på – Koniskt förband – Gummi/plast – Låsmutter - Gummibussning
- 6g. Glida på – Koniskt förband - Gummi/plast – Vingmutter – Vågfjäder
- 6h. Glida på – Koniskt förband - Gummi/plast – Vingmutter – Gummibussning

## **7. Sexkantslåsning**

Glida på – sexkantsslåsning – gummi/plast

## **8. Kontramutter**

- 8a. Gänga på – kontramutter - metall – vågfjäder
- 8b. Gänga på – kontramutter - metall – bussning
- 8c. Gänga på – kontramutter - metall
- 8d. Gänga på – låsmutter - metall – vågfjäder
- 8e. Gänga på – låsmutter - metall – bussning
- 8f. Gänga på – låsmutter - metall

## **9. Piggen**

9. Glida på – vridlåsning med pigg på viktskiva – metall

## **10. BIC**

10. Glida på – Fjäderbelastad fastlåsning – metall

## **11. Låsbricka**

11. Glida på – Låsbricka – Gummi/plast – Vingmutter



Lösning	4b	4c	4e	4f	4g	4h	4j	4k	4m	4n	4o	4p
Löser huvudproblemet	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Uppfyller alla krav	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Realiserbar	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Inom kostnadsramen	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Säker och ergonomisk	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Passar företaget	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>Beslut</b>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Lösning	5b	5c	5e	5f	5g	5h	5j	5k	5m	5n	5o	5p
Löser huvudproblemet	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Uppfyller alla krav	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Realiserbar	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Inom kostnadsramen	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Säker och ergonomisk	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Passar företaget	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>Beslut</b>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Lösning	6b	6c	6e	6f	6g	6h	8a	8b	8d	8e	11	
Löser huvudproblemet	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Uppfyller alla krav	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Realiserbar	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Inom kostnadsramen	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Säker och ergonomisk	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Passar företaget	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	
<b>Beslut</b>	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	

## BILAGA 5 - KESSELRING

Kesselring metoden	Koncept												
		Ideal		2p		3g		3h		3o		3p	
Önskemål	w	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t
Minimera material och delar	2	5	10	3	6	2,5	5	2,5	5	3	6	3	6
Slutlig justering efter fastspänning	4	5	20	4	16	4	16	4	16	4	16	4	16
Minimera upptagen plats	3	5	15	2	6	2,5	7,5	2,5	7,5	2,5	7,5	2,5	7,5
Minimera ljudnivå och störningar	4	5	20	3,5	14	3,5	14	3,5	14	3,5	14	3,5	14
Minimera förslitning av skivstång vid fastspänning av klove	4	5	20	3,5	14	4	16	4	16	3,5	14	3,5	14
Viktskivor och skivstång ska ej utvecklas	5	5	25	4	20	4	20	4	20	4	20	4	20
Enkel konstruktion	4	5	20	2,5	10	3	12	3	12	3,5	14	3,5	14
Minimera kraftansträngning vid fastspänning	3	5	15	2	6	3	9	3	9	3	9	3	9
Snabb och smidig att använda	3	5	15	3	9	3	9	3	9	3	9	3	9
Produkten ska ha ett tilltalande yttre	2	5	10	3,5	7	2	4	3	6	2	4	3,5	7
Rostfri	2	5	10	4	8	4	8	4	8	4	8	4	8
Underhåll ska minimeras	4	5	20	3	12	2,5	10	2,5	10	3,5	14	3,5	14
Garanti 5 år	3	5	15	3	9	2,5	7,5	2,5	7,5	3	9	3	9
Behålla ungefärligt nuvarande inköpspris	4	5		20		<i>Betydligt mer information behöves för att ta hänsyn till detta önskemål. Beslut togs att titta på kostnader först när koncept hade valts.</i>							
Summa		215		137		138		140		144,5		147,5	
% av idealet		100		63,7%		64,2%		65,1%		67,2%		68,6%	
Rangordning		-		9		8		7		2		1	

Kesselring metoden	Koncept										
	Ideal			4g		4h		6g		6h	
Önskemål	w	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t
Minimera material och delar	2	5	10	2,5	5	2,5	5	2,5	5	2,5	5
Slutlig justering efter fastspänning	4	5	20	4	16	4	16	4	16	4	16
Minimera upptagen plats	3	5	15	3	9	3	9	2,5	7,5	2,5	7,5
Minimera ljudnivå och störningar	4	5	20	3,5	14	3,5	14	3,5	14	3,5	14
Minimera förslitning av skivstång vid fastspänning av klove	4	5	20	4	16	4	16	4	16	4	16
Viktskivor och skivstång ska ej utvecklas	5	5	25	4	20	4	20	4	20	4	20
Enkel konstruktion	4	5	20	4	16	4	16	3,5	14	3,5	14
Minimera kraftansträngning vid fastspänning	3	5	15	2	6	2	6	2,5	7,5	2,5	7,5
Snabb och smidig att använda	3	5	15	3	9	3	9	3	9	3	9
Produkten ska ha ett tilltalande yttre	2	5	10	3	6	3,5	7	3	6	3,5	7
Rostfri	2	5	10	4	8	4	8	4	8	4	8
Underhåll ska minimeras	4	5	20	2,5	10	2,5	10	2,5	10	2,5	10
Garanti 5 år	3	5	15	2,5	7,5	2,5	7,5	2,5	7,5	2,5	7,5
Behålla ungefärligt nuvarande inköpspris	4	5	20	Betydligt mer information behövdes för att ta hänsyn till detta önskemål. Vi tog beslut att titta på kostnader först när koncept hade valts.							
Summa		215	142,5	143,5	140,5	141,5					
% av idealet		100	66,3%	66,7%	65,3%	65,8%					
Rangordning		-	4	3	6	5					

## BILAGA 6 - UTVÄRDERINGSMATRIS GJORD AV ELEIKO

Kesselring metoden	Koncept			Hus					
		Ideal		Nuvarande modif. - G		Nuvarande modif. - M		O-ringen	
Önskemål	w	v	t	v	t	v	t	v	t
Minimera material och delar	2	5	10	3	6	3,5	7	3,5	7
Slutlig justering efter fastspänning	4	5	20		0		0		0
Minimera upptagen plats	3	5	15	3	9	3	9	3	9
Minimera ljudnivå och störningar	4	5	20	3	12	3	12	3,5	14
Minimera förslitning av stång vid fastspänning av klove	4	5	20	3	12	2,5	10	3	12
Viktsskivor och stång ska ej utvecklas	5	5	25		0		0		0
Enkel konstruktion	4	5	20	3	12	3,5	14	3,5	14
Minimera kraftansträngning vid fastspänning	3	5	15	2,5	7,5	2,5	7,5	2	6
Snabb och smidig att använda	3	5	15	3,5	10,5	3,5	10,5	3,5	11
Produkten ska ha ett tilltalande yttre	2	5	10	2	4	2	4	3	6
Rostfri	2	5	10		0		0		0
Underhåll ska minimeras	4	5	20	2	8	2,5	10	2	8
Garanti 5 år	3	5	15	3	9	3,5	10,5	3	9
<i>Behålla ungefärligt nuvarande inköpspris</i>	4	5	20						
Summa		215		90		94,5		95,5	
% av idealet		100		41,86%		43,95%		44,42%	
Rangordning		-		6		3		2	
Beslut									

	Koncept			Hus					
		Ideal		Spännhylsan - G		Spännhylsan - M		Konförförband	
Önskemål	w	v	t	v	t	v	t	v	t
Minimera material och delar	2	5	10	3,5	7	3,5	7	3,5	7
Slutlig justering efter fastspänning	4	5	20		0		0		0
Minimera upptagen plats	3	5	15	3	9	3	9	3	9
Minimera ljudnivå och störningar	4	5	20	3,5	14	3,5	14	3,5	14
Minimera förslitning av stång vid fastspänning av klove	4	5	20	3	12	2,5	10	3	12
Viktskivor och stång ska ej utvecklas	5	5	25		0		0		0
Enkel konstruktion	4	5	20	3	12	3	12	2,5	10
Minimera kraftansträngning vid fastspänning	3	5	15	2	6	2	6	2	6
Snabb och smidig att använda	3	5	15	3,5	10,5	3,5	10,5	3,5	11
Produkten ska ha ett tilltalande yttre	2	5	10	3	6	3	6	3	6
Rostfri	2	5	10		0		0		0
Underhåll ska minimeras	4	5	20	2	8	3	12	2	8
Garanti 5 år	3	5	15	3	9	3,5	10,5	3	9
<i>Behålla ungefärligt nuvarande inköpspris</i>	4	5	20						
Summa		215		93,5		97		91,5	
% av idealet		100		43,49%		45,12%		42,56%	
Rangordning		-		4		1		5	
Beslut						Vald			



	Koncept			Låsning av efterjustering					
	w	Ideal		Kontramutter		Låsmutter		Ej låsning	
Önskemål	w	v	t	v	t	v	t	v	t
Minimera material och delar	2	5	10		0		0		0
Slutlig justering efter fastspänning	4	5	20		0		0		0
Minimera upptagen plats	3	5	15		0		0		0
Minimera ljudnivå och störningar	4	5	20		0		0		0
Minimera förslitning av stång vid fastspänning av klove	4	5	20		0		0		0
Viktskivor och stång ska ej utvecklas	5	5	25		0		0		0
Enkel konstruktion	4	5	20		0		0		0
Minimera kraftansträngning vid fastspänning	3	5	15		0		0		0
Snabb och smidig att använda	3	5	15		0		0		0
Produkten ska ha ett tilltalande yttre	2	5	10		0		0		0
Rostfri	2	5	10		0		0		0
Underhåll ska minimeras	4	5	20		0		0		0
Garanti 5 år	3	5	15		0		0		0
<i>Behålla ungefärligt nuvarande inköpspris</i>	4	5	20						
Summa		215		0		0		0	
% av idealet		100		0,00 %		0,00 %		0,00 %	
Rangordning		-							
Beslut				Borttagen					

	Koncept			Vibrationsdämpare			
	w	Ideal		Vågfjäder		Gummibussning	
Önskemål	w	v	t	v	t	v	t
Minimera material och delar	2	5	10	2,5	5	3	6
Slutlig justering efter fastspänning	4	5	20		0		0
Minimera upptagen plats	3	5	15	3	9	3	9
Minimera ljudnivå och störningar	4	5	20	3,5	14	3,5	14
Minimera förslitning av stång vid fastspänning av klove	4	5	20	3	12	3	12
Viktskivor och stång ska ej utvecklas	5	5	25		0		0
Enkel konstruktion	4	5	20	3	12	2,5	10
Minimera kraftansträngning vid fastspänning	3	5	15	3	9	3	9
Snabb och smidig att använda	3	5	15	3,5	10,5	3,5	10,5
Produkten ska ha ett tilltalande yttre	2	5	10	2,5	5	3	6
Rostfri	2	5	10		0		0
Underhåll ska minimeras	4	5	20	2,5	10	2,5	10
Garanti 5 år	3	5	15	3	9	2,5	7,5
<i>Behålla ungefärligt nuvarande inköpspris</i>	4	5	20				
Summa		215		95,5		94	
% av idealet		100		44,42%		43,72%	
Rangordning		-		1		2	
Beslut				Vald			

## BILAGA 7 - JÄMVIKTSBERÄKNINGAR KONCEPT MED SPÄNNHYLSA

*Sökt:*  $M_{tot}$  då {friktionskraften}  $F_{ax,i} \geq 8200 \text{ N}$

### Åtdragningsmutter enligt ISO-standard

$$\rightarrow: M_{tot} - M_{g\ddot{a}nga} - M_{bas} = 0 \Rightarrow$$

$$M_{tot} = M_{bas} + M_{g\ddot{a}nga} =$$

$$= F_{ax}(0,16 * P + 0,58 * \mu * d_2 + \mu_b * r_m) \quad (10.7)$$

### Spännhylsan

$$\rightarrow: M_{bas} - F_{per,y} * r_y - F_{per,i} * r_i = 0 \Rightarrow$$

$$\mu_b * r_m * F_{ax} - F_{per,y} * r_y - F_{per,i} * r_i = 0 \quad (10.8)$$

$$\leftarrow: F_{ax,i} + F_{ax,y} * \cos\alpha + N_y * \sin\alpha - F_{ax} = 0 \Rightarrow$$

$$F_{ax} = F_{ax,i} + N_y * \mu_{kona,sp\ddot{a}nnhylsa} * \cos\alpha + N_y * \sin\alpha =$$

$$= F_{ax,i} + N_y(\mu_{kona,sp\ddot{a}nnhylsa} * \cos\alpha + \sin\alpha) \quad (10.9)$$

$$\uparrow: N_i - N_y * \cos\alpha + F_{ax,y} * \sin\alpha = 0 \quad (10.10)$$

### Kona

$$\rightarrow: M_{g\ddot{a}nga} - M_{moth\ddot{a}ll} + F_{per,y} * r_y = 0 \quad (10.11)$$

$$\leftarrow: F_{ax} - F_{ax,y} * \cos\alpha - N_y * \sin\alpha = 0 \Rightarrow$$

$$F_{ax} - N_y * \mu_{kona,sp\ddot{a}nnhylsa} * \cos\alpha - N_y * \sin\alpha = 0 \Rightarrow$$

$$N_y = \frac{F_{ax}}{(\mu_{kona,sp\ddot{a}nnhylsa} * \cos\alpha + \sin\alpha)} \quad (10.12)$$

**Jämvikt för kona och spännhylsa**

$$\rightarrow: F_{ax} - F_{ax} - F_{ax,i} = 0$$

$$\Rightarrow F_{ax,i} = 0 \text{ under utdragningen}$$

$$\text{Sökt: } N_i$$

Förutsatt axiell glidning mellan kona och spännhylsa;

$$F_{ax,y} = N_y * \mu_{kona,spännhylsa}$$

Ekvation 10.10 och 10.12  $\Rightarrow$

$$N_i = F_{ax} \left( \frac{1 + \mu_{kona,spännhylsa} * \tan \alpha}{(\mu_{kona,spännhylsa} + \tan \alpha)} \right)$$

Därefter vid stötlast

$$F_{ax,i} = N_i * \mu_{stång,spännhylsa} \geq 8200 \text{ N}$$

$$\Rightarrow N_i = F_{ax} \left( \frac{1 + \mu_{kona,spännhylsa} * \tan \alpha}{\mu_{kona,spännhylsa} + \tan \alpha} \right) * \mu_{stång,spännhylsa} \geq 8200 \text{ N}$$

$$\Rightarrow F_{ax} \geq 8200 * \frac{1}{\left( \frac{1 + \mu_{kona,spännhylsa} * \tan \alpha}{\mu_{kona,spännhylsa} + \tan \alpha} \right) * \mu_{stång,spännhylsa}} \Rightarrow$$

Med:

- $\mu_{kona,spännhylsa} = \mu_{stång,spännhylsa} = 0,18$
- $\alpha = 8^\circ$

$\Rightarrow$

$$F_{ax} \geq 14242,12 \approx \mathbf{14243 \text{ N}}$$

In i ekvation 10.7  $\Rightarrow$

$$M_{tot} = F_{ax} * (0,16 * P + 0,58 * \mu * d_2 + \mu_b * r_m)$$

Med:

- $F_{ax} = 14243 \text{ N}$
- $P = 2$
- $\mu_b = \mu = 0,18$
- $d_2 = 70,9175 \text{ mm}$
- $r_m = 31,70875 \text{ mm}$

⇒

$$M_{tot} = 191302,89 \text{ Nmm} = \mathbf{192Nm}$$

### Beräkning av erforderligt moment vid mothåll

**Sökt:**  $M_{mothåll}$

Ekvation 10.12 ⇒

$$M_{mothåll} = M_{gänga} + F_{per,y} * r_y \quad (10.13)$$

$$M_{gänga} = F_{ax}(0,16 * P + 0,58 * \mu * d_2)$$

Antag att det glider mellan spännhylsa och kona, det vill säga att;

$$F_{per,y} = N_y * \mu_y \quad (10.14)$$

Ekvation 10.12 in i ekvation 10.13 ⇒

$$F_{per,y} = \frac{F_{ax}}{(\mu_{kona,spännhylsa} * \cos\alpha + \sin\alpha)} * \mu_y \Rightarrow \text{in i ekvation 10.11}$$

$$M_{mothåll} = F_{ax}(0,16 * P + 0,58 * \mu * d_2) + \frac{F_{ax}}{(\mu_{kona,spännhylsa} * \cos\alpha + \sin\alpha)} * \mu_y * r_y =$$

$$= F_{ax} \left( (0,16 * P + 0,58 * \mu * d_2) + \frac{r_y}{(\mu_{kona,spännhylsa} * \cos\alpha + \sin\alpha)} \right)$$

Med:

- $F_{ax} = 14243N$
- $P = 2$
- $\mu_{kona,spännhylsa} = \mu_y = \mu_b = 0,18$
- $r_m = 31,70875 \text{ mm}$
- $\alpha = 8^\circ$
- $d_2 = 70,9175 \text{ mm}$

⇒

$$M_{mothåll} = 118086,67Nmm \approx \mathbf{118,1 Nm}$$

**Kontroll av antagandet**

Är verkligen

$$\int dF_{per,i} < dN_i * \mu_i ?$$

(10.15)

$$|F_{per,i}| = \frac{\mu_b * r_m * F_{ax} - F_{per,y} * r_y}{r_i}$$

Med:

- $F_{ax} = 14243 \text{ N}$
- $F_{per,y} = 8077 \text{ N}$
- $r_m = 31,70875 \text{ mm}$
- $r_i = 25 \text{ mm}$
- $r_y = 26,23 \text{ mm}$
- $\mu_b = 0,18$

⇒

$$|F_{per,y}| = 5222,67 \text{ N}$$

$$N_i * \mu_i = F_{ax} \left( \frac{1 + \mu_{kona,spännhylsa} * \tan \alpha}{(\mu_{kona,spännhylsa} + \tan \alpha)} \right) * \mu_i =$$

$$= 8200,5 \text{ in i ekvation 10.9} \Rightarrow$$

$$\mathbf{5222,67 \text{ N} \leq 8200,5 \text{ N}}$$

Antagandet stämmer. Glidning sker mellan spänring och kona.

## BILAGA 8 - JÄMVIKTSBERÄKNINGAR KONISKA SPÄNNRINGAR

Sökt:  $M_{tot}$  då {friktionskraften}  $F_{ax,i} \geq 8200 \text{ N}$

### Åtdragningsmutter enligt ISO-standard

$$\rightarrow: M_{tot} - M_{g\ddot{a}nga} - M_{bas} = 0 \Rightarrow$$

$$M_{tot} = M_{g\ddot{a}nga} + M_{bas} =$$

$$= F_{ax} * (0,16 * P + 0,58 * \mu * d_2 + \mu_b r_m) \quad (12.1)$$

### Kona

$$\rightarrow: M_{bas} - M_{moth\ddot{a}ll} + F_{per,klack} * r_{klack} = 0 \quad (12.2)$$

$$\leftarrow: F_{ax,y} * \cos\alpha - F_{ax} + N_y * \sin\alpha = 0 \Rightarrow$$

$$N_y * \mu_{kona,sp\ddot{a}nnring} * \cos\alpha - F_{ax} + N_y * \sin\alpha = 0 \Rightarrow$$

$$N_y = \frac{F_{ax}}{\mu_{kona,sp\ddot{a}nnring} * \cos\alpha + \sin\alpha} \quad (12.3)$$

### Konisk spännring

$$\rightarrow: M_{g\ddot{a}nga} - F_{per,klack} * r_{klack} - F_{per,inre} * r_i = 0 \Rightarrow$$

$$M_{g\ddot{a}nga} = F_{per,klack} * r_{klack} + F_{per,i} * r_i \quad (12.4)$$

$$\leftarrow: F_{ax} - F_{ax,i} - F_{ax,y} * \cos\alpha - N_y * \sin\alpha = 0 \Rightarrow$$

$$F_{ax} = F_{ax,i} + dN_y * (\mu_{kona,sp\ddot{a}nnring} * \cos\alpha + \sin\alpha) \quad (12.5)$$

$$\uparrow: N_y * \cos\alpha - N_i - F_{ax,y} * \sin\alpha = 0 \quad (12.6)$$

**Jämvikt för kona och konisk spännring**

$$\rightarrow: F_{ax} - F_{ax} + F_{ax,i} = 0$$

$$\Rightarrow F_{ax,i} = 0 \text{ under utdragningen}$$

**Sökt:  $N_i$** 

Förutsatt axiell glidning mellan kona och konisk spännring, det vill säga;

$$F_{ax,y} = N_y * \mu_{kona \text{ spännring}}$$

$$\text{Ekvation 12.3 och 12.6} \Rightarrow$$

$$N_i = F_{ax} * \left( \frac{(1 - \mu_{kona \text{ spännring}} * \tan \alpha)}{(\mu_{kona \text{ spännring}} + \tan \alpha)} \right)$$

Därefter vid stötlast

$$F_{ax,i} = N_i * \mu_{stång \text{ spännring}} \geq 8200 \text{ N}$$

$$\Rightarrow N_i = \left( \frac{(1 - \mu_{kona,spännring} * \tan \alpha)}{(\mu_{kona,spännring} + \tan \alpha)} \right) F_{ax} * \mu_{stång,spännring} \geq 8200 \text{ N}$$

$$\Rightarrow F_{ax} \geq 8200 \text{ N} * \frac{1}{\left( \frac{(1 - \mu_{kona,spännring} * \tan \alpha)}{(\mu_{kona,spännring} + \tan \alpha)} \right) * \mu_{stång,spännring}} \Rightarrow$$

Med:

- $\mu_{kona,spännring} = \mu_{stång,spännring} = 0,18$
- $\alpha = 6^\circ$

 $\Rightarrow$ 

$$F_{ax} \geq 13238,54 \approx \mathbf{13239 \text{ N}}$$

In i ekvation 12.1  $\Rightarrow$ 

$$M_{tot} = F_{ax} * (0,16 * P + 0,58 * \mu * d_2 + \mu_b r_m)$$

Med:

- $F_{ax} = 13239 \text{ N}$
- $P = 2$
- $\mu_b = 0,18$
- $d_2 = 53,9175 \text{ mm}$
- $r_m = 41,75 \text{ mm}$



⇒

$$M_{tot} = 178249,73 \text{ Nmm} = \mathbf{178,3 \text{ Nm}}$$

### Beräkning av erforderligt moment vid mothåll

**Sökt:**  $M_{mothåll}$

Ekvation 2 ⇒

$$M_{mothåll} = M_{bas} - F_{per,klack} * r_{klack} \quad (12.7)$$

$$M_{bas} = F_{ax} * \mu_b * r_m$$

Antag att det glider mellan spännring och kona:

$$F_{per,klack} = N_y * \mu_{klack} \quad (12.8)$$

Ekvation 12.3 in i ekvation 12.8 ⇒

$$dF_{per,klack} = \frac{F_{ax}}{(\mu_{kona,spännring} * \cos\alpha + \sin\alpha)} * \mu_{klack} \Rightarrow \text{in i ekvation 12.7}$$

$$M_{mothåll} = F_{ax} * \mu_b * r_m - \frac{F_{ax}}{(\mu_{kona,spännring} * \cos\alpha + \sin\alpha)} * \mu_{klack}$$

$$M_{mothåll} = F_{ax} \left( \mu_b * r_m - \frac{\mu_{klack}}{(\mu_{kona,spännring} * \cos\alpha + \sin\alpha)} \right)$$

Med:

- $F_{ax} = 13239 \text{ N}$
- $\mu_{kona,spännring} = \mu_{klack} = \mu_b = 0,18$
- $r_m = 41,75 \text{ mm}$
- $\alpha = 6^\circ$

⇒

$$M_{mothåll} = 91086,63 \text{ Nmm} \approx \mathbf{91,1 \text{ Nm}}$$

**Kontroll av antagandet**

Är verkligen  $|F_{per,i}| < dN_i * \mu_i$  ? (12.9)

Ekvation 12.4  $\Rightarrow$

$$|F_{per,i}| = \frac{F_{ax} * (0,16 * P + 0,58 * \mu * d_2 + \mu_b r_m) - F_{per,klack} * r_{klack}}{r_i}$$

Med:

- $F_{ax} = 13239 \text{ N}$
- $F_{per,klack} = 8404,5 \text{ N}$
- $r_{klack} = 28,95 \text{ mm}$
- $r_i = 25 \text{ mm}$
- $P = 2$
- $\mu_b = \mu = 0,18$
- $d_2 = 53,9175 \text{ mm}$
- $r_m = 41,75 \text{ mm}$

$\Rightarrow$

$$|F_{per,i}| = \mathbf{2602,4 \text{ N}}$$

$$N_i * \mu_i = F_{ax} * \left( \frac{(1 - \mu_{kona \text{ spännring}} * \tan \alpha)}{(\mu_{kona \text{ spännring}} + \tan \alpha)} \right) * \mu_i =$$

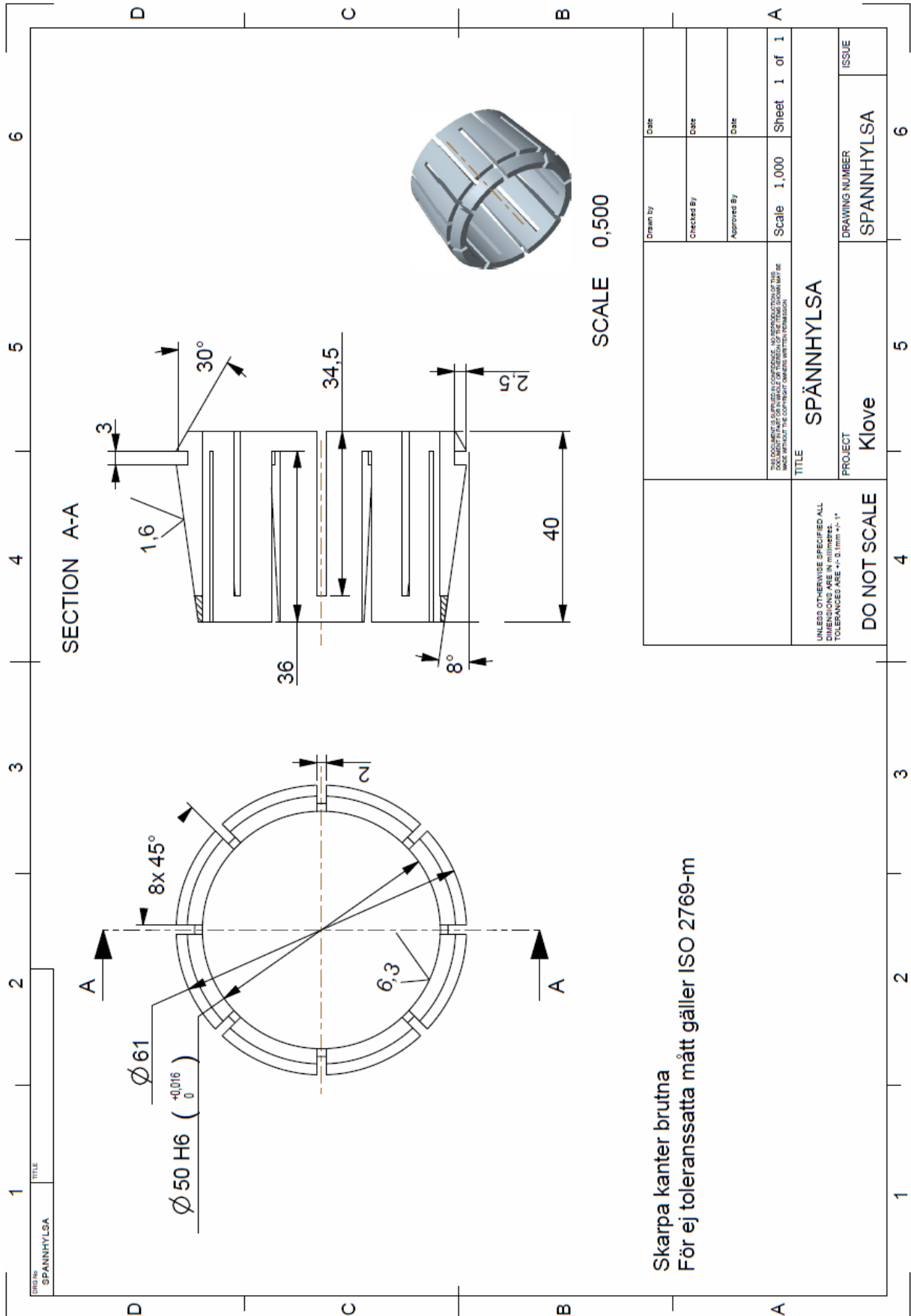
$$= 8200,28 \approx 8200,3 \text{ N in i ekvation 12.9} \Rightarrow$$

$$\mathbf{2602,4 \text{ N} \leq 8200,3 \text{ N}}$$

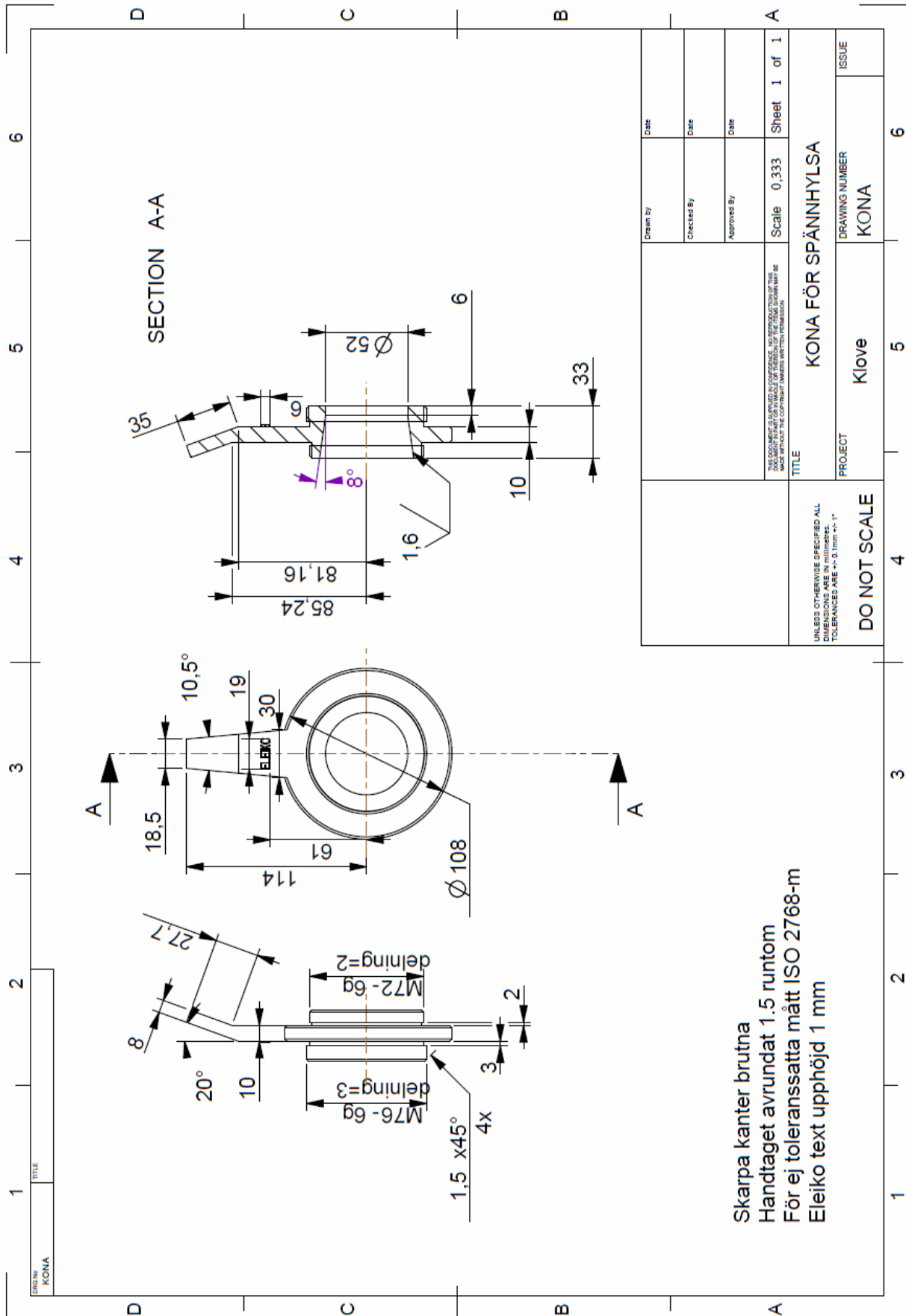
Antagandet stämmer. Glidning sker mellan spännring och kona.

# BILAGA 9 - RITNINGAR KONCEPT MED SPÄNNHYLSA

## Ritning - Spännhylsa



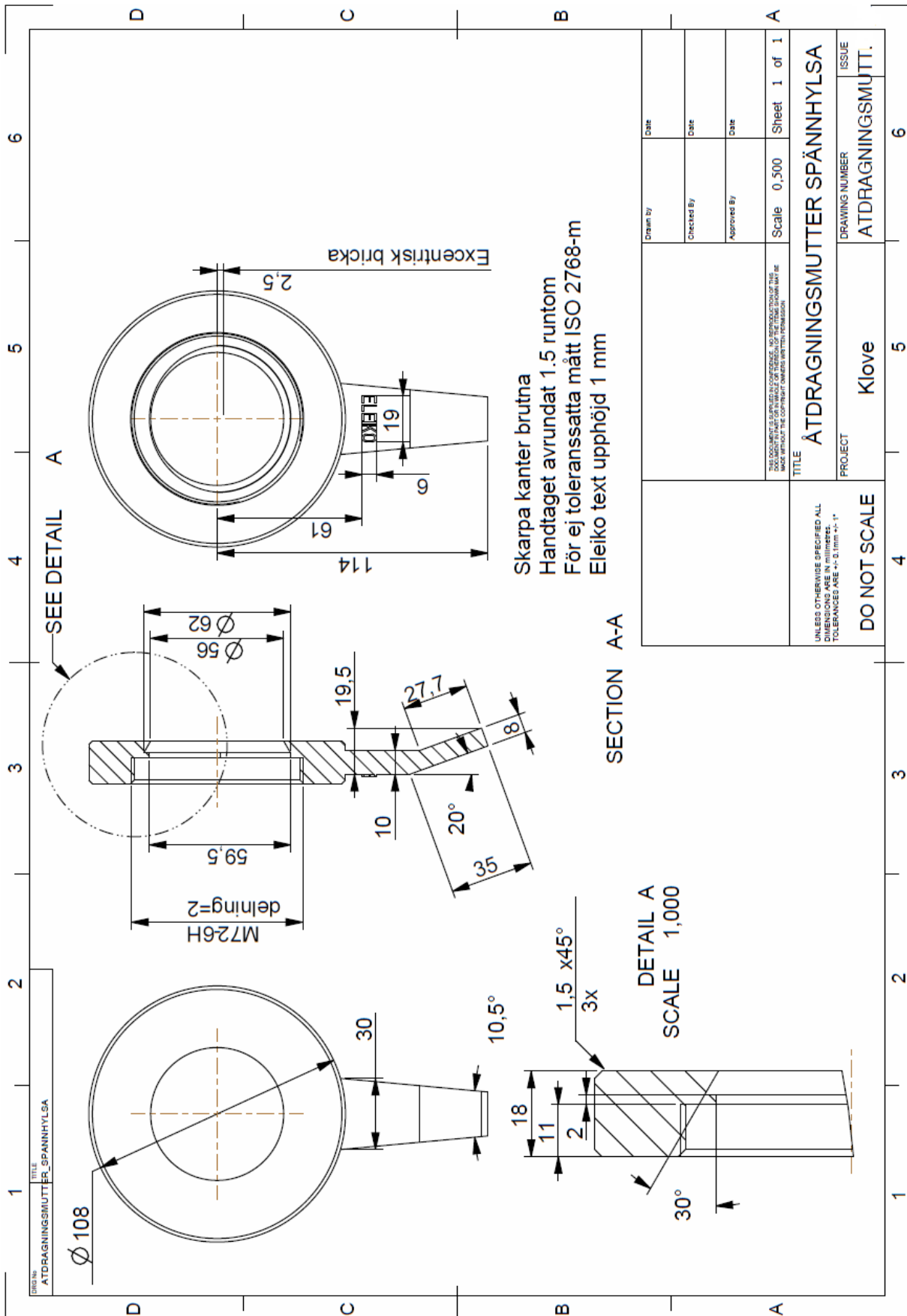
Ritning - Kona



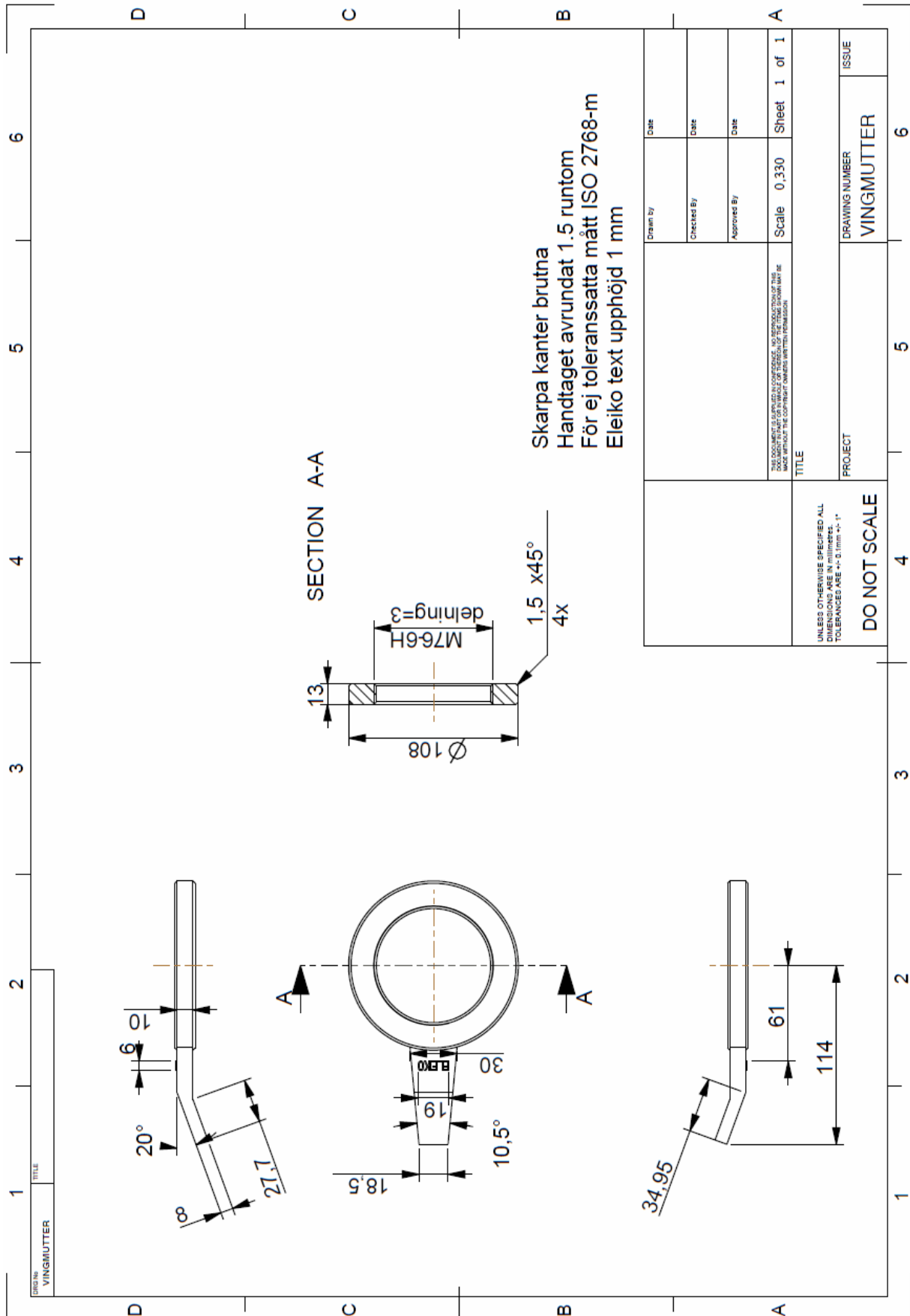
Skarpa kanter brutna  
 Handtaget avrundat 1.5 runtomb  
 För ej toleranssatta mått ISO 2768-m  
 Eleiko text upphöjd 1 mm

Drawn By	Date	Scale	0,333	Sheet	1 of 1
Checked By	Date	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS. TOLERANCES ARE $\pm 0.1\text{mm}$ $\pm 0.1^\circ$			
Approved By	Date	TITLE			
PROJECT		DRAWING NUMBER		ISSUE	
Klove		KONA		1	
DO NOT SCALE					

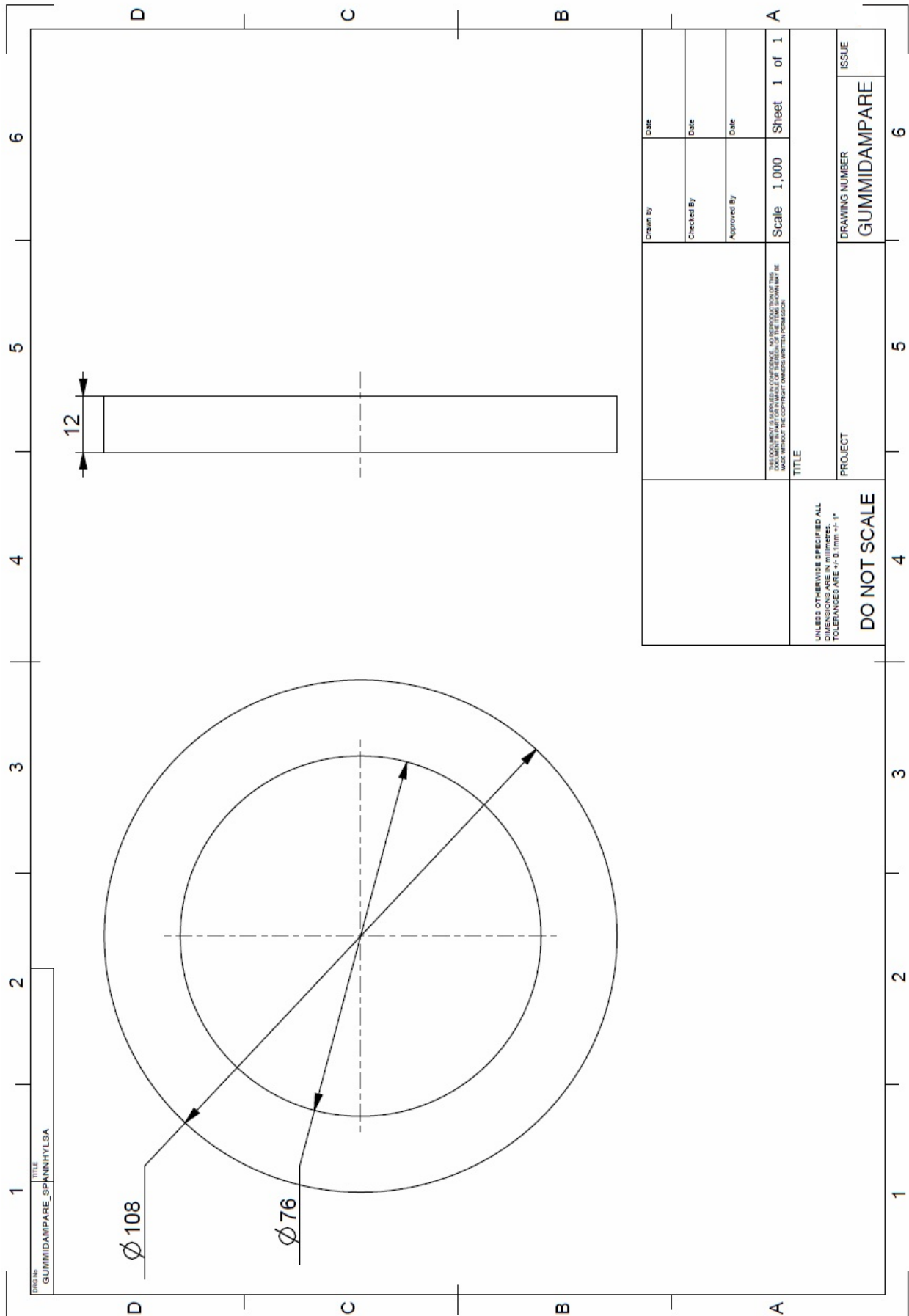
# Ritning – Åtdragningsmutter med excentrisk bricka



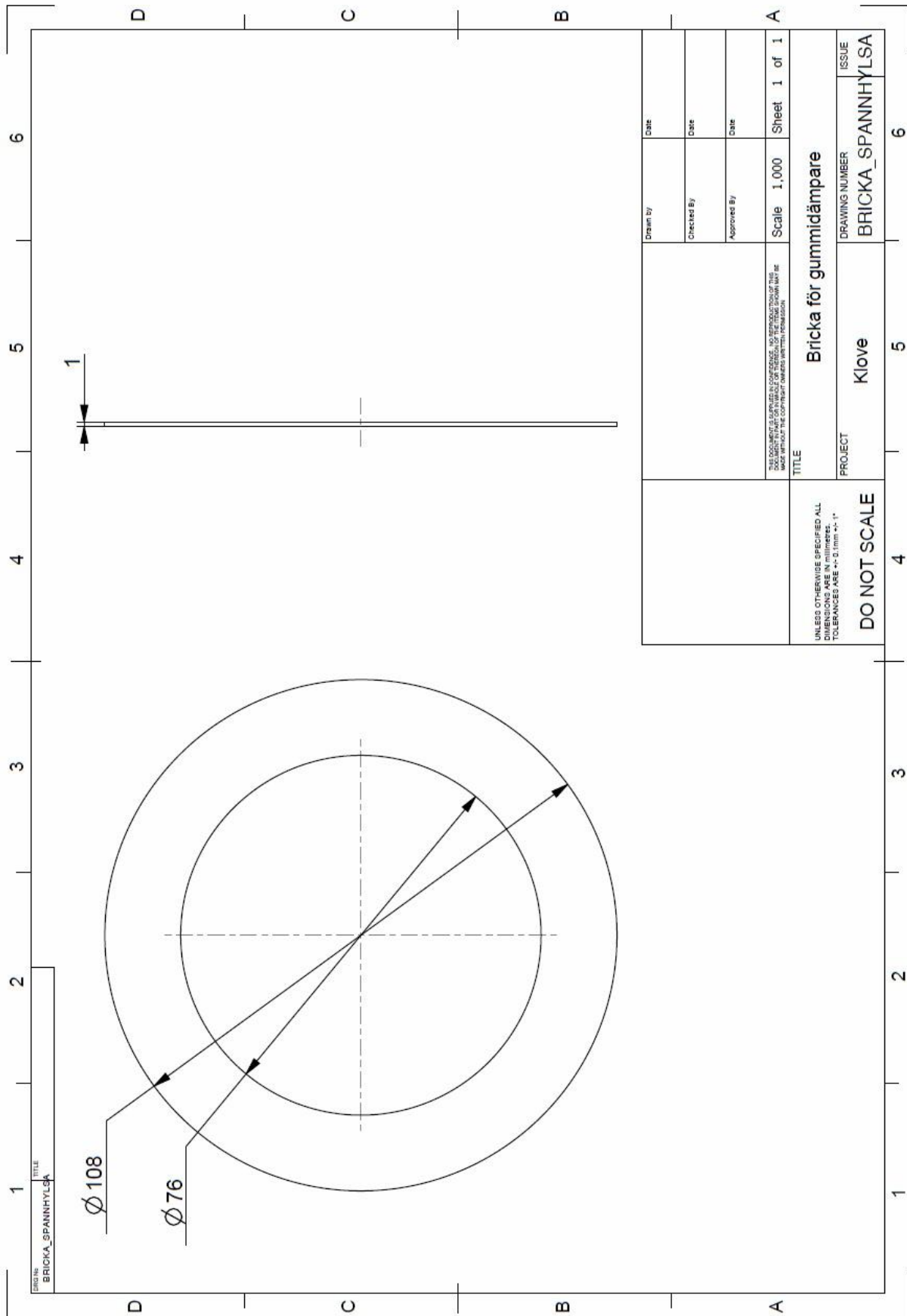
# Ritning - Vingmutter



# Ritning - Gummidämpare



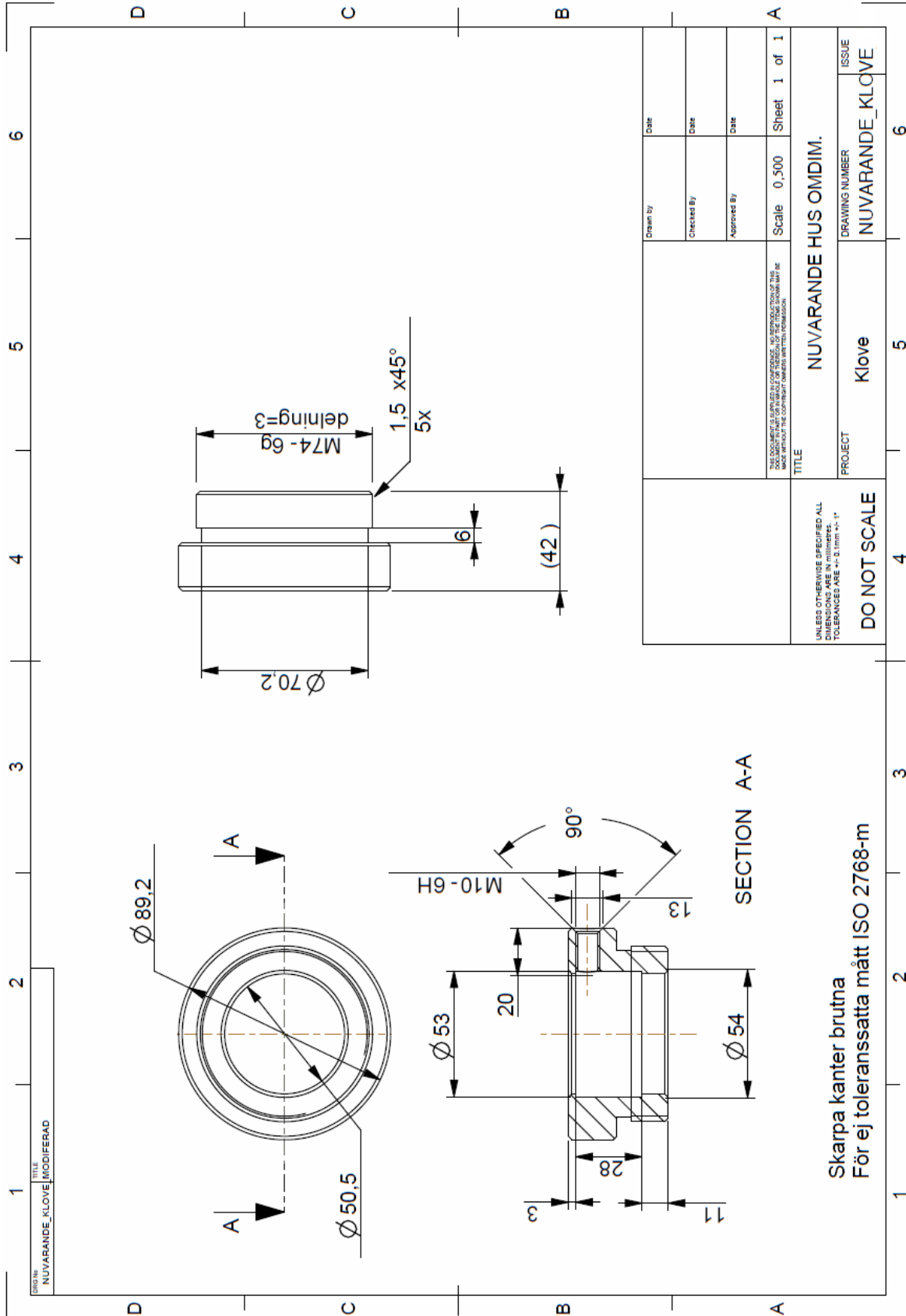
# Ritning – Bricka till gummidämpare



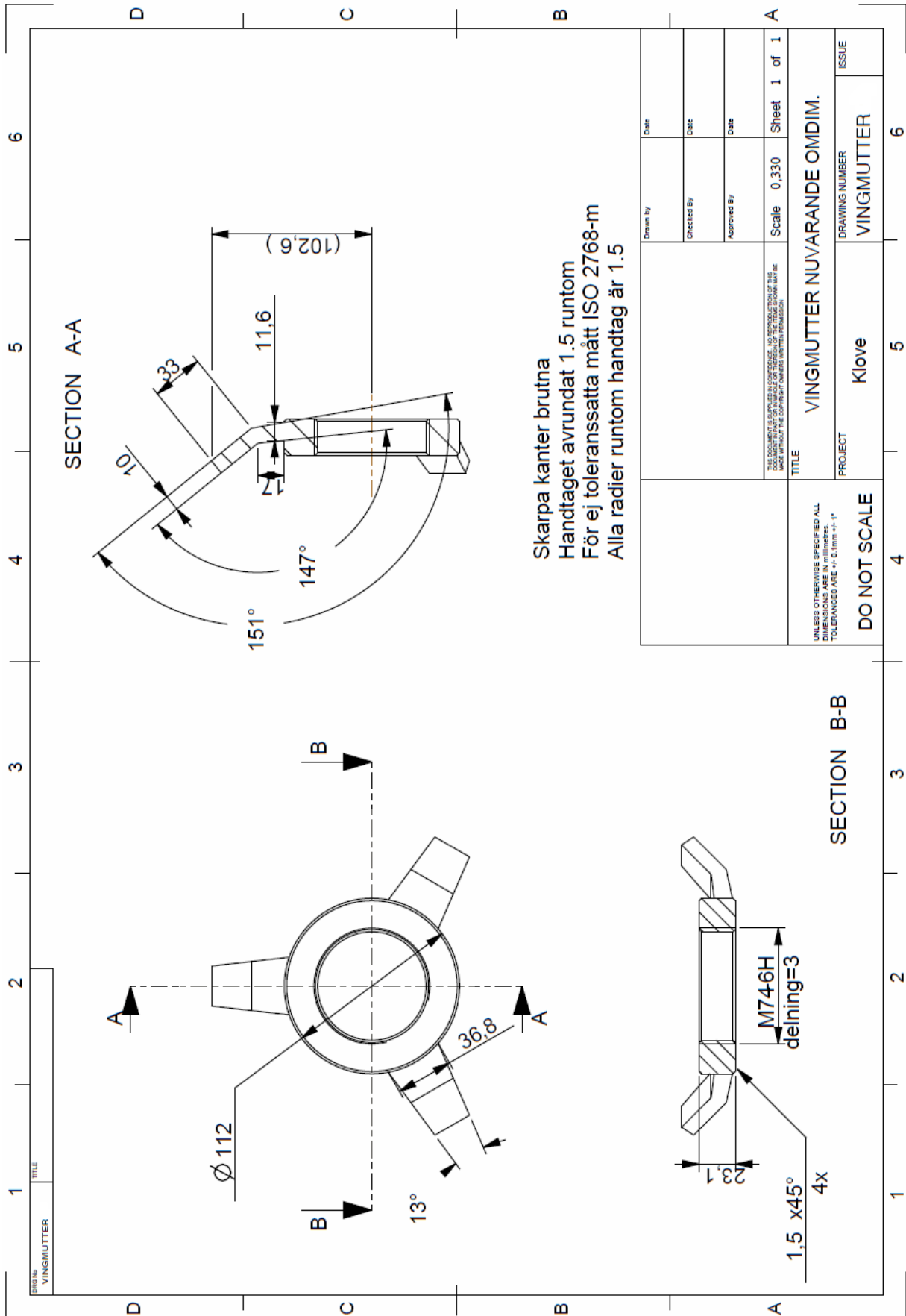


# BILAGA 10 - RITNINGAR NUVARANDE MED NYA DIMENSIONER

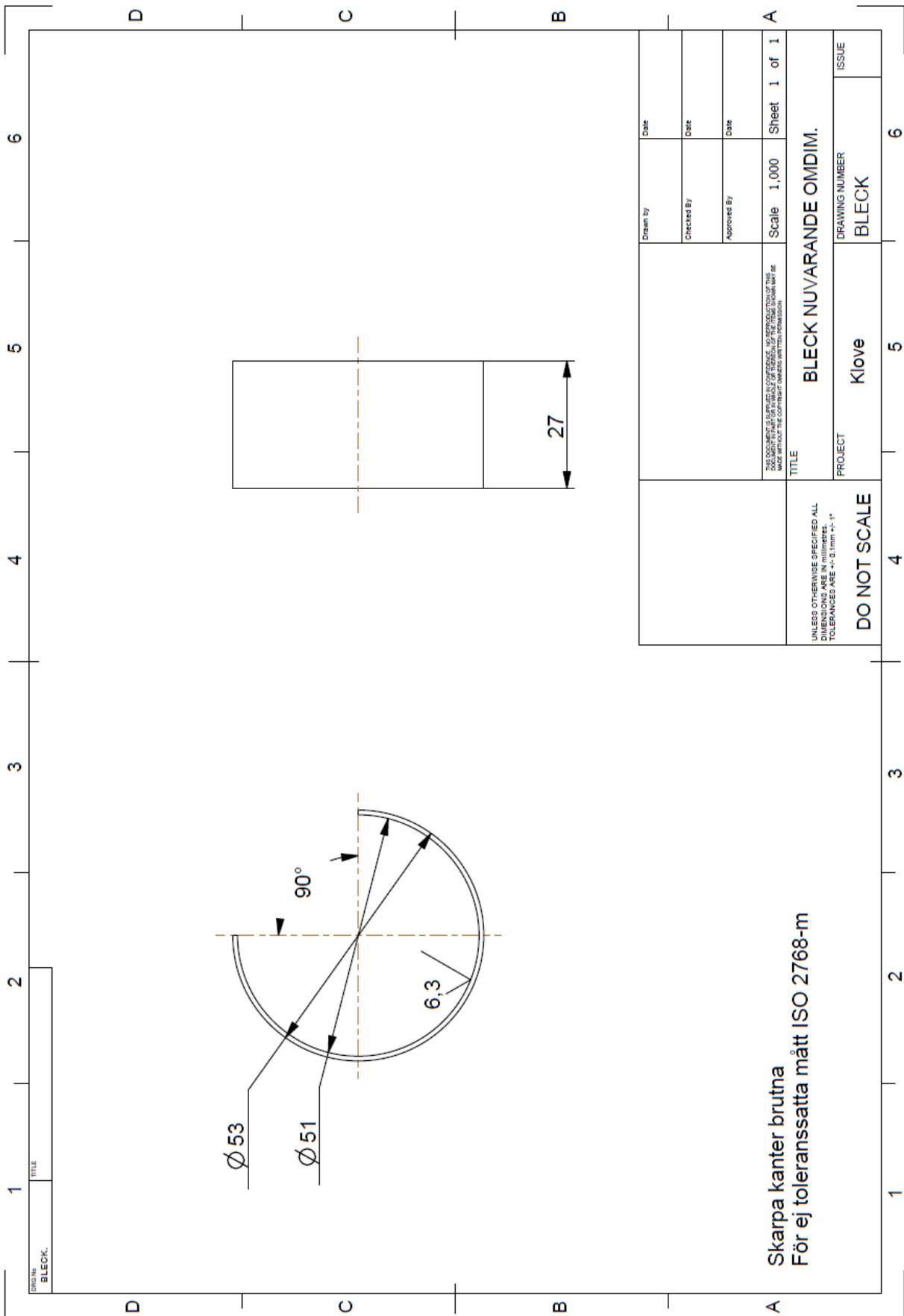
## Ritning - Hus



# Ritning - Vingmutter



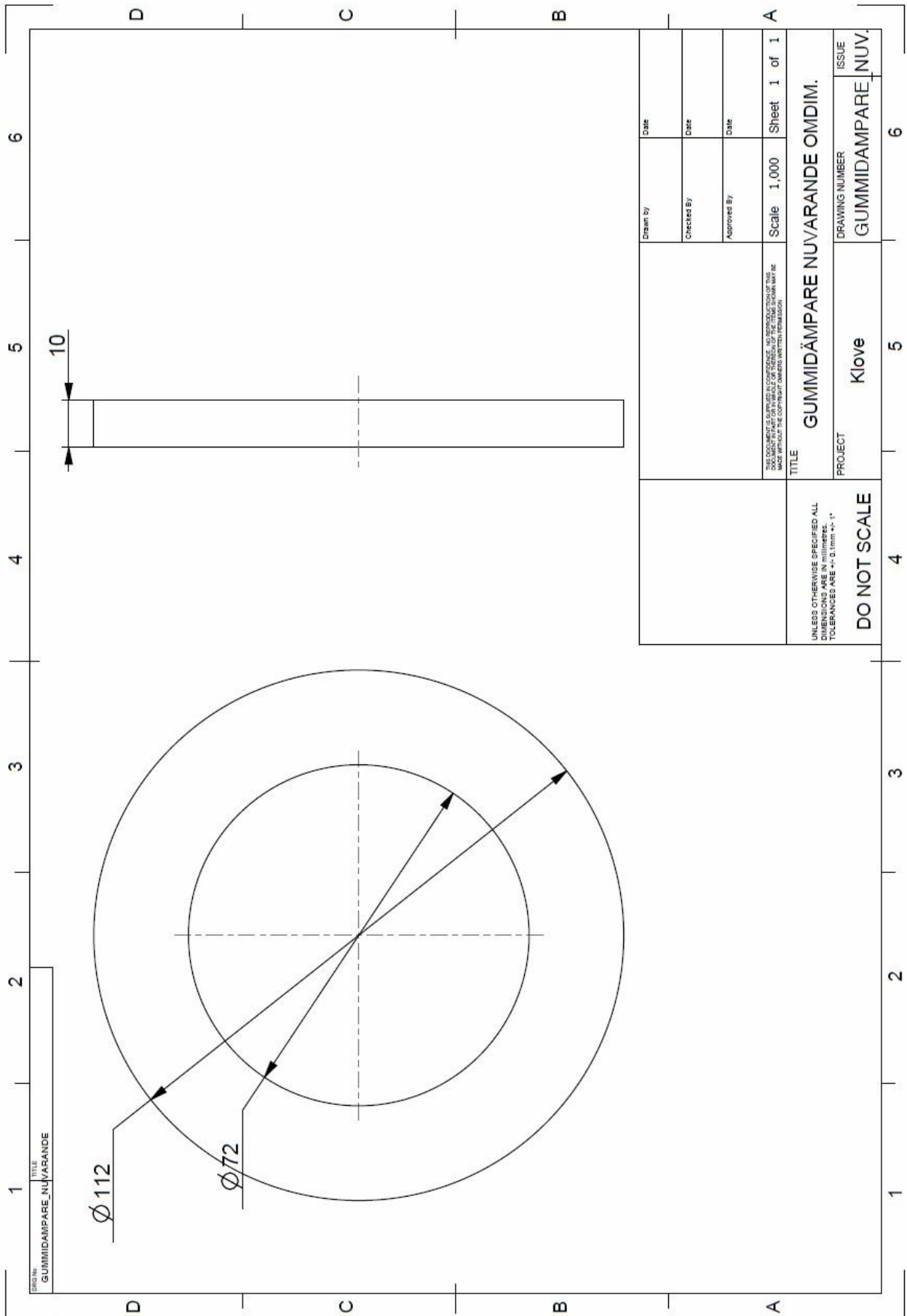
# Ritning - Bleck



Skarpa kanter brutna  
För ej toleranssatta mått ISO 2768-m

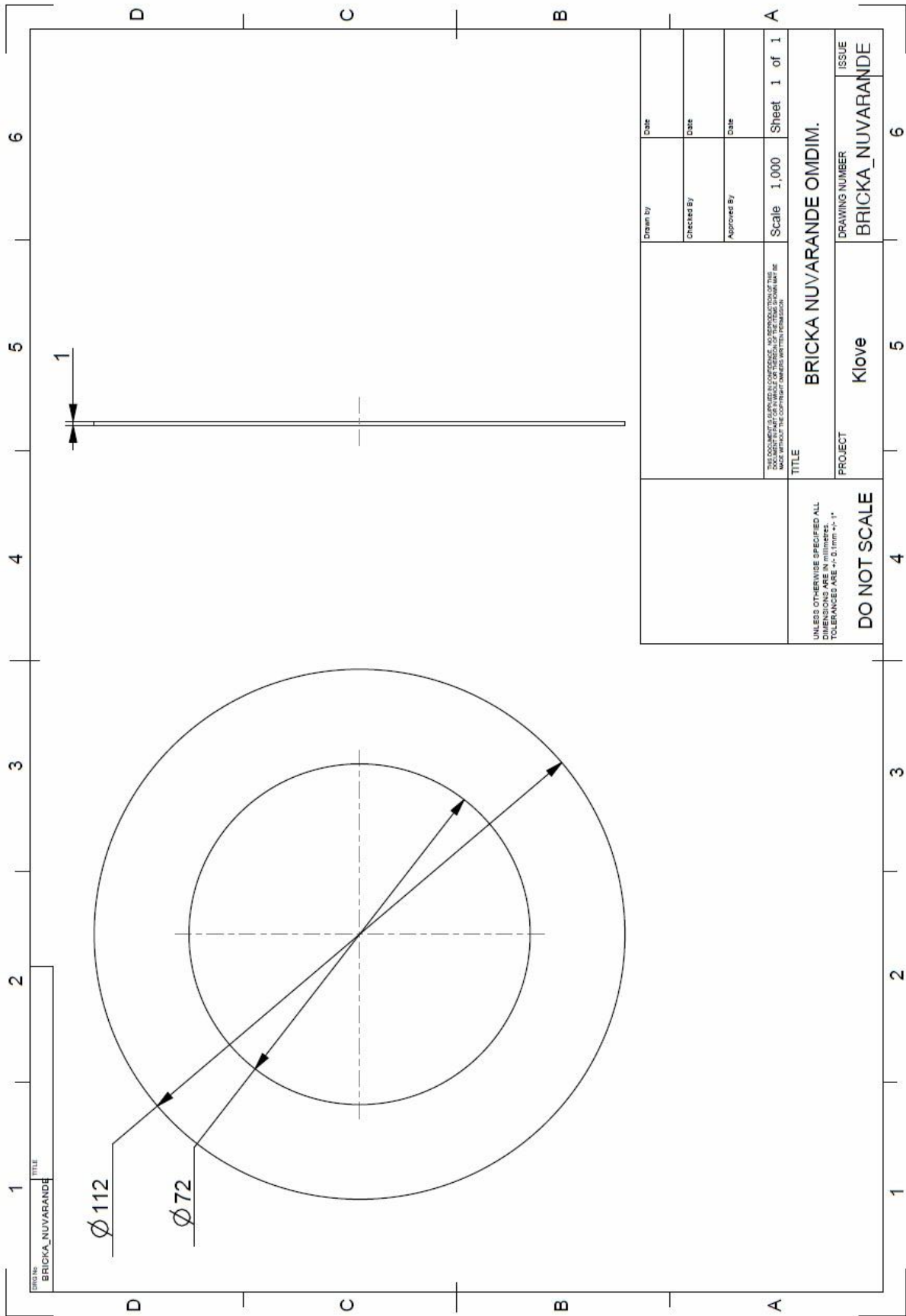
<small>UNLESS OTHERWISE SPECIFIED ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETRES. TOLERANCES ARE <math>\pm 0.10\text{mm}</math> <math>\pm 0.1^\circ</math></small> <b>DO NOT SCALE</b>	TITLE <b>BLECK NUVARANDE OMDIM.</b>		Scale 1,000	Sheet 1 of 1	
	PROJECT Klove		DRAWING NUMBER BLECK		
	ISSUE				
Drawn by	Date	Checked By	Date	Approved By	Date
<small>THIS DOCUMENT IS SUPPLIED IN CONFIDENCE. NO REPRODUCTION OF THIS DOCUMENT IS PERMITTED WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF THE COPYRIGHT OWNER.</small>					

# Ritning - Gummidämpare



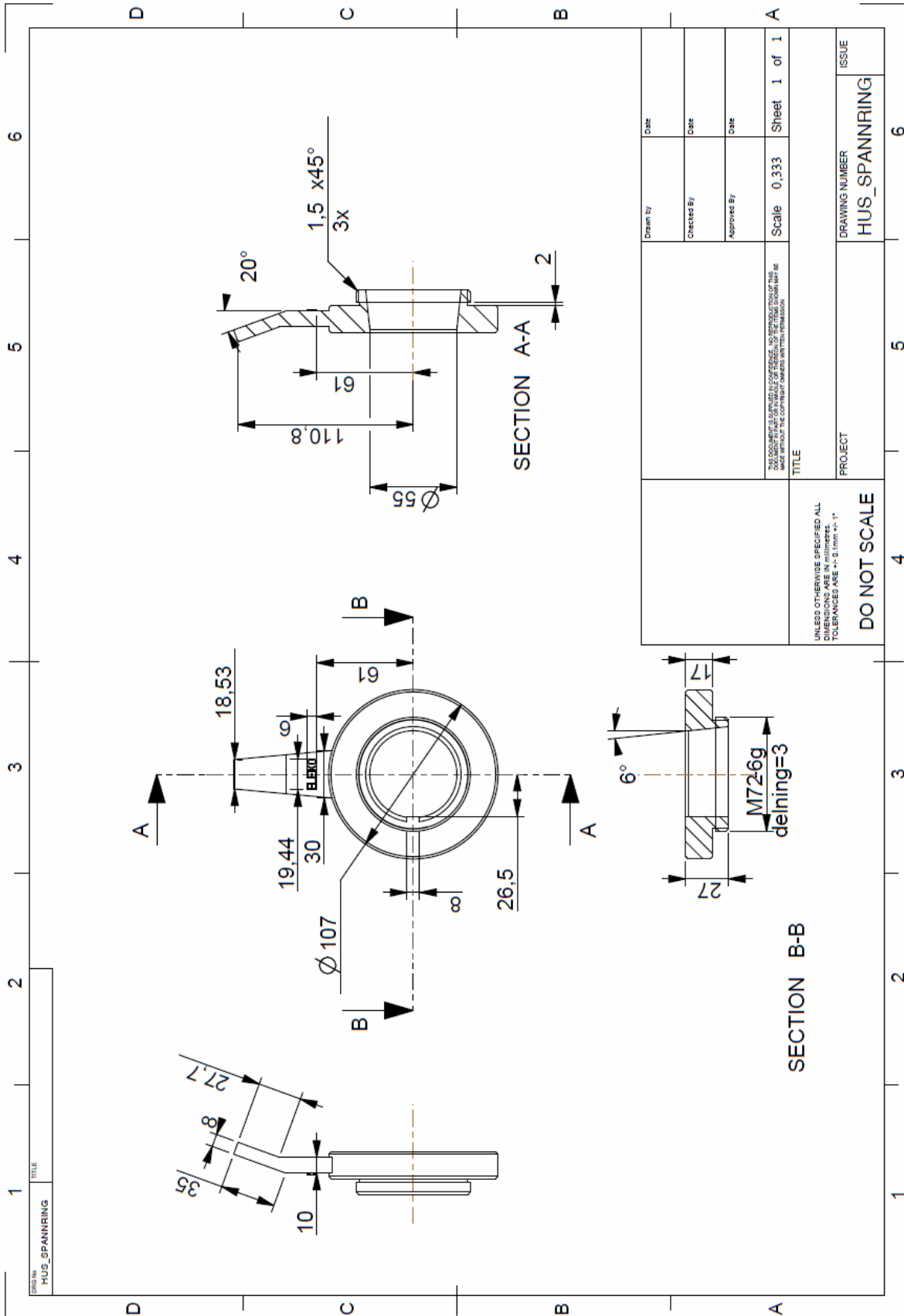
<small>THIS DOCUMENT IS SUPPLIED IN CONFIDENCE. NO REPRODUCTION OF THE DRAWING IS PERMITTED IN WHOLE OR IN PART OR BY ANY MEANS, ELECTRONIC OR MECHANICAL, INCLUDING PHOTOCOPYING, RECORDING, OR BY ANY INFORMATION STORAGE AND RETRIEVAL SYSTEM.</small>	Drawn by	Date
	Checked By	Date
	Approved By	Date
TITLE <b>GUMMIDÄMPARE NUVARANDE OMDIM.</b>		Scale 1,000 Sheet 1 of 1
PROJECT Klove		DRAWING NUMBER GUMMIDÄMPARE_NUV.
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED ALL DIMENSIONS ARE IN millimetres. TOLERANCES ARE $\pm 0.1\text{mm}$ $\pm 0.1^\circ$		ISSUE GUMMIDÄMPARE_NUV.
<b>DO NOT SCALE</b>		

# Ritning – Bricka för gummidämpare

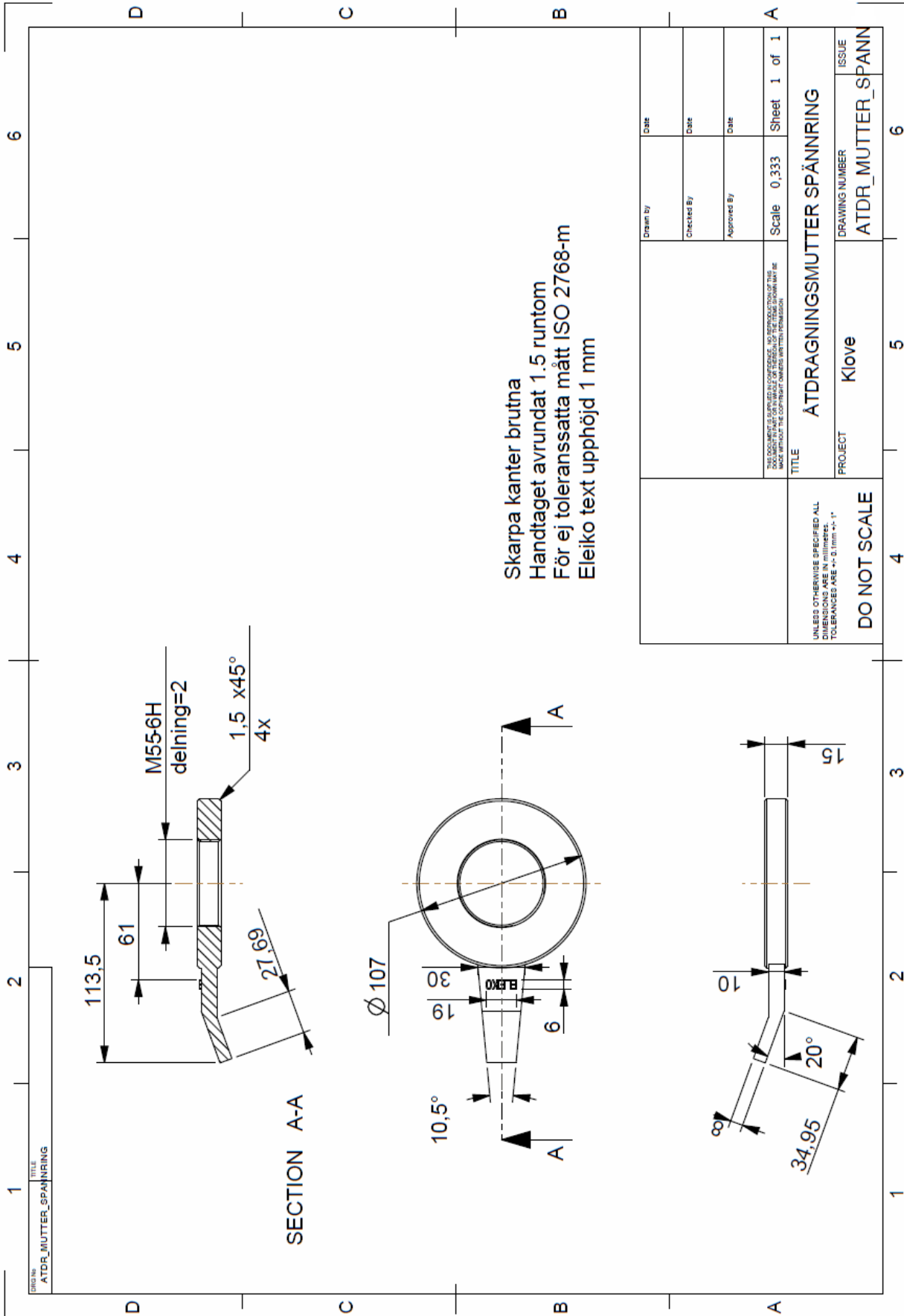


# BILAGA 11 - RITNING AV KONCEPT MED KONISK SPÄNNRING

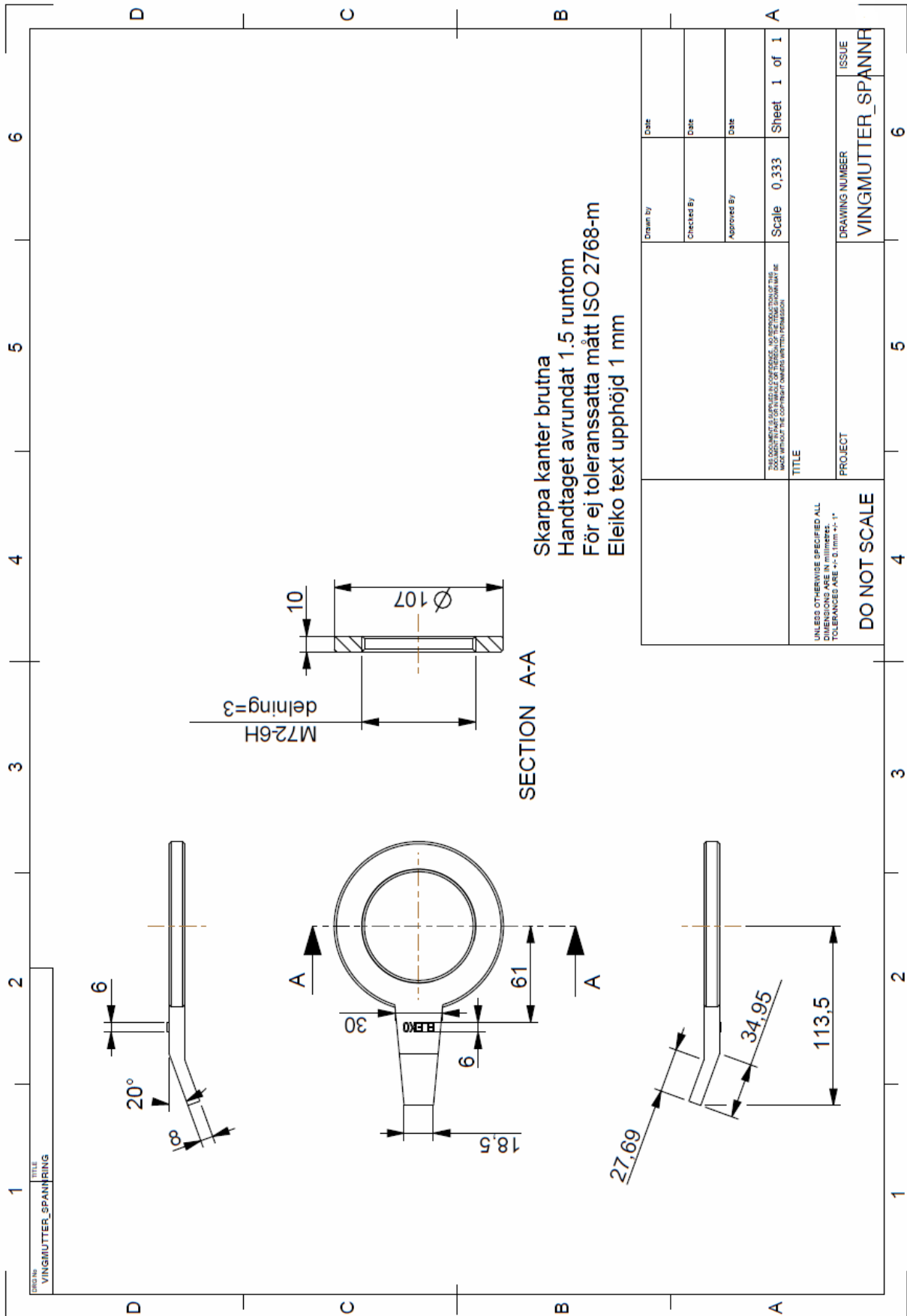
## Ritning – Kona med klack



# Ritning - Åtdragningsmutter

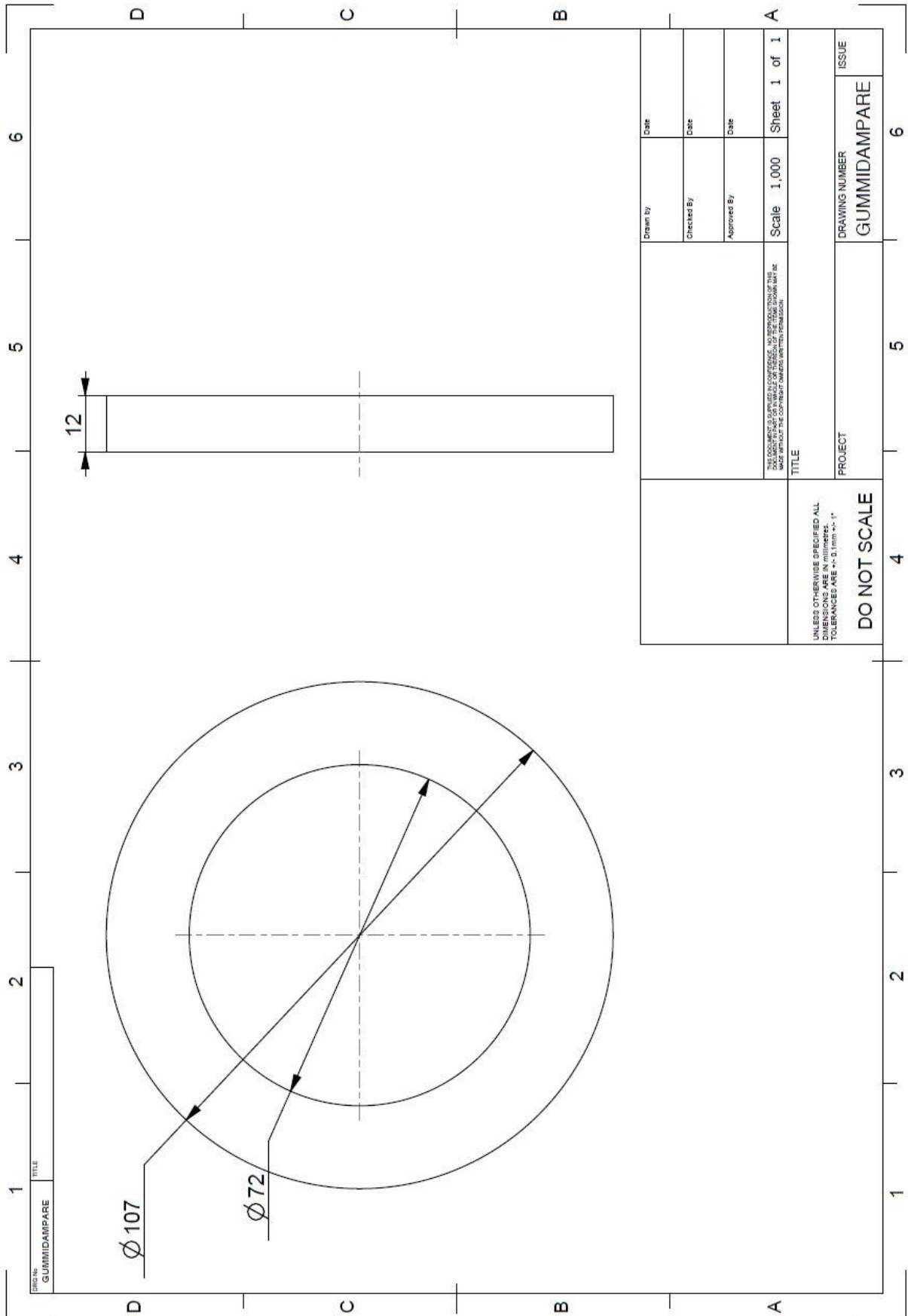


# Ritning - Vingmutter

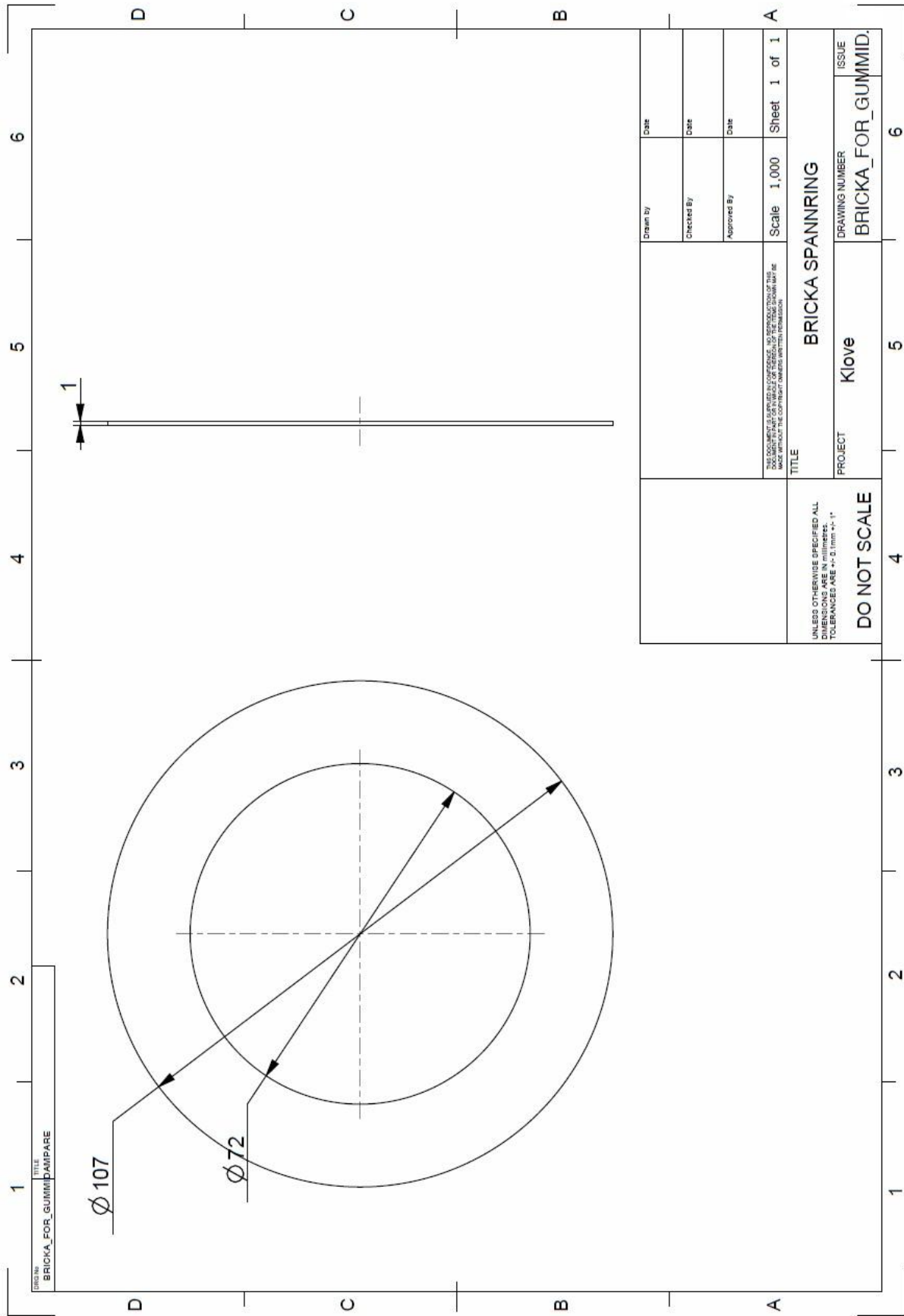




# Ritning – Gummidämpare



# Ritning – Bricka till gummidämpare



## BILAGA 12 - TABELL FÖR M-GÄNGOR MED STÖRRE YTTERDIAMETER

Gängbeteckning	Delning P	Ytterdiameter [mm] $\varnothing d$	Innerdiameter [mm] $\varnothing d1$
M55	2	55	52,835
M72	2	72	69,835
M72	3	72	68,7524
M74	3	74	69,335
M76	3	74	72,752

Ekvationer för att räkna ut innerdiameter på M-gängor ej angivna i vanlig tabell.

$$\text{när} = \frac{\text{mot}}{\tan 30}$$

$$\text{när} = \frac{\left(\frac{P}{2} - \frac{P}{16} - \frac{P}{8}\right)}{\tan 30} = \frac{\left(\frac{8P}{16} - \frac{P}{16} - \frac{2P}{16}\right)}{\tan 30} = \frac{\left(\frac{5P}{16}\right)}{\tan 30}$$

### Beräkningsgång

Åtdragningsmutter P=2

$\varnothing d = 72 \text{ mm}$

$\varnothing d1 = 72 - (2 * \text{när}) = 74 - 2.1650 = 69.835 \text{ mm}$

## BILAGA 13 – KLOVE MONTERAD PÅ SKIVSTÅNG

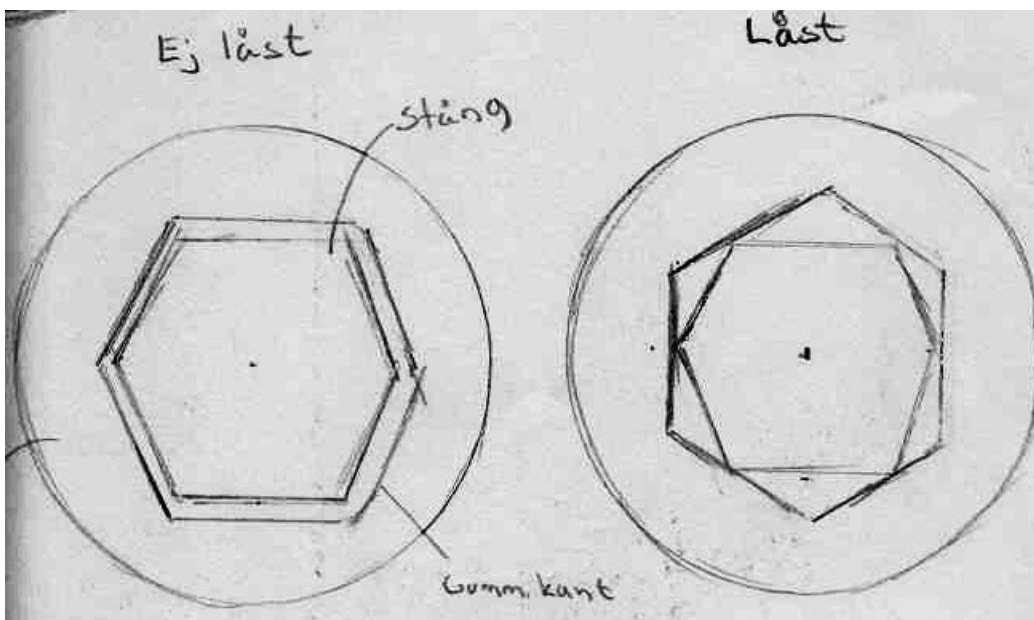
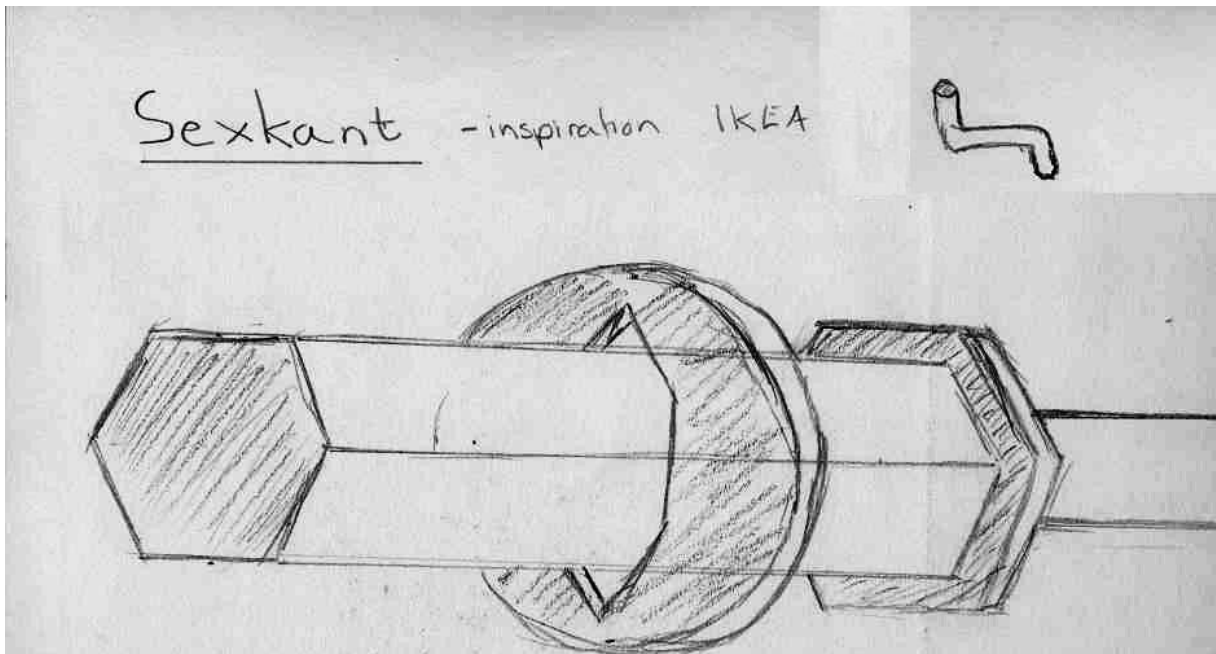


## BILAGA 14 - INSPIRATION

Lösningar som sållades bort.

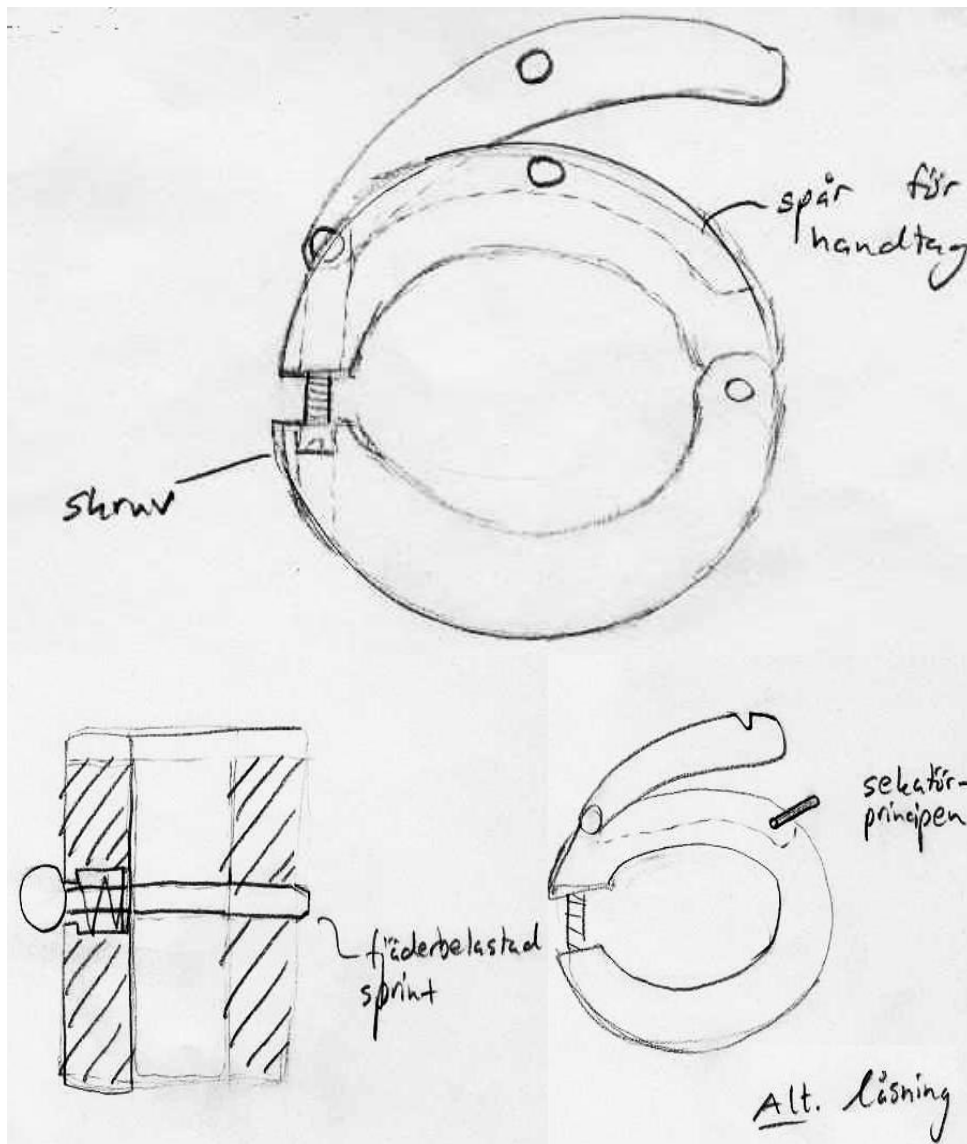
### Sexkantslåsning

Glida på – sexkantslåsning – gummi/plast



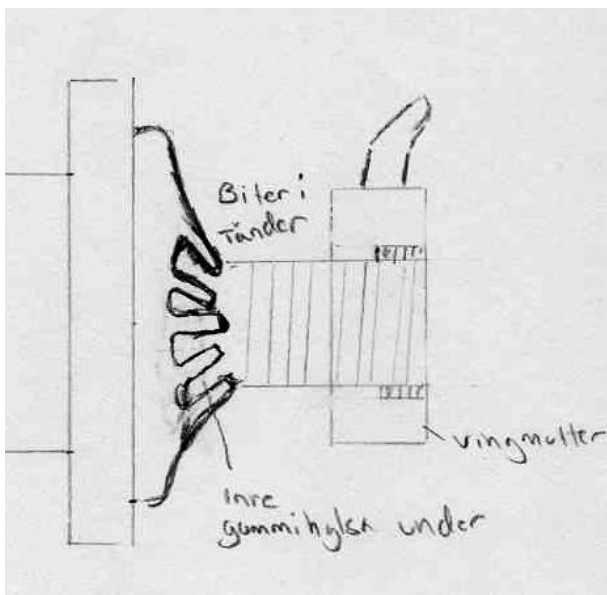
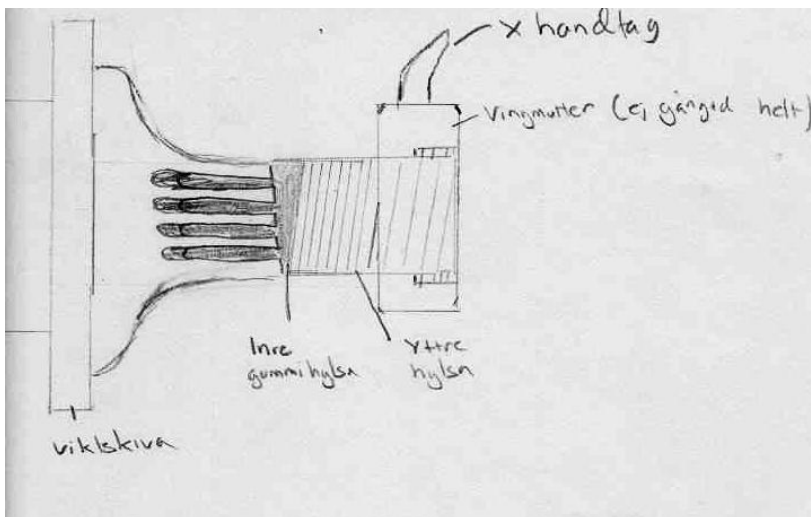
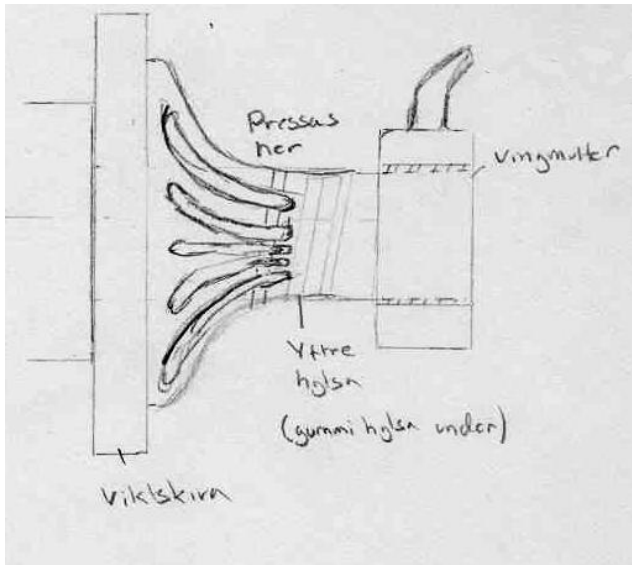
### Klämförband - klämman

Glida på – Klämförband – Gummi/plast – Vingmutter – Kontramutter



### Låsbricka

Glida på – Låsbricka – Gummi/plast – Vingmutter



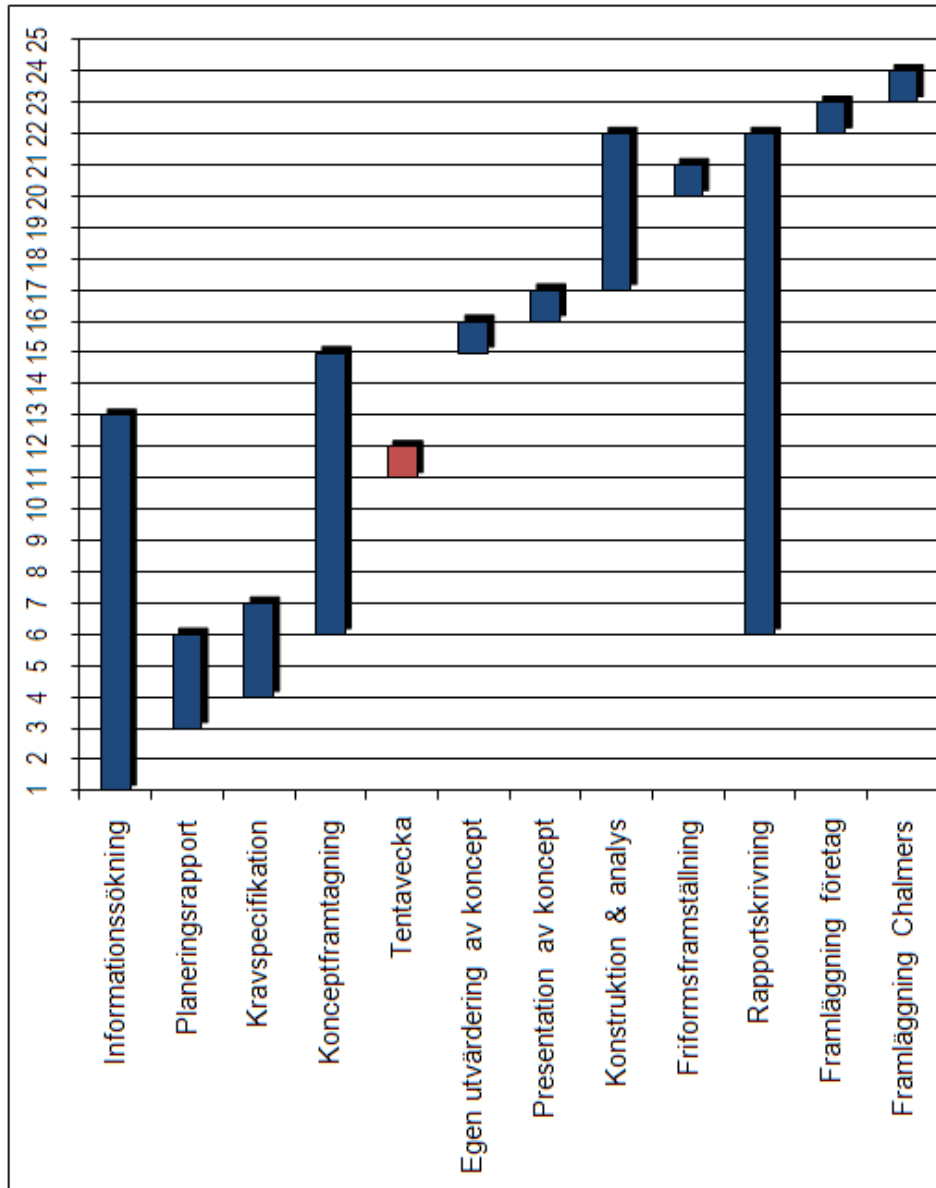
**BILAGA 15 - TEST AV ÅTDRAGNINGEMOMENT PÅ  
NUVARANDE KLOVE**

Test [Nr]	Kraft [Nm]
1	26
2	25
3	23
4	26

Medelvärde = 25 Nm



## BILAGA 16 - GANTT-SCHEMA



Uppgift	Start vecka	Längd	Fram till vecka
Informationssökning	1	12	13
Planeringsrapport	3	3	6
Kravspecifikation	4	3	7
Konceptframtagning	6	9	15
Tentavecka	11	1	11
Egen utvärdering av koncept	15	1	16
Presentation av koncept	16	1	17
Konstruktion & analys	17	5	22
Friformsframställning	20	1	21
Rapportskrivning	6	16	22
Framläggning företag	22	1	23
Framläggning Chalmers	23	1	24

## BILAGA 17 – MASKINELEMENT

Nedan beskrivs olika komponenter vilka ingår i en del av lösningarna.

### Kontramutter

En kontramutter (se figur 2.6) är en typ av låsmutter vilken sätts bakom en annan mutter för att hindra denna att gängas upp. Den enda skillnaden mot en vanlig mutter är att det används dubbla muttrar som motverkar varandra.



*Figur 2.6, Kontramutter [18]*

### Gummidämpare

En gummidämpare (se figur 2.7) används i områden där underhållsfria samt ljuddämpande egenskaper krävs. Valet av gummityp görs beroende på uppgift och utrymme.



*Figur 2.7, Exempel på gummidämpare [19]*

### Vågfjäder

En flervarvig vågfjäder är uppbyggd med en spiral av plattråd som lindas i vågor (se figur 2.8).

Flervarviga vågfjädrar passar där ett lågt inbyggnadsmått krävs och fungerar därför i denna konstruktion. En reduktion av inbyggnadslängd på upp till 50 % kan uppnås jämfört med en vanlig fjäder utan att energiupptagningen försämras [20].



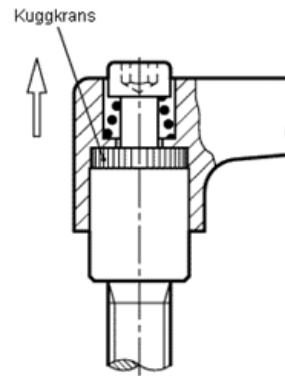
*Figur 2.8, Vågfjäder [20]*

### Ställbar låsspak

En ställbar låsspak (figur 2.9) har en kuggkrans på insidan av handtaget vilken möjliggör omtag utan att skruven lossnar. Pilen i figur 2.10, visar att handtaget måste lyftas upp innan omtag tas.



Figur 2.9, Ställbar låsspak [21]



Figur 2.10, Snittvy med kuggkransen [21]

## **BILAGA 18 – MATERIAL OCH PROCESSER**

Processer och material vilka kommer att ingå i en del av lösningarna presenteras i denna bilaga.

### **Polyuretan - PUR**

Polyuretan är en stor materialgrupp bestående av plastmaterial med hårda och mjuka egenskaper. Valmöjligheterna är stora vilket gör att materialet kan specialanpassas efter applikation.

Mikrocellulära uretanelastomerer är en typ av polyuretan som används i dämpare, fjäderelement, tätningar med mera.

Materialets egenskaper är [4]:

- Vibrationsdämpande
- Hög nötningshållfasthet
- God utmattningshållfasthet
- God slaghållfasthet
- Medger stor frihet i konstruktion
- Kompressibelt (volymen minskar vid tryckbelastning)

### **Gjutjärn**

Gjutjärn är en materialgrupp tillhörande järnlegeringar med 1,8-4,5 % kol. Det finns fyra olika varianter av gjutjärn; segjärn, gråjärn, vitjärn och aducerjärn. Hur de olika varianterna fås fram är beroende av hur sammansättningen i materialet ser ut och avkylningsproceduren sker [25].

Avancerade former kan gjutas vilka sedan kan bearbetas för att få önskade egenskaper och utseende.

### **Segjärn**

Segjärn är en seg variant av gjutjärn vilket har en hög hållfasthet. Detta gör det lämpligt att använda vid tillverkning av delar med höga krav på hållfasthet och seghet, till exempel kugghjul och kopplingar [24].

### **Vulkning (vulkanisering)**

Rågummi värms tillsammans med svavel till en kletig och formbar massa. Sedan omvandlas det till ett elastiskt och stabilt material med hög draghållfasthet. Det vill säga gummit kan stå emot deformation bättre. Om gummit ska sitta fast på något kan vulkning ske direkt på produkten. Även formning av gummit kan ske samtidigt[2].