



HÖGSKOLAN  
I HALMSTAD

Maskiningenjörsprogrammet 180 hp

# EXAMENSARBETE



Effektiviserande av upp- och nedhängning av box  
från en målerilina

Nedjada Ribic och Oscar Sjöström

Maskinteknik 15 hp

2014-05-28

## **Förord**

Denna rapport är ett resultat av ett examensarbete för kandidatexamen inom Maskiningjörsprogrammet vid Högskolan i Halmstad. Projektet har bedrivits i samarbete med Nitator AB under vårterminen 2014.

Vi vill börja med att tacka personalen på Nitator AB för ett bra samarbete och all hjälp för att möjliggöra detta projekt. Vi vill speciellt tacka Magnus Eriksson och Peter Bock som tagit sig tid att styra oss i rätt riktning och svarat på frågor som uppkommit. Ingemar Arvidsson vill vi även tacka som varit till stor hjälp vid framtagning av produktförslag.

Slutligen vill vi tacka Håkan Petersson vår handledare på Högskolan i Halmstad för all vägledning och teori under projektets gång.

---

Nedjada Ribic

---

Oscar Sjöström



## **Sammanfattning**

Examensarbetet har gjorts i samarbete med Nitator AB i Oskarström under vårterminen 2014. Syftet med arbetet har varit att effektivisera produktionen vid upp- och nedhängning av boxar till och från målerlina. En box är en fordonskomponent som väger upp till 220 kg. I dagläget är arbetsmomentet inte ergonomiskt för operatörerna på grund av storleken och vikten. Förflyttningen orsakar även lätt defekter på boxen.

Till en början studerades arbetsmomenten i verkligheten och dokumenterades med hjälp av videofilmningar och tidtagningar. Ergonomiska beräkningar gjordes för att mäta operatörers fysiska påfrestning och vilka skador som riskerades i längden.

Det största problemet som uppkom var att hitta punkter som boxen kunde fästa i. Det medförde att det teoretiska arbetet inleddes med litteraturundersökningar på fixturer. I samband med sökningarna diskuterades arbetsmomentet ihop med berörd personal samtidigt som idégenereringsmetoder utfördes.

En kravspecifikation med krav och önskemål gjordes gemensamt med företaget och användes sedan för utvärdera de principlösningarna som tagits fram. Objektiva utvärderingsmetoder har använts för att jämföra lösningsförslag med kriterierna. Många av idéerna som uppkommit under projektets gång har diskuterats med personal och valts bort eller vidareutvecklats.

Med de resultat som framkommit från utvärderingarna byggdes en prototyp för att prova funktionsduglighet. CAD-modeller på lösningsförslaget ritades upp som analyserades med FEM i Catia V5. Med vissa modifikationer resulterade provningarna och analyserna i en slutkonstruktion. Till sist gjordes ritningar på det slutgiltiga lyftredskapet och fixturen.

## **Abstract**

The thesis has been done in collaboration with Nitator AB in Oskarström during the spring semester 2014. The purpose of this thesis has been to streamline production at the hanging of a box to and from a painting line. A box is a vehicle component weighing up to 220 kg. The current operation is not ergonomic for operators because of the size and weight. The moving can also easily cause defects on the box.

At first the procedures was studied in reality and documented by using video filming and timings. Ergonomic calculations were made to measure operators' physical stress and the damage that was a risk in the long run.

The main problem that arose fairly early was to find points where attaches to the box could be made. Therefore literature studies on fixtures were first made. Meanwhile discussions about the operations where made with relevant staff while brainstorming was performed.

A specification of requirements and requests were made together with the company and was used to evaluate the principle solutions that have been developed. Objective assessment methods have been used to compare the solution with the criteria. Many of the ideas that arose during the project have been discussed with staff and have been removed or were further developed.

With the results that emerged from the evaluation a prototype were built to test the functionality. CAD models were made to make the FEM-analysis in Catia V5. With some modifications the tests and analyzes resulted in a final design. Finally drawings on the final lift tool and fixture was created.

## Innehållsförteckning

1. Introduktion .....	1
1.1 Bakgrund .....	1
1.1.1 Företagspresentation .....	1
1.2 Syfte och mål.....	2
1.2.1 Problemdefinition .....	2
1.3 Avgränsningar .....	2
1.3.1 Individuella ansvarsområden/insatser i examensarbetet.....	2
2. Teoretiskretisk referensram .....	3
2.1 Sammanfattning av relevant litteratur, pågående forsknings- och utvecklingsarbete.....	3
2.2 Valt ämne/område .....	3
2.2.1 Ergonomi .....	4
2.2.2 Produktutvecklingsprocess .....	4
2.2.3 Utvecklingsprocessen för fixturer.....	6
2.2.4 Materialjämförelse .....	8
2.2.5 FEM analyser.....	8
3. Metod.....	10
3.1 Metoddiskussion .....	10
3.1.1 Utvecklingsprocess för fixturer .....	11
3.1.2 Ergonomi .....	12
3.2 Metodologi .....	12
3.2.1 NIOSH lyftekvation .....	12
3.2.2 Principkonstruktion.....	13
3.2.3 Primärkonstruktion .....	14
3.2.4 Andra metoder .....	14
3.2.5 Idégenerering .....	15
3.2.6 FEM-analyser.....	16
3.3 Förberedelser och insamling av data.....	16
3.3.1 Observationer och kontroller .....	16
3.3.2 Marknadsanalys .....	16

4.	Genomförande .....	17
4.1	Observationer och kontroller.....	17
4.2	Principkonstruktion.....	17
4.2.1	Produktdefinition .....	17
4.2.2	Produktundersökning .....	18
4.2.3	Kriterieuppställning .....	19
4.2.4	Lösningförslag.....	19
4.2.5	Utvärdering av produktförslag.....	20
4.2.6	Primär utvärdering .....	20
4.2.7	Slutgiltig utvärdering .....	20
4.2.8	Slutsats och kompletteringar av produktförslag .....	21
4.2.9	Presentation av produktförslag .....	22
4.2.10	Kommentarer kring produktförslag .....	23
4.3	Primärkonstruktion.....	23
4.3.1	Produktutkast .....	23
4.3.2	Komponentval.....	24
4.3.3	Detaljkonstruktion .....	24
4.3.4	Produktsammanställning.....	25
4.4	Modellering, simulering och prediktering av produkter .....	25
4.4.1	Fixtur.....	26
4.4.2	Lyftverktyg .....	26
4.5	Handberäkningar .....	27
4.6	Risikanalys och CE-märkning.....	27
5.	Resultat .....	28
5.1	Slutgiltigt lösningförslag .....	28
5.2	Diskussion om de resultat som uppkommit av analyser .....	28
5.2.1	Fixtur.....	28
5.2.2	Lyftverktyg .....	28
5.2.3	Lyftkrokar .....	29
6.	Slutsatser.....	30
7.	Kritisk granskning .....	32

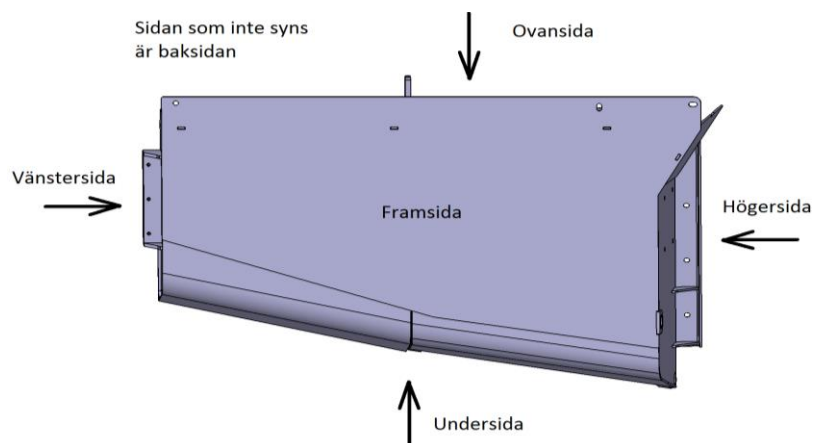
7.1	Miljö och hållbar utveckling .....	32
7.2	Ekonomi .....	32
7.3	Arbetsmiljö.....	32
7.4	Litteratur.....	32
7.5	Etiska och sociala aspekter.....	33
7.6	Diskussion och rekommendation till fortsatta aktiviteter. ....	33
8.	Referenser.....	34
9.	Bilagor .....	36

## 1. Introduktion

### 1.1 Bakgrund

Projektet går ut på att utveckla och tillverka en lyftanordning som underlättar upp- och nedhängning av box på en målerilina. En box är en komponent till ett fordon. Det finns tre olika modeller av boxar som lyftanordningen behöver anpassas till. Två av dem är ungefär lika stora men skiljer sig i vissa detaljer utseendemässigt samt till vikten. Den tredje boxen skiljer sig både till storlek, vikt och utseende. Boxarna väger ca 190-220 kg. Se figur 1 för definition av boxens sidor som används under arbetet. Två av sidorna, undersidan och framsida är A-klassade vilket betyder att de är synliga utåt på och får inte ta skada under tillverkningsprocesserna.

I dagsläget sker lyftet av detalj med hjälp av en travers som finns i företagets verkstad. Traversen kan lyfta i höjd och sidled men inte rotera kring x och y-axeln och är godkänd för att lyfta 250kg. På traversen finns ett lyftverktyg monterat. Boxen hänger på målerilinan i krokarna med en ram mellan krokarna som används vid lyftet med hjälp av ett lyftverktyg. Upphängning sker med hjälp av travesen där vridningen sker automatisk i samband med lyftet. Vid nedhängning ska detaljen placeras på en transportpall med rack på sidorna. Detaljen placeras med undersidan på pallan och vrids 90 grader manuellt av operatörer ner på framsidan. Detta moment kräver fyra personer varav tre som arbetar aktivt.



Figur 1: Definition av boxens sidor

#### 1.1.1 Företagspresentation

Nitator AB är ett familjeägt företag som grundades 1983. De har som mål att vara ett utav Europas ledande leverantörsföretag till fordonsindustrin. De är leverantörer till företag så som Volvo, Scania, Renault, Nolato och Ålö. De hade en omsättning på ca. 250 MKr år 2012. De har sina kärnprocesser i Hyltebruk och

Oskarström med en kompletterande verksamhet i Litauen där de fokuserar på manuella processer. Hyltebruk lanserades 2000 där de tillverkar teknikinnehållande komponenter genom automatiserade pressning samt robotiserad press- och punktsvetsning. I Litauen etablerades verksamheten år 2005. Kärnprocesserna där är pressning, svetsning och avancerad montering med ett välutvecklat logistikflöde och transporter. I Oskarström där examensarbetet bedrivs tillverkas komponenter i plåt till fordonsindustrin. Här fokuserar de på utveckling och tillverkning av prototyper, verktyg och fixturer med hjälp av laserskärning, robotiserad svetsning och ytbehandling.

### 1.2 Syfte och mål

Syftet är att effektivisera upp- och nedhängning av boxar på en målerilina. Det ska göras på ett säkert sätt för såväl personal som detalj. Att utföra arbetet med så få personalresurser som möjligt och minimera arbetsbelastningen för operatörerna. Målet är att effektivisera produktionen för att leverera ca 4000 boxar per år (80 st./vecka).

#### 1.2.1 Problemdefinition

Vid upp- och nedhängning av boxar från målerilinan utsätts de för olika påfrestningar och risker. När boxarna lyfts upp från pallen rullas de på kanten mellan undersidan och framsidan vilket kan ge skador på ytan som är A-klassificerad. Då undersidan på boxarna inte är rak vrider de sig snett i lyftet och slår emot kanterna på pallen. Vid nedhängning från målerilinan lyfts boxarna av och ställs på undersidan på pallen. Sedan vänds de ner av operatörerna för hand på framsidan. Arbetsmomentet kräver onödigt mycket personal samtidigt som personalen utsätts för stora fysiska påfrestningar vilket inte är ergonomiskt. Vid nedhängningen uppkommer samma problem som vid upphängningen då de slår emot kanterna på pallen p.g.a. undersidan inte är rak.

### 1.3 Avgränsningar

Det som projektet fokuserar på är att effektivisera förflyttningen av boxar till och från målerilinan och ner på transportpallar. Utrustningen som tas fram skall gå att använda tillsammans med befintlig travers. Med denna produkt kommer arbetsmiljön att förbättras med avseende på ergonomiska faktorer. Dock endast faktorer som relaterar till det fysiska lyftet och då tas inte psykologiska aspekter i hänsyn.

#### 1.3.1 Individuella ansvarsområden/insatser i examensarbetet

Då arbetet inleddes med att generera idéer var det till fördel att samarbeta och diskutera. Därefter har samarbetet fortskridit. Arbetet har därför inte delats upp i individuella ansvarsområden. Alla delar från idégenerering till färdig produkt har gjorts gemensamt.

## 2. Teoretiskretisk referensram

### 2.1 Sammanfattning av relevant litteratur, pågående forsknings- och utvecklingsarbete

Då en stor del av problematiken var att hitta en infästningspunkt på boxarna har det fokuserats mycket på att studera fixturer. Både dedikerade samt flexibla fixturer har jämförts för att effektivisera arbetsprocessen vid produktionen. I boken *"Advanced computer-aided fixture design"* skriver författarna om fixturer (Rong, Huang, och Hou 2005, 94-95). Ett verktyg som fixerar ett arbetsstycke för att hållas i position under en process kallas för fixtur. Fixturer är en viktig del då dessa kan förkorta produktionstiden, förbättra produktionskvalitén och på så sätt sänka produktionskostnaderna. Fixturer kan delas in i tre olika kategorier dedikerade, flexibla och universella fixturer och de har funnits så länge tillverkande tekniker används. Chuckar och skruvstycken är exempel på universella fixturer och de används för att fästa arbetsstycken med enkla geometrier. Dedikerade fixturer används framförallt för specifika arbetsstycken med komplicerade geometrier.

Dedikerade fixturer var den första typen av fixtur som användes. I samband med produktionens utveckling har de dedikerade fixturerna utvecklats. De har många funktioner så som att lokalisera, stödja och styra ett arbetsstycke så att effektiv massproduktion med god kvalitet kan uppnås, baserat på tidseffektiva fästsättningar av ett arbetsstycke. Att ta fram och testa dedikerade fixturer är dyrt och tidskrävande, därför börjades det under andra världskriget att utveckla flexibla fixturer som är gynnsamt vid små volymer och vid provning av prototyper. Flexibla fixturer används för att fixera arbetsstycken med varierande geometrier och är därför eftertraktade då de minskar ledtiderna.

### 2.2 Valt ämne/område

Projektet är ett konstruktionsarbete för framtagning av en lyftanordning. Därför har produktutvecklingsprocesser varit en stor del av arbetet då projektet går ut på att ta fram en produkt. Eftersom att problemet var att hitta infästningspunkter så ledde det till att produktutvecklingsprocesserna kompletteras med utvecklingsprocesser för fixturer. Utvecklingsprocesser för fixturer har studerats för att få kunskap om hur arbetet ska fortskrida för att få ett bra resultat. Slutgiltigt lösningförslag verifieras med FEM-beräkningar i Catia V5. FEM har studerats för att få en insikt i hur de används i datorbaserade miljöer. Ergonomi har även varit en aspekt som tagits upp i arbetet då det är en av de större anledningarna till att arbetsmomentet behöver förbättras. Med hjälp av en lyftekvation har arbetsmomentet utvärderats.

### 2.2.1 Ergonomi

Goda arbetsförhållanden är grunden till ett friskt och produktivt arbetsliv. Det krävs kunskaper från många olika vetenskapsområden för att tillämpa arbetsvetenskap som är ett samlat begrepp för att anpassa tekniken, miljön och arbetet till människans förutsättningar. Ergonomi är ett tydligare begrepp för arbetsvetenskap. Det definieras enligt det internationella ergonomisällskapet (International Ergonomics Association IEA, 2006) som *”Ergonomi är en vetenskap som behandlar kunskapen om interaktion mellan människa och andra ingående element i systemet och yrket som tillämpar teoriprinciper, data och metoder för att konstruera med syfte på att optimera människans välmående och övergripande produktivitet”*. (Bohgard et al. 2008, 11)

Ergonomi menar att det ska tas hänsyn till varje enskild individs förutsättningar och begränsningar, vid utformning av arbetssätt, verktyg och arbetsplatser. Här tas det hänsyn till såväl anatomiska som fysiologiska och psykologiska aspekter. Målet är att skapa en så bra arbetsmiljö som möjligt genom att anpassa arbetet utifrån människan.

NIOSH är en lyftekvation som tagits fram av The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH 2014). När arbetsuppgifter som inkluderar tyngre lyft återupprepas kan de orsaka skada på diskarna i ryggraden. Ryggen kan då få svårt att återhämta sig och kan i framtiden orsaka besvär även vid lättare lyft. Därför är det viktigt att avgöra hur mycket vikt som är acceptabelt att lyfta vid olika arbetsställningar i förhållande till arbetsstycket.

I artikeln *”Lifting and Carrying Supplies and Equipment in the Perioperative Setting”* (Waters et al. 2011) förklaras att ryggraden kan ses som ett hävarmssystem där jämviktspunkten ligger mellan femte ländkotan och första sakrala ryggradssegmentet. Ryggraden påverkas av interna och externa krafter som skapas av tyngdkraften. Ett moment skapas när en punkt belastas med avstånd från jämviktspunkten och kan uppstå på två olika sätt. För ryggraden skapas ett moment antingen genom lyft av ett objekt eller av kroppens egenvikt vid flexion. Ju längre överkroppen böjs desto längre blir avståndet från jämviktspunkten och moment ökar. Beroende på arbetsställningen blir momenten olika stora och musklerna i ryggen påverkas olika. Kraften som ryggmusklerna belastas av kan vara 10-20 gånger så stora som vikten på massan som lyfts. Forskare tror att dessa stora krafter som kroppen utsätts för är relaterade till ländryggssmärter. (Waters et al. 2011)

### 2.2.2 Produktutvecklingsprocess

Eftersom arbetet är ett konstruktionsprojekt har böckerna Princip- och Primärkonstruktion (Olsson, 1995) använts som beskriver konstruktionsmetoder.

De används vid produktframtagning där processer från idé till färdig produkt kan följas. Andra konstruktionsmetoder finns beskrivet i bl.a. (Pugh, 1990), (Cross, 2008) och (Pahl et al. 2007).

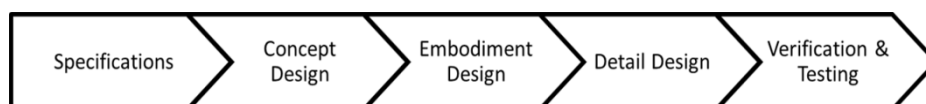
Boken ”*Engineering Design Methods: Strategies for Product Design*” (Cross, 2008) använder sig av en konstruktionsprocess i tre olika steg. Att skapa kunskap och förståelse för konstruktion, för att i nästa steg utföra de processer som beskrivs, för att slutligen hantera dessa. I huvudsak har Cross mer fokus på den grundliga teoretiska processen att hitta lösningar med hjälp av olika idégenererings- och utvärderingsmetoder och inte på tillverkning av produkt.

Det finns många olika metoder som kan användas för att underlätta kreativt tänkande. Enligt Nigel Cross (Cross, 2008. 48-51) är brainstorming vanligt förekommande och är en metod som används vid produktutveckling för att generera fram olika lösningförslag. Där är viktigt att inte kritisera någon idé utan i detta steg är kvantitet viktigare än kvalitet. I senare skede kan flera lösningar som enskilt inte uppfyller kriterier bidra till ett sammanslaget lösningförslag.

I boken ”*Engineering Design – A Systematic Approach*” (Pahl et al. 2007, 85-86) beskrivs 6-3-5 metoden som också används vid idégenereringsfasen och är vidareutvecklad från brainstorming. Den kan vara bra för att utvärdera lösningförslagen mer noggrant och på så sätt bli mer genomarbetade. Den försämrar dock idégenereringsfasen då den utgår ifrån färdiga idéer och skapar inte helt nytänkande idéer.

Stuart Pugh har egna utvärderingmetoder i form av en urvalsmatris som nämns i boken Total design (Pugh, 1990). Den är lämplig att använda vid utvärdering och bortsällning av produktutkast. Matrisen handlar om att göra en bedömning på lösningförslagen utifrån de fastställda kriterier för att komma fram till den bästa lösningen. Resultatet blir ett slutgiltigt lösningförslag som bäst uppfyller kriterierna. Matrisen ger svar på de viktigaste frågorna om vilket lösningförslag som är det bästa i förhållande till användningen.

I artikeln ”*Integration of computer aided design analysis into the engineering design process for use by engineering designers*” (Pettersson et al. 2013) nämns andra metoder för att ta fram produkter. I artikeln använder de sig av en förenklad konstruktionsprocess enligt figur 2.

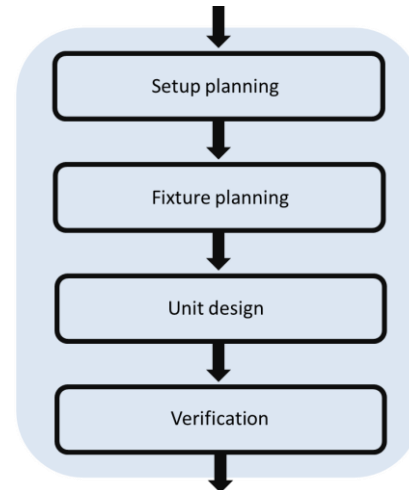


Figur 2: Förenklad konstruktionsprocess

Enligt artikeln är det viktigt att utföra analyser i ett tidigt skede för en effektivare produktutveckling så att eventuella fel upptäcks i ett tidigt skede. Under kommande steg är det viktigt att fortsätta utföra analyser för att verifiera konstruktionen.

### 2.2.3 Utvecklingsprocessen för fixturer

I artikeln *"A review and analysis of current computer-aided fixture design approach"* (Boyle, Rong och Brown 2001) och i boken *"Advanced computer-aided fixture design"* (Rong, Huang och Hou 2005) där Yiming Rong är gemensam författare använder de sig av en process vid utveckling av fixturer som kan följas och den består av fyra faser. Se figur 3 för utvecklingsprocess för fixturer.



Figur 3: Utvecklingsprocess för fixturer

Setup planning: Under denna fas finns två underliggande punkter som börjar med att identifiera arbetsstycket och bearbetningsmetoder för att analysera de krafter som uppstår på arbetsstycket vid bearbetning. Utifrån den informationen tas det reda på hur många fästpunkter som behövs samt lokalisera dessa för att hålla arbetsstycket på plats. Fixturen ska även placera arbetsstycket rätt under produktion så att inte manuella positioneringar av arbetsstycket ska behöva göras i efterhand. Därefter förbättras och utvecklas infästningspunkterna hos fixturen var för sig.

Fixture planning: Här handlar det om att ta hänsyn till den övergripande kravspecifikationen och dess definition. Kraven går att dela in i olika grupper som tar hänsyn till fixturens fysiska egenskaper, toleranser, begränsningar, kostnader, undvika kollisioner och användbarhet.

Fysiska egenskaper kan innefatta geometri och vikt. Fixturen får inte heller vara i vägen för bearbetningsprocessen. Toleranserna på fixturen ska anpassas efter arbetsstyckets toleransergränser. Med begränsningar menas det att fixturen ska säkerställa att arbetsstycket är stabilt med hänsyn till krafter och moment. Fixturen samt arbetsstycket ska ha tillräcklig hårdhet för att undvika deformationer uppstår. Tillverkningskostnader är en viktig aspekt att ta hänsyn till, andra kostnader som kan uppstå är att tillverkningsantalet minskar p.g.a. att det tar längre tid att montera på och av fixturerna. Kollisioner måste även undvikas mellan exempelvis fixtur och arbetsstycke så att det inte uppstår defekter. Fixturen

ihop med arbetsstycket ska vara användarvänligt genom att exempelvis undvika att arbetsstycket placeras fel i förhållande till fixturen och som tidigare undvika skador.

Unit design: Innebär att det arbetas med både konceptuella samt detaljerade idéer av lokaliseringsverktyg i samband med grundkonstruktionen. Enheterna består av lokaliseringsverktyg som fästs i arbetsstycket och även i ett stöd som i sin tur ansluts till grundkonstruktionen. Stödet uppfyller flera funktioner så som exempelvis att förse lokaliseringsverktygen med tillräcklig styvhet så att fixturen kan motstå bearbetning och infästningarnas påfrestning.

Verification: Tester utförs på de utvecklade fixturerna genom att ta reda på hur väl de uppfyller kravspecifikationernas faktorer. Beroende på fixturens arbetsuppgifter får faktorerna så som kvalitet eller pris prioriteras.

### **Flexible Manufacturing System och Computer-Aided Fixture Planning**

I artikeln "*Flexible Fixture design and automation: Review, issues and future directions*" (Bi och Zang 2001) skrivs det om att tillverkningsmarknaden leder mot bättre produktvariation och innovation, kortare produktlivscykel, lägre enhetskostnader, bättre produktkvalité och kortare ledtider. Som resultat har FMS (Flexible Manufacturing System) uppmärksammas. FMS fyller mellanrummet mellan höga tillverkningsantalet och den flexibla tillverkningsituationen. Anpassningen ska ske snabbt, smidigt och till ett lågt pris i en oförutsägbar marknad som snabbt förändras och vara steget före konkurrenter.

En svårighet med FMS är att konstruera fixturer för att lokalisera och fästa ett arbetsstycke vid tillverkning. I artikeln "*Recent Research on Computer-Aided Fixture Planning*" (Kang, Peng 2009) skrivs det om CAFP (Computer-aided fixture planning) som har tagits fram för att underlätta positionering av infästningspunkter. Den används även för att förkorta ledtider som uppstår och människans samverkan i fixturplanering. CAFP hjälper även att kontrollera fixturers kvalité med hjälp av CAD program. CAFP är uppbyggd kring fyra moment som både Bi och Zang skriver i artikeln "*Flexible Fixture design and automation: Review, issues and future Directions*" som även Kang och Peng skriver i "*Recent Research on Computer-Aided Fixture Planning*".

- Problemdefinition: Ta reda på vad problemet är samt vilka förutsättningar och eventuella begränsningar som finns.
- Fixturanalys: Under analysen finns det regelbaserade samt funktionsbaserade metoder som analyserar geometrier, kinematik, krafter och deformationer. Med geometriska analyser kontrolleras lokaliserings- och fästningsfel. Med kinematiska metoder säkerhetsställs de att slutgiltiga

fästningsplan utgör en enkel av- och påmontering. Krafter bestäms för att uppnå statisk jämvikt under bearbetningsprocessen då yttre krafter påverkar arbetsstycket. Slutligen görs deformationsanalyser för att se om arbetsstycket deformeras elastiskt eller plastiskt under kläm och fästningskrafter.

- Fixtursammanställning: Under sammanställningsfasen fastställs lokaliseringssytor, kläm- och fästningspunkter för att anpassa fixturen med hänsyn till begränsningar samtidigt som den uppnår kvalitet.
- Fixturverifiering: Slutligen görs tester för att kontrollera att produkten uppfyller behov och krav som ställs samt att den är funktionsduglig.

#### 2.2.4 Materialjämförelse

I vanliga fall används huvudsakligen metaller så som stål och aluminium i tillverkning av fixturer då det är lätt att tillverka samt uppnå en hög hållfasthet. Det finns mycket fakta om materialet som även utgör lätta beräkningar i datorbaserade analyser. Det finns även mycket kunskap om olika sammansättningsmetoder av metaller vilket underlättar tillverkningen samt modifieringar i efterhand.

I artikeln ”*Carbon fiber composite materials in modern day automotive production lines – A Case Study*”(Pettersson, Motte, och Bjärnemo 2013) jämförs kompositmaterial med aluminium och stål vid tillverkning av fixturer. Ny forskning hänvisar till att kompositmaterial kan göras minst lika starka hållfasthetsmässigt, t.o.m. förbättrad prestanda i jämförelse med stål och aluminium. Fördelarna med kompositmaterial är att vikten minskas vilket leder till att hanteringen av fixturer blir lättare. Däremot finns inte lika många lösningar i form av sammansättningar vid användning av kompositer. Vid kompositsammansättningar används lim vilket har visat sig i vissa fall vara starkare än konstruktionen i sig. Separering av konstruktionen har därför blivit ett problem då det inte går att förändra sammansättningarna i efterhand.

#### 2.2.5 FEM analyser

FEM beskrivs i boken ”*A Designer’s Guide to Simulation with Finite Element Analysis*” (Adams 2008). Boken förklarar hur FEM-beräkningar görs för att räkna ut hållfastheten i en produkt. Det är lätt att det uppstår fel i FEM-beräkningar. För att undvika dessa fel är det viktigt att ha en korrekt mesh och att geometrin är uppbyggd på rätt sätt för att undvika felen. I de flesta fall när resultaten förändras mindre än 10 % finns det ingen anledning att förfina meshen ytterligare. Ett sätt att kontrollera sin mesh kan göras genom att först ta bort alla laster och lösningar och sedan visuellt försöka hitta avvikelser från kurvaturen. Om det finns en rund kurva där ett element sticker ut och inte följer de övriga

elementen finns det ett öppenbart fel. Kontrollera elementens form i övergångarna från de stora till de små elementen. En mesh kan även ses som ideal då alla element runt en nod har ungefär lika stor spänning. Om elementen skiftar färg och spänningen skiljer sig stort på två element som delar en nod har ett fel påvisats.

I artikeln "*Easily made errors mar FEA results*" (Paul Kurovski 2001) skrivs det om analyser där spänningar inte konvergerar. I ett fall görs analyser på en L-formad balk där punktspänningar uppstår i hörnen. Ju finare meshen gjordes desto högre blev punktspänningarna utan att spänningen konvergerade. Resultaten som uppstod vid liten mesh och större mesh är båda felaktiga. En lösning till problemet kan vara att lägga till radier vilket även efterliknar verkligheten bättre. Genom att lägga på radier breddas spänningen ut över en större yta.

I boken "*Building better products with finite element analysis*" (Adams, Askenazi 1999) står det att förenklingar av geometrin ofta är nödvändiga för att beräkningstiden inte ska ta för lång tid. Förenklingar får dock inte vara för många så att de har en för stor inverkan på resultatet. Det är viktigt att överväga tiden det tar att förenkla geometrin i jämförelse med tiden det tar att beräkna den mer komplicerade geometrin med lite större mesh.

Boken "*Fem I praktiken – en introduktion till finita elementmetodens praktiska tillämpning*" (Sunnarsjö 1992) bekräftar ovanstående som nämns i (Adams, Askenazi 1999) att komplicerade geometrier är mycket tidskrävande. Därför är det ofta nödvändigt att göra vissa förenklingar. När förenklingar görs är det individens förståelse för produktens geometri samt delvis för FEM programmets funktioner som avgör resultatets pålitlighet.

I boken "*Svetutvärdering med FEM*" (Eriksson et al. 2002) skrivs det om punktspänningar i skarpa hörn. Här nämns det som i tidigare referens att förenklingar som kan göras är modellering av hörn. I verkligheten finns det alltid någon form av övergångsradien mellan två komponenter. När finita element metoden används på geometrier med skarpa hörn, då radien går mot noll går spänningen i hörnet mot oändligheten. Hörnet blir då en singular punkt. Ju finare mesh, alltså ett större antal element desto noggrannare blir lösningen. Men vid ett skarpt hörn kommer meshens förfining leda mot en spänning som går mot oändligheten. Används en grov mesh och spänningens nivåerna i hörnet blir lika som i övriga delar finns det risk att singulara punkter missas. En finare mesh i ett skarpt hörn resulterar alltså inte i en lösning på problemet då spänningen fortfarande inte konvergerar. För att få ett pålitligt resultat måste en åtgärd på geometrin göras. Genom att minska det skarpa hörnets vinkel i form av radier minskar singularitetens styrka samtidigt som det leder till att spänningarna konvergerar vid finare mesh.

### 3. Metod

Projektet inleddes med en litteraturstudie i form av artiklar, böcker och annan dokumentation. Sökningar i databaser som t.ex. Compendex har gjorts efter vetenskapliga artiklar kring lyftanordningar, fixturer och material samt annan relevant information. Forskning kring liknande produkter och tillvägagångssätt för framtagning har undersökts.

Det kommer göras observationer av arbetsmetoden med nulägets verktyg för att få så mycket vetskap om problematiken som möjligt, för att sedan idégenerera konstruktionslösningar med hjälp av diskussioner med berörda samt litteratursökningar. Ergonomiska beräkningar så som NIOSH lyftekvation kommer att göras på nuvarande arbetsmoment vid vinkling av detalj med den information som tagits fram i teoretisk referensram.

Kriterieuppställning med förklaringar kommer att göras för att senare rangordna dess betydelse med hjälp av en parvis jämförelsemetod. Konstruktionslösningar bedömts sedan med hjälp Pughs utvärderingsmatris som även förekommer i Fredy Olsson.

Prototypen som tas fram ska ritas upp i programmet Catia V5 med fullständiga ritningar enligt Ritteknik 2000 faktabok (Taavola, 2011) samt FEM-analyser som bekräftar modellens funktionsduglighet, med kompletterande handberäkningar. Underlag för en fullständig tillverkningsdokumentation för en CE-märkning ska göras, där bland annat fullständiga ritningar, FEM-analyser och FMEA ingår.

#### 3.1 Metoddiskussion

Princip- och primärkonstruktion av Fredy Olsson kommer huvudsakligen att användas eftersom det är en väl beprövad metod och tillvägagångssätt som används vid konstruktionsarbete. En annan anledning till att Olssons metod valts är för att den använts i tidigare projekt och är lätt att följa. (Olsson, 1995)

Cross beskriver i boken Engineering design methods det teoretiska tillvägagångssättet på liknande sätt som Olsson, men beskriver inte processen efter de teoretiska urvalsmetoderna m.m. Därför kommer denna metod inte att användas som konstruktionsprocess. För att komplettera Fredy Olsson har det endast valts att använda Cross idégenereringsmetoder. (Cross, 2008) I boken Engineering design methods av Cross och Engineering Design av Pahl m.fl. beskrivs brainstorming som är bra för att snabbt ta fram en mängd olika idéer. Dessa kan sedan byggas vidare på genom utvärderingar med hjälp av en kravspecifikation. (Pahl et al. 2007), (Cross, 2008)

6-3-5 metoden beskrivs av Pahl m.fl (Pahl et al. 2007) och har valts för att delvis komplettera idéerna från brainstormingen. 6-3-5 metoden begränsar nytänkandet då den utgår ifrån en idé som sedan utvecklas vidare. Därför anses den inte i detta projekt som tillräckligt utvecklande utan hjälp från andra metoder. Den är däremot bra för att utveckling av idéer som av olika skäl inte gått vidare annars, exempelvis att den inte fullständigt uppfyller kravspecifikationen. Vilket i senare skede kan generera värdefulla idéer. Därför har brainstorming och 6-3-5 metoden valts att kombineras för att till en början få ut många idéer och sedan förbättra dessa. (Pahl et al. 2007)

Fredy Olssons matris för lösningsbedömning och Pughs urvalsmatris fungerar på liknande sätt. Båda matriserna bygger på att utvärdera samtliga lösningförslag med samtliga kriterier där en totalsumma fås. Eftersom Pugh var grundaren används han som referens vid urvalsmatrisen. (Olsson, 1995. 37-38), (Pugh, 2008. 77-85)

Artikeln *“Integration of computer aided design analysis into the engineering design process for use by engineering designers”* (Petersson et al. 2013) har valt att användas som komplement till Fredy Olsson då denna syftar till att införa analyser tidigt och kontinuerligt under konstruktionsprocessen. Det är bra för att verifiera framtagna lösningsförslag tidigt och undvika förändringar i efterhand.

### 3.1.1 Utvecklingsprocess för fixturer

I Fredy Olssons metod (Olsson 1995) inkluderas de steg som tas upp i artikeln *“A review and analysis of current computer-aided fixture design approach”* (Boyle, Rong och Brown 2011). Efter jämförelser av metoderna har det konstaterats att den största skillnaden på dessa är att Olsson har en allmän beskrivning av produktutvecklingen, medan artikeln fokuserar på produktutvecklingen av fixturer. Olssons metod följs då det är den huvudsakliga metoden i arbetet.

Artiklarna *“Recent Research on Computer-Aided Fixture Planning”* (Kang och Peng 2009) och *“Flexible Fixture design and automation: Review, issues and future Directions”* (Bi och Zhang 2001) följer en annan process vid utveckling av fixturer. Denna process fokuserar mycket på att uppnå toleransgränser genom precisa infästningsanordningar under bearbetning av ett arbetstycke. I detta examensarbete finns inga krav på millimeterprecision utan mer fokus läggs på att skapa en stabil konstruktion för att förflytta detaljen. Därför kommer de inte användas som en metod.

*“Recent Research on Computer-Aided Fixture Planning”* (Kang, Peng 2009) kommer att användas då den med få steg säkerställer fixturens duglighet. Eftersom Fredy Olsson allmänt beskriver produktutvecklingsprocesser anses det

inte vara tillräckligt för att säkerhetsställa att fixturen blir bra endast baserat på kravspecifikationen. Istället finns det fyra krav som syftar på endast fixturer vilket ger en mer bearbetad lösning. Anledningen till att den här väljs som komplettering av fixturutvecklingen är för att den baserar på att det finns krav som ska uppfyllas, vilket är beprövat eftersom även Fredy Olsson använder sig av krav.

*“Flexible Fixture design and automation: Review, issues and future directions”* (Bi och Zang 2001) kommer inte att användas efter den handlar om att spara pengar genom att använda flexibla fixturer. För att produktionen i dagsläget ska fortskrida kommer det att behövas tillräckligt många fixturer så att det alltid finns en över. Eftersom att fixturerna på- och avmonteras kontinuerligt under produktion kommer det inte finnas tid att justera en flexibel fixtur. Artikeln syftar även till att justeringar på en fixtur ska ske snabbt och smidigt för att minska ledtider vilket i detta läge inte har någon betydelse då det kommer finnas flera till hands.

### 3.1.2 Ergonomi

Utöver NIOSH lyftekvation är RULA en vanlig förekommande metod för ergonomiska beräkningar. RULA fokuserar mer arm- och handintensiva arbeten där flexion, extension och rotation förekommer i stor utsträckning exempelvis i tandläkaryrket. NIOSH lyftekvation kommer användas för att utvärdera arbetsätten som används vid nedtagning av box från målerilinan. Arbetsmomentet innehåller tunga lyft långt ifrån kroppen vilket NIOSH lyftekvation baseras på.

## 3.2 Metodologi

Under detta avsnitt förklaras de metoder som förekommer i arbetet i framtagning av en lyftanordning.

### 3.2.1 NIOSH lyftekvation

NIOSH Lyftekvations syfte är att assistera vid identifiering av ergonomiska lösningar för att reducera fysisk påfrestning associerade till manuella lyft, så som skador i ländryggen. (Waters, Putz-Anderson, Garg, 1994)

Beräkningarna baserar på vikten och avståndet från kroppen. Ekvationen fokuserar på att utvärdera risker vid framförallt tunga lyft och den valdes eftersom denna metod är lämplig vid det definierade arbetsmomentet. Med hjälp av ekvationen (se bilaga 1) fås ett lyftindex (LI) som identifierar belastningsbesvären.

### 3.2.2 Principkonstruktion

I det inledande konstruktionsarbetet handlar det om att ta fram principiella lösningar i avseende på användarens behov. Nedan följer ett antal steg som kan följas under denna process enligt (Olsson, 1995).

#### **Produktdefinition**

I detta avsnitt beskrivs produkten som projektet handlar om och dess användningsområde. Här definieras huvuduppgifter samt deluppgifter med produkten. Annat som tas upp är samspelet mellan människa och produkt d.v.s. användare samt andra berörda människor. Miljön där produkten används definieras även här. Slutligen behandlas ekonomiaspekter av olika slag.

#### **Produktundersökning och kriterieuppställning**

När produkten definierats görs en produktundersökning där produktens bakgrund och nuläge beskrivs genom att ta reda på liknande produkter som finns på marknaden. Produktens framtida position på marknaden kan göras genom en marknadsundersökning där det tas reda på konkurrenter på marknaden.

Kriterieuppställning bör göras för att utvärdera produktförslag.

Kriterieuppställningen består av krav och önskemål som måste följas för att produktförslagen ska generera i en fungerande lösning. Det är viktigt att ha tydliga formuleringar som beskriver kriterierna så att de inte går att misstolkas. En viktning av kriterierna kan göras med hjälp av en parvis jämförelsemetod för att ta reda på vilka krav som har en större betydelse.

#### **Framtagning av produktförslag**

Ett första utkast för en möjlig produkt där verkningssätt, uppbyggnad och utformning presenteras. Utkasten är ofta enkelt beskrivna och odetaljerade. Här kan olika idégenereringsmetoder användas som nämnts tidigare. Med hjälp av urvalsmetoder går de bästa förslagen vidare för vidareutveckling och mer fullständiga beskrivningar.

#### **Utvärdering av produktförslag med Pughs metod**

Enligt (Pugh, 1991. 72-86) urvalsmatris beskrivs lösningsförslagen på horisontal axeln och på den vertikalexeln finns kriterierna som sedan jämförs med varandra. Anta att det finns 4 olika lösningsförslag som kallas A, B, C och D och 4 kriterier som kallas 1, 2, 3 och 4. Först utvärderas lösning A med det första kriteriet om lösningsförslaget uppfyller kravet skrivs ett plus under ruta där de möts. Om lösningsförslaget inte uppfyller kravet skrivs istället ett minus. Skulle lösningsförslaget ha varken någon positiv eller negativ inverkan i jämförelse med nuvarande hjälpmedel med hänsyn till kriteriet så skrivs ett S. Sedan utvärderas lösningsförslaget vidare med resterande kriterier och efter det görs

samma procedur om med resterande lösningförslag. Med hjälp av den parvisa jämförelsemetoden har kriterierna rangordnats med poäng mellan 1 och 4. Dessa har sedan använts i Pughs urvärderingsmatris.

### **Presentation och produktförslag**

Inledningsvis beskrivs den slutgiltiga produkten vanligtvis m.h.a. handskisser och fysiska prototyper. Kommenterar görs även på för och nackdelar samt uppfyllelse av kriterierna.

#### **3.2.3 Primärkonstruktion**

Under primärkonstruktion finns det fem huvudsteg som enligt(Olsson, 1995) kan följas. Primärkonstruktionen kan påbörjas med en eller flera produktutkast som tagits fram i tidigare steg under principkonstruktion.

#### **Produktutkast**

Produktutkast bör innehålla de viktigaste enheter och komponenter som kommer att ingå samt hur de ska samverka med varandra. Produktutkast bör även beskriva produktens storlek med de viktigaste måtten för att få en ungefärlig uppfattning om storleken.

#### **Komponentval**

Delar som redan är färdiga eller ev. standardiserade som ingår i produkten skrivs med här. Allt ifrån standardiserade skruvar till hydrauliska cylindrar.

#### **Detaljkonstruktion**

Under detaljkonstruktion ska alla primära komponenter som är unika produkt delar, produktens uppbyggnad samt materialval nämnas. De här delarna blir preliminära som utvecklas i tre steg för att komma fram till den slutgiltiga för tillverkning.

#### **Produktsammanställning**

När alla komponenter fastställts under komponentval samt detaljkonstruktion görs en sammanställning av dem. Beroende på hur komplexa produkterna är finns det huvud- och totalsammställningar.

#### **3.2.4 Andra metoder**

Andra metoder som valt att användas för att komplettera Fredy Olsson är en artikel (Pettersson et al. 2013) där skrivs det om samtliga steg.

Specifications: Specificerar det huvudsakliga problemet, samlar in information och data om produkten för att kunna genomföra en konceptutvärdering.

Concept Design: Olika lösningar tas fram som utvärderas för att komma fram till ett slutligt koncept. Här tas det även hänsyn till datorbaserade analyser för att

utvärdera exempelvis konceptets hållfasthet.

Embodiment Design: Innebär att skapa en djupare förståelse av konceptet för att kunna ta fram koncept med hjälp av arkitektur och konstruktion från de olika komponenterna som produkten skall innehålla.

Detail Design: Handlar om utformning av enskilda komponenter med detaljerade ritningar, dimensioner samt materialval, för att ha tillräckligt med underlag för att genomföra tillverkning av en prototyp.

Verification & Testing: Slutligen testas prototypen med avseende på de krav och önskemål som tagits fram i specifikationsskedet.

I artikeln ”*Recent Research on Computer-Aided Fixture Planning*” (Kang, Peng 2009) som valt att användas som komplement till Fredy Olsson (Olsson 1995) hänvisas det till en kravspecifikation som bygger på fyra viktiga egenskaper som en fixtur måste uppfylla.

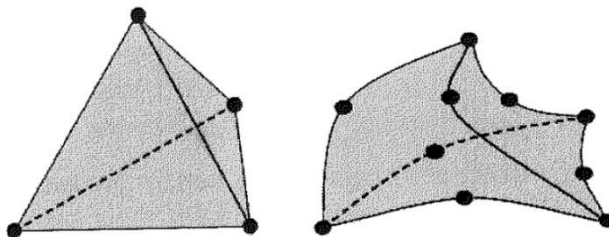
- Säkerställa att arbetsstycket är korrekt lokaliserat i förhållande till arbetsprocessen för att undvika bearbetningsfel.
- Montering och avmontering av fixtur ska ske på ett smidigt sätt och det får inte förkomma hinder mellan fixtur, arbetsstycke och bearbetande verktyg.
- Ta reda på kraften och momenten som fixturen kommer att utsättas för och utifrån detta dimensionera.
- Undvika att fixturens deformerar så mycket att arbetsstycket inte uppfyller toleranser.

### 3.2.5 Idégenerering

Det finns många olika metoder som kan användas för att underlätta kreativt tänkande. Det som används under projektet är mestadels brainstorming som är en vanligt förekommande metod vid produktutveckling. Metoden utförs i grupper om 4-8 personer där genereras olika idéer och lösningförslag fram. Under processen är det viktigt att inte avvisa några idéer för att de i första anseende kan framstå som dåliga. Inga idéer får kritiseras i detta sammanhang då det är kvantitet som i slutändan skapar kvalitet. Idéerna bör analyseras eftersom de kan frambringa nya idéer samt kan en hopslagning av två mindre bra idéer generera i en god lösning (Nigel Cross 2008. 48-51). ”*Engineering design – A Systematic Approach*” (Pahl m.fl. 2007) beskriver hur 6-3-5 metoden går till. Den används också vid idégenereringsfasen och är en vidareutvecklad idé från brainstorming. Den bygger på att bildserier skapas av en föregående idé för att ska skapa mer kvalitativa produktutkast. Metoden utförs i grupper om sex deltagare som tar fram tre lösningförslag där varje lösningförslag bearbetas av varje gruppmedlem i fem minuter var, därav namnet 6 personer, 3 förslag, 5 minuter.

### 3.2.6 FEM-analyser

FEM-beräkningar görs för att räkna ut hållfastheten i komplexa geometrier genom att dela upp geometrin i små element som kallas finita element. Dessa element är sammankopplade med varandra i punkter s.k. noder. Det finns två olika element typer. Linjärt element innehållande fyra noder, en nod i varje hörn och paraboliskt element som innehåller tio noder en i varje hörn, samt extra noder mellan varje hörn.



Figur 4: Linjärt och paraboliskt element (Adams 2008, 50)

Ett paraboliskt element har fler noder och leder därför till bättre och mer exakta beräkningar men bidrar till längre beräkningstider. Fördelen med att ha mittnoder är för att dessa följer avancerade konturer bättre. En geometri innehåller många sammansatta element och noder som tillsammans kallas mesh. Meshens inställningar bestämmer hur bra resultatet blir genom att förfina elementstorleken, även detta leder till längre beräkningstider. Det finns två inställningsmöjligheter för meshen, size och sag. Sizen beskriver elementsidornas längd och sagen bestämmer hur väl meshen kommer att följa en icke linjär kurva.

### 3.3 Förberedelser och insamling av data

Förberedelse för att utvärdera arbetsmomenten kommer genomföras på olika sätt och beskrivs nedan.

#### 3.3.1 Observationer och kontroller

Observationer av dagens arbetsprocess kommer att göras för att få en insikt i problematiken. Videoinspelningar och tidtagningar kommer att göras för att möjliggöra noggrannare granskningar i samband med NIOSH lyftekvation.

#### 3.3.2 Marknadsanalys

Då det är ett arbete som ska effektivisera en lyftanordning för företagets interna arbete behövs ingen marknadsanalys göras eller hänsyn till konkurrenter tas.

Diskussioner med operatörer och ansvariga för produktionen sker kontinuerligt. De har ofta stor kunskap om just deras produktion och vet vad som kan fungera och inte. Det sparar framförallt mycket tid.

## 4. Genomförande

Under genomförande presenteras de praktiska tillämpningar av det som beskrivits under metodavsnittet. De processer som valts att användas under arbetets gång kan ses i figur 5.



Figur 5: Processer under arbetets gång

### 4.1 Observationer och kontroller

Efter att ha observerat utrustningen som finns idag och hur arbetsmomenten går till samt fört konversationer med berörda operatörer insågs ganska tidigt att ett av de största problemen är infästningsmöjligheterna på boxen. I dagsläget finns tre olika modeller av boxar där måtten varierar på detaljer. Svårigheten har blivit att hitta en gemensam nämnare för de olika modellerna för att en dedikerad fixtur ska kunna användas. Det konstaterades att flexibla fixturer kan vara en möjlighet. Både dedikerade och flexibla fixturer kan komma att användas.

Ett annat problem är att detaljen måste hängas på ett specifikt sätt åt ett håll för att målas. Dessutom är den tillgängliga traversen placerad så att den endast kommer åt boxen från framsidan (se figur 1) som den sedan ska placeras på.

Infästningsmöjligheterna från sidan är inte något alternativ då pallen där detaljen ska placeras har rack på sidorna vilket gör att utrymmet vid sidorna är begränsade. Utrymmet som finns att tillgå på sidorna är endast några centimeter från yttersta måttet på boxen och pallen.

På ovansidan finns två hål där krokarna fästs som detaljen sedan hänger i på målerilinan. Krokarna har ett bestämt mått som begränsar utrymmet i höjd- och sidled.

### 4.2 Principkonstruktion

#### 4.2.1 Produktdefinition

##### Produkt

I detta projekt ska en lyftanordning konstrueras för att montera upp och ner box från målerilinan. I samband med lyftet av boxen bör en rotation på 90 grader

göras för att placeras på rätt sida direkt. Lyftanordningen måste även kunna kopplas på befintlig travers.

### **Process**

Hela processen börjar med att först monterar upp boxen på en målerilina ifrån en pall. Boxen förs sedan vidare där den pulverlackeras och kommer tillbaka efter att lacken torkat. Sedan tas boxen ner från målerilinan tillbaka till pallen och förbereds för lager och transport. Huvuduppgift för det framtagna lyftverktyget är då att lyfta boxen till och från målerilina på ett säkert sätt. Delprocessen i detta lyft är att rotera boxen 90 grader i samband med lyftet.

### **Omgivning**

Monteringen sker inomhus i fabrikslokaler. Detta ställer inga krav på korrosionsbeständigt eller skydd mot andra yttre påfrestningar. De begränsningar som finns i utrymme är krokarna som boxen hänger i, där av bör lyftanordningen komprimeras får att komma åt fästpunkter. Traversen är placerad så att den bara kommer åt boxen från en sida om målerilinan. När boxen hänger i traversen finns det gott om utrymme och röra sig på.

### **Människa**

De som kommer att använda produkten är operatörer i samband med lyften. Operatörerna kan vara såväl kvinnor som män utan krav på fysisk kapacitet eller ålder. Idag är majoriteten av operatörerna unga män. Lösningförslaget som tas fram ska kunna användas av såväl kvinnor som män. Ergonomiska beräkningar har gjorts på nuvarande arbetsmoment för att ta reda på hur stor påverkan de har på operatörerna. Det har gjorts en NIOSH lyftekvation för att räkna ut hur stor risken är för att skador ska uppstå. Beräkningar görs på den operatör som utför det tyngsta lyftet, se bilaga 2.

### **Ekonomi**

Nitator har ingen specifik kostnadsgräns som lyftanordningen inte får överskrida, dock bör den ligga inom rimliga gränser. Då en mycket viktig del av lyftanordning är att göra arbetsmomentet mer ergonomiskt och samtidigt minska personalresurser har de inte satt någon direkt begränsning. En säker hantering av produkten är också viktigt för att undvika eventuella skador i samband med lyft som medför extra kostnader för företaget. Dessa faktorer är viktigare att ta hänsyn till än kostnader för tillverkning och underhåll av produkt.

#### **4.2.2 Produktundersökning**

I dagsläget monteras boxen upp på målerilina med hjälp av ett lyftverktyg samt tre operatörer som styr boxen i rätt läge så att en upphängning kan ske. Det finns tre olika modeller av boxar och dessa väger mellan 190-220 kg vilket medför att det

blir svårt att styra boxen i rätt riktning. När boxen är placerad på pallan kan den fastna i sidorackerna vid lyft om en snedvridning av boxen sker.

Vid nedhängning av box används samma verktyg samt samma antal operatörer. Boxen placeras på pallan där lyftverktyget kopplas av. Operatörerna vänder boxen manuellt 90 grader för att placeras på rätt sida. På grund av boxens storlek samt tyngd är det ett högt påfrestande lyft för operatörerna och ingen säker hantering av box då den rullas ner och repor lätt kan uppstå på den nylackerade ytan.

#### 4.2.3 Kriterieuppställning

Vid utveckling av produkter är det viktigt att produkten utvecklas till en sådan abstraktionsnivå att den ger en tydlig förståelse för hur den fungerar tekniskt så väl som ur en ekonomisk synpunkt. Det är viktigt för att visa produktförslagets fulla potential och genomförbarhet.

När en kriterieuppställning görs är det viktigt att inte ha med personliga åsikter eftersom det då är lätt att det sätts poäng i fördel för ett visst lösningsförslag under poängsättningen. Genom att sätta upp kriterier som involverar alla delar i produktförnyelsen kan en tydlig bild fås av vilka lösningsförslag som ska gå vidare. Bedömningar av lösningsförslag med hjälp av kriterier är en uppskattning som grundats på den information som framtagits gemensamt med företaget. För förklaring av kriterier se bilaga 3. (K=Krav, Ö=Önskemål)

- |  |     |
|--|-----|
| 1. Inga defekter på detalj             | (K) |
| 2. Minska arbetsbelastning på personal | (K) |
| 3. Minimera personalresurser           | (K) |
| 4. Underlätta hantering av detalj      | (K) |
| 5. 90 graders vridning av detalj       | (K) |
| 6. Säker och stabil konstruktion       | (K) |
| 7. Livslängd på 5 år                   | (K) |
| 8. Lyftanordningen får väg max 30g     | (K) |
| 9. Öka produktiviteten                 | (Ö) |
| 10. Tillverkning på företaget          | (Ö) |
| 11. Minimera kostnader                 | (Ö) |

Kriterieviktningen görs m.h.a. parvis jämförelsemetod som finns i bilaga 4

#### 4.2.4 Lösningsförslag

De fyra första förslagen beskriver lyftverktyg som ska användas för att komma åt olika fästningsalternativ på ovansidan, baksidan samt insidan av box. Dessa lyftverktyg kommer att kombineras med infästningsanordningarna. Därför

kommer lyftverktygen inte utvärderas för sig utan utvärderingen kommer ske i samband med ett infästningsalternativ.

Idégenereringsmetoder så som brainstorming och 6-3-5 (Cross 2008) har används löpande under projektets gång vid flera olika tillfällen. Gruppen har utfört metoderna på egen hand samt i samarbete med företaget. De lösningförslag som tagits fram finns i bilaga 5. Genom observationer på nuvarande lyftanordningar och provningar i verkstadsmiljöer samt litteraturläsningar har det även uppkommit idéer med tiden.

### 4.2.5 Utvärdering av produktförslag

#### 4.2.6 Primär utvärdering

Utvärderingar har gjorts enligt Pughs utvärderingsmatris (Pugh, 1990). För att göra en primär utvärdering av detalj har fyra av de viktigaste kraven valts ut för att göra en primär utvärdering av produktförslagen. Utvärderingen kommer göras med hjälp av en primär utvärderingsmatris och bedömningen grundar på sunt förnuft och erfarenheter. De kriterier som anses vara de viktigaste följer nedan. De produktförslag som får 7 poäng eller mer d.v.s. mer än 50 % av den totala poängen kommer att gå vidare för fortsatt utvärdering, se bilaga 6

- Inga defekter på detalj
- 90 graders vridning av detalj
- Säker och stabil konstruktion
- Lyftanordningen får väg max 30kg

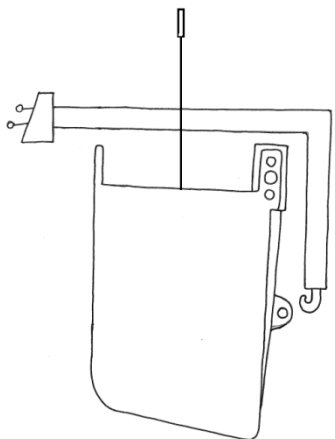
Till nästa utvärdering går det sju lösningförslag vidare. Den största anledningen till att sex av förslagen elimineras är för att vikten på lyftanordningen kommer att överskridas vilket inte är acceptabelt på grund av säkerhetsskäl.

#### 4.2.7 Slutgiltig utvärdering

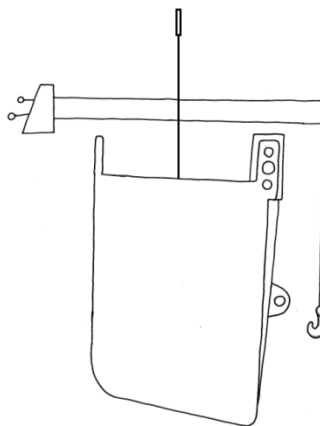
En slutlig utvärdering har gjorts, (se bilaga 7) där utvärderas samtliga lösningförslag med samtliga kriterier. Här tas det även hänsyn till den parvisa jämförelsemetoden då en kriterieviktning gjorts. Förslagen som får fler än två poäng i slutsumma kommer att fortsätta utvärderas.

Lösningförslag 9 har klarat poänggränsen men kommer ändå inte att föras vidare då denna konstruktion kommer att överstiga vikten 30kg. Små förändringar i utformningen skulle inte ha någon större inverkan på vikten.

Lösningförslag 10 och 11 (se figur 6 och 7) har gått vidare som framkommit av utvärderingsmetoden.



Figur 6: Lösningförslag 11



Figur 7: Lösningförslag 10

#### 4.2.8 Slutsats och kompletteringar av produktförslag

Enkla provningar och mätningar av de två produktförslagen har gjorts för att kontrollera funktionsdugligheten. För att produktförslagen ska fungera behöver boxen vridas 90 grader i samband med lyftet. För att denna vridning ska vara möjlig behövs en lyfthöjd som motsvarar jämviktspunktens lägesförändring. Jämviktspunktens lägesförändring fås genom att räkna ut omkretsen av en fjärdedels cirkel.  $\frac{O}{4} = \frac{d\pi}{4}$ . För att lyftsträckan ska bli så lång som möjligt har modifieringar av krokarna och ramen gjorts. Ramen har tagits bort helt eftersom den inte fyller någon funktion utan användes endast p.g.a. föregående lyftmetod.

Radien fås genom längden från jämviktspunkten i två led (x- och y-led, liggande position på pall) till rotationspunkten d.v.s. hålen där boxen hängs i. Enligt mätningar har radien mätts ut till 50cm och den maximala tillgängliga lyftsträckan till 69,5cm. Då lyftsträckan fortfarande är mindre än sträckan som är nödvändigt för att en vridning på 90 grader ska ske av den stora boxen, fungerar inte lösningförslag 11. Se bilaga 9 för beräkningar av sträckan som behövs för att utföra rotationen för samtliga boxar.

Lösningförslag 10 fungerar med en motor och en vajer vilket kompenserar mellanskillnaden mellan den tillgängliga sträckan och den nödvändiga sträckan. Vidare funderingar och prover med företagets befintliga vajrar har gjorts för att ta reda på tiden det tar att använda sig av en vajer kopplad till en elmotor. Utifrån bedömningar har det konstaterats att det kommer bli ineffektivt. Efter diskussioner och tester med berörd personal framkom det att en vridning på 90 grader inte var nödvändig då modifieringar av pallen kunde göras istället. Modifieringar av pallen gav mer yta och risken för att stöta i racken eliminerades. Tack vare detta kunde kroken flyttas från jämviktspunkten högre upp vilket resulterar i en kortare lyftsträcka men även en mindre vridning av detalj.

Alternativt kan en mellanlandning göras då boxen läggs ner på marken med hjälp av den vridbara öglan och därefter byta grepp till jämviktsläget och placera boxen på pallen. Detta grepp underlättar även placeringen av detalj på pallen då hål på boxen ska passas in till hålen i pallen för en låsning.

Det finns både för- och nackdelar med båda alternativen dock är dessa alternativ att föredra p.g.a. att det går fortare än om lösningsförslag 10 med vajer och motor skulle användas. Av dessa skäl kommer lösningsförslag 10 väljas bort.

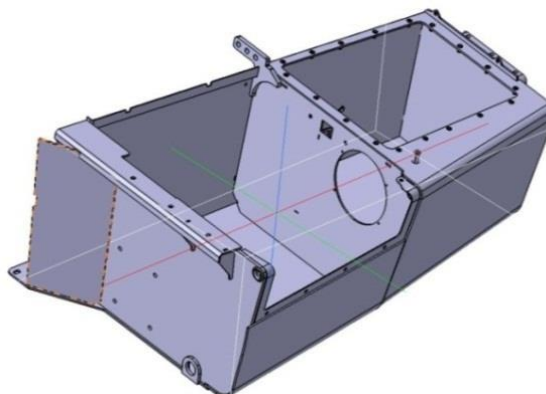
Kroken i jämviktpunkten kommer sitta kvar även om alternativet med mellanlandning inte kommer till användning då det har visat sig att den kommit till nytta i andra avdelningar vid hantering av samma detalj.

Då det kommer att användas en fixtur på boxens baksida behövs ett lyftverktyg som når för att kunna fästas till fixtur. Lösningsförslag 3 kommer att användas med viss modifikation och förstärkningar.

#### 4.2.9 Presentation av produktförslag

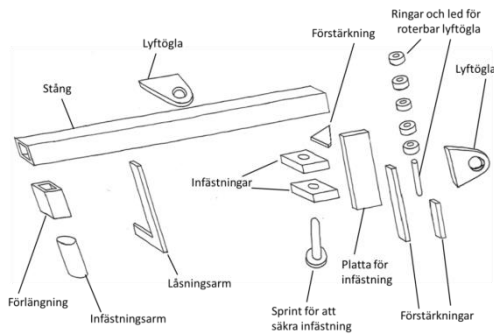
Lösningsförslaget baserar på jämviktpunkten och har räknats ut med hjälp av CAD-modeller i Catia V5.

Se bilaga 10 för mått av jämviktpunkt på de tre olika modellerna av boxar. Jämviktpunkter kommer sedan till användning för att mäta ut lyftöglan för jämviktsläge i x- och y-led. Se figur 8 hur jämviktpunkter tagits fram.

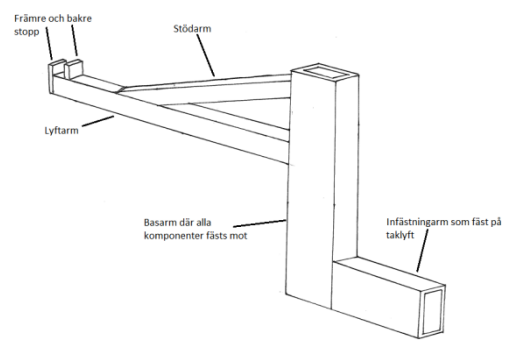


Figur 8: Jämviktpunkter m.h.a. Catia V5

Produktförslaget är en fixtur som fästs i boxen med hjälp av infästningar. En infästningsarm som träs igenom hålet på nedre delen av boxen och en infästning som träs över boxens arm och säkras med en sprint genom hålen. Efter att fixturen satts fast används ett lyftverktyg som monteras på traversen som sedan lyfter boxen. Lyftarmen har en krok som fäst i den vridbara lyftöglan och en vridning av box uppstår i samband med lyftet. Se figur 9 och 10 för fixtur och lyftverktyg och bilaga 8 för förstorad bild av sprängskiss och sammanställning av fixtur samt lyftverktyg.



Figur 9: Sprängskiss fixtur



Figur 10: Sammanställning av lyftverktyg

#### 4.2.10 Kommentarer kring produktförslag

Fixturen ihop med lyftverktyget uppfyller det önskade målen. Alla kriterier har dock inte blivit fullständigt uppfyllda men utför arbetet enligt målet. Det som inte uppfyllts är 90 graders vridning av detalj utan mellanliggande landning. Vridning av 90 grader har kringgåts då det istället valts att modifiera pallen.

Lösningförslaget uppnår en vridning av detaljen på ca 45 grader. Denna vridning reducerar en stor del av påfrestningarna som uppstår på kanten när pallen rullas ner och hanteringen blir säkrare. I bilaga 5 under lösningförslag 10 och 11 har olika alternativ av fixturen gjorts för att uppfylla en kravspecifikation som tas upp i artikeln ”Recent Research on Computer-Aided Fixture Planning” (Kang, Peng 2009).

Denna kravspecifikation bygger på att fixturen ska vara rätt lokaliserad i förhållande till arbetsstycket, på- och avmontering av fixturen ska ske på ett smidigt sätt, fixturens ska vara dimensionerad för krafterna den påverkas av och fixturen får inte deformeras så att den förlorar sin funktion. Samtliga steg har tagits med i beaktning vid framtagningen som kan ses i bilaga 5 under förbättringar av fixtur för lösningförslag 10 och 11 för att komma fram till den slutgiltiga fixturen.

### 4.3 Primärkonstruktion

#### 4.3.1 Produktutkast

Produkten är en dedikerad fixtur som fäst fast i boxen med hjälp av infästningar. Stången är grunden som alla komponenter fästs mot. Fixturen består även av två lyftöglor varav en är vridbar för att minska belastningen. Låsningsarmen används för att säkerhetsställa att fixturens infästningsarm inte glider ut från boxen. Förstärkningar har placerats på plattan samt vid den ena infästningen för att stabilisera eftersom det uppstår ett stort moment. Fixturen är 870 mm lång och 250 mm bred med ett fyrkantströr som grund med måtten 40x40mm med en godstjocklek på 4 mm.

Lyftverktyget har anpassats efter fixturen och är grundat ifrån lösningsförslag 3. Lyftarmen har gjorts tillräckligt lång för att nå förbi boxen till fixturen. Mellan stoppen kommer det finnas en krok som ska fästas i fixturens lyftöglor. En stödarm har lagt till p.g.a. de stora krafter som genereras av lyftarmens längd för minska påfrestningen vid infästningen mot basarmen. Samtliga armar är fyrkantrör. Infästningsarmen har dimensionerats för att kunna träs över ett mindre fyrkantrör som är fäst i traversen. Totala längden är 1000mm med en lyftarm på 700mm. Höjden är 520mm.

#### 4.3.2 Komponentval

De konstruktionskomponenter d.v.s. färdiga komponenter med känt användningssätt som används är två stycken skruvar och två brickor som håller fast den ledade kroken på fixturen samt en skruv som används till sprinten. Kroken som fästs i lyftarmen och fixturen består av en ring, en ledad mittedel och en självlåsand krok.

De flesta delar som fixturen och lyftverktyget är uppbyggda av är konstruktionsdetaljer d.v.s. unika produkt delar som tillverkas utifrån behov. Fyrkantströr i stål har använts för stången samt förlängningen av infästningsarm hos fixturen med dimensioner på 40x40x4. Hela lyftverktyget är tillverkat av fyrkantströr i dimensioner 40x40, 80x40 och 90x50, samtliga har en tjocklek på 4 mm. Komponenter så som lyftöglorna, låsningsarmen, och de nya modifierade krokarna som boxarna hänger i på målerilina skärs ut med hjälp av laserskärning ifrån plåtar i olika tjocklekar. Infästningsarmen, sprinten och leden är gjort i rundstål och svarvas till rätt dimensioner vid behov. Förstärkningar, platta till infästningsarm, infästningar och ringar kapas till.

Samtliga komponentval har anpassats utifrån vad företaget tillhandahåller i form av material och tillverkningsmetoder. Konstruktionskomponenter enligt Olssons benämningsexempel:

1	Förbindningskomponenter	Skruvar, brickor och pinnar
2	Formvaror av järnmetaller	Rör, plåt, profil, stång
3	Hopfogningsmaterial	Svetsning

Tabell 1: Konstruktionskomponenter

#### 4.3.3 Detaljkonstruktion

Eftersom önskemål finns om att tillverkning ska ske på företaget valdes därför tillverkningsmetoder och material som finns tillgängligt.

##### **Material:**

Företaget har goda kunskaper om konstruktionsmaterialet stål, därför valdes detta som material då de även uppfyller uppsatta kriterier som exempelvis hållfasthet.

Detta medför delvis begränsningar i friheten i detaljkonstruktion. Tillverkningsmetoder som används är laserskärning, svarvning, fräsning, slipning, bormning, och brotschning. Sammanfogningar som används är svets och skruv.

Eftersom det fanns ett krav om att vikten på lyftanordningen inte får överstiga 30 kg har det funnits i åtanke att andra material kan vara mer lämpliga att använda. Ny forskning (Petersson, Motte, och Bjärnemo 2013) hänvisar till att fixturer börjat byggas i kompositmaterial för att hålla nere vikten. Andra material som även diskutrats är aluminium. När ett slutligt produktförslag tagits fram gjordes prototyper i stål som inte överskred vikten. Det ledde till att lyftverktyget och fixturen tillverkades i stål enligt önskemål från företaget.

#### **Hållfasthetsaspekter:**

Lyftverktyget kommer att lyfta boxens 220 kg + fixturens 10kg. Traversen som används vid lyftet har en maxkapacitet på 250kg. Beräkningar på detta har gjorts i Catia V5 med en säkerhetsfaktor tre gånger vikten, 6900N. Fixturen beräknas med samma krafter som lyftverktyget då det belastas med likvärdiga vikter.

#### **4.3.4 Produktsammanställning**

Sammanställningsritningar i Catia V5 har gjorts och finns i bilaga 18.

#### **4.4 Modellering, simulering och prediktering av produkter**

Enligt artikeln *"Integration of computer aided design analysis into the engineering design process for use by engineering designers"* (Petersson et al. 2013) används en förenklad konstruktionsprocess där poängteras det att det är viktigt att utvärdera lösningförslaget med hjälp av FEM i ett tidigt skede. Så fort ett slutligt lösningförslag tagits fram användes FEM-beräkningarna för att verifiera hållfastheten. Med hjälp av beräkningarna upptäcktes det tidigt att lyftverktyget inte håller och modifieringar gjordes.

Delarna har fästs på ett sätt som försöker efterlikna verkliga svetsfogar för att få en så korrekt beräkning som möjligt. Dock kan Catia inte ta hänsyn till svetsfogar utan beräkningar sker som en solid del. Spänningarna jämförs med brottgränsen som är 490-630MPa för det angivna materialet (KKR, EN 10219, S355, se bilaga 11) för en tjocklek 3-16mm. Konstruktionerna för lyftverktyget har en tjocklek på 4mm och då kommer brottgränsen vara strax över 490MPa.

Först gjordes beräkningar på modellerna med ursprunglig geometri och resultatet visade singulära punktspänningar som med finare mesh gick mot oändligheten. Detta resultat är inte korrekt enligt fakta som framkommit under teoretisk referensram. (Adams 2008), (Paul Kurovski 2001), (Adams, Askenazi 1999), (Sunnersjö 1992), (Eriksson et al.) För att få ett korrekt svar bör spänningen

konvergera när meshen förfinas. Eftersom punktspänningarna ökade förenklades modellerna. Beräkningsmodellerna består inte av några komplicerade geometrier, därför blev beräkningstiderna rimliga. De flesta ingående komponenter har även en betydelse för resultatet, därför gjordes inga stora förenklingar. De förenklingar som var nödvändiga för att få bort punktspänningar var att sätta ut radier vilket även illustrerar verkligheten bättre. Efter att radier sattes ut konvergerade spänningen till slut. Detta ledde till pålitligare resultat samtidigt som punktspänningen minskade.

### 4.4.1 Fixtur

Vid lyft i den vridbara öglan på både den lilla och stora fixturen uppkommer de högsta spänningarna runt om hålen på fästningarna där sprinten träs igenom. (se figur 14 och 15 i bilaga 12. Spänningarna på de högsta punkterna uppkommer till 150 MPa vilket inte är i närheten av materialets brottgräns och är därmed bra.

När lyftet sker i öglan som sitter i mitten uppstår de högsta spänningarna vid svetsfogen mellan fästningarna och plattan. De spänningar som uppkommer på fixturerna är punktspänningar och uppgår till 461-484 MPa enligt figur 16-19 i bilaga 12. De högsta spänningarna håller sig under brottgränsen och är singulära spänningar. Dessa minskade med utsatta radier. Dessutom är det tryckspänningar som inte är lika allvarligt som dragspänningar då materialet inte påfrestas på samma sätt.

Det uppstod även höga spänningar vid svetsen mellan infästningsarmen och stången. Infästningsarmens diameter är lite större än stångens bredd vilket gör att radier inte kunde sättas mellan delarna för att illustrera en svetsfog. Därför gjordes fästningsarmens diameter vid analys mindre för att en radie skulle vara möjlig och detta minskade spänningarna.

### 4.4.2 Lyftverktyg

Analys gjordes på ett lyftverktyg som ser ut som figur 10 under tidigare avsnitt, presentation av valt produktförslag. Analyserna visade då för höga spänningar vid flera olika ställen, därför gjordes ytterligare förstärkningar. En extra stödarm mellan infästningsarmen och basarmen gjordes och en L-formad platta fästes i hörnet där dessa möts. Det fästes även T-formade plattor längst mellan basarm och lyftarm på båda sidor för att fördela spänningen. Eftersom analyserna gjorde i ett tidigt skede som artikeln *"Integration of computer aided design analysis into the engineering design process for use by engineering designers"* (Petersson et al. 2013) syftar på medförde det inte några extra kostnader eftersom korrigeringar lätt kunde åstadkommas.

Efter att förstärkningar gjordes och radier sattes ut minskade spänningarna drastiskt. Spänningarna mellan lyftarm och basarm hamnade under brottgränsen. Den högsta anmärkningsvärda spänningen uppkom till 657 MPa mellan basarm och fästningsarm vilket även här är en tryckspänning. Även i detta fall handlar det om singulara spänningar. Punktspänningarna minskade med utsatta radier och konvergerade vid finare mesh. Dock håller sig punktspänningen ändå över brottgränsen på ca 500MPa. Se bilaga 13 för FEM-analyser.

Enligt (Eriksson et al. 2002) skrivs det ”Vid utvärdering av spänningar i och i närheten av en singular punkt är det viktigt att tänka på att aldrig avläsa spänningar som är direkt påverkade av den singulara punkten.” Med denna information kan vi se att spänningen kring det kritiska elementet är tillfredsställande. Detta på grund av att det i verkligheten sker en plastisk deformation i punkten vilket leder till att spänningarna sprids ut över en större yta.

#### 4.5 Handberäkningar

Handberäkningar på en förenklad modell av lyftverktyget har gjorts för att verifiera FEM-analyser i Catia V5 enligt bilaga 17. Spänningarna som räknats ut stämmer överens med Catias beräkningar. Handberäkningar gjordes även på en förenklad modell av fixturen, enligt figurerna 29 och 30 i bilaga 17. Samtliga formler för beräkningar är tagna från (Dahlberg 2001). Momentet stämmer överens. Spänningar varierar dock på fixturen i tvärsnittet men medelvärdet stämmer överens med handberäkningar. Med det dras slutsatsen att Catia utfört pålitliga beräkningar.

#### 4.6 Riskanalys och CE-märkning

En riskanalys har utförts i företagets verkstad där samtliga moment som utförs i samband med lyftet av boxen provats. Riskanalyser har gjorts enligt företagets riktlinjer där erfaren personal inom området varit närvarande se bilaga 14.

Innan en lyftanordning kan CE-märkas och tas i bruk ska nedanstående krav uppfyllts och angiven dokumentation finnas tillgänglig enligt Nitators egna mall. Punkt 6 återstår för företaget att slutföra. Användarmanual kan ses i bilaga 15.

Krav	Uppfyllt
1 Helhetsritning/ar (sammanställning/ar)	✓
2 Detaljritningar på delar med betydelse för säkerheten	✓
3 Beräkningar och provresultat som krävs för att verifiera säkerheten	✓
4 Riskanalys med uppgift om metoder för att undanröja riskerna	✓
5 Användarmanual/Service manual/Säkerhetsmanual	✓
6 Dokumentet ”Försäkran om överensstämmelse” har utfärdats och undertecknats	✗

Tabell 2: Underlag för CE-märkning

## 5. Resultat

### 5.1 Slutgiltigt lösningsförslag

Det viktigaste i detta projekt har varit att ta fram en lyftanordning för att lyfta boxar från en pall till en målerilina och tillbaka till pallen. Det har varit viktigt att alla delar i lösningen fungerar felfritt tillsammans då det inte finns mycket utrymme för fel.

Efter att stegen enligt princip- och primärkonstruktion samt provning har utförts har det tagits fram en slutlig lösning. Lösningar finns i bilaga 16. En fixtur har gjorts för att få en bra infästningspunkt på boxen. För att kunna använda fixturen har ett nytt lyftverktyg tagits fram. Upphångningskrokarna har förlängts med 20 mm för att få längre lyftsträcka.

Dessa förändringar av upp- och nedhångningsprocessen har effektiviserat arbetet, minskat de fysiska påfrestningarna för operatörerna samt skapat en säkrare hantering av boxen.

### 5.2 Diskussion om de resultat som uppkommit av analyser

FEM-analyser i Catia V5 har gjorts för att få en uppskattning om hållfastheten för de olika komponenterna. Hållfastheten har varit en viktig del i detta projekt då ett brott på någon del kan leda till allvarliga konsekvenser för operatörerna som arbetar nära in på boxen i samband med lyften.

Det skulle även medföra konsekvenser för boxen då den riskerar att förstöras och ett tillfälligt stopp uppstår i produktionen. Det medför även stora kostnader för företaget.

#### 5.2.1 Fixtur

Den viktigaste delen för fixturen har varit att den ska vara lätt att montera då tiden det tar inte får överskrida målerilinsens hastighet. Därav konstaterades det att två till tre fixturer av varje modell bör finnas tillgängliga under produktion för att det ska flyta på utan stopp.

Utifrån de FEM analyser som gjorts uppvisar fixturen inga anmärkningsvärda spänningar.

#### 5.2.2 Lyftverktyg

Den viktigaste faktorn som analyserats för lyftverktyget tillsammans med funktionen är hållfastheten. Då lyftverktyget har en lång hävarm och lyfter en stor vikt har detta varit den mest krävande delen att säkerställa. FEM-analyser som

gjordes kan ses i bilaga 13. Spänningarna vid de kritiska punkterna håller sig under brottgränsen förutom mellan infästningsarmen och basarmen. Denna höga spänning som finns här är en väldigt liten punktspänning som dessutom är en tryckspänning. Övriga spänningar runt om detta område håller sig under brottgränsen. Då FEM-analyser framförallt ska överskådas med kritiskt tänkande har analysen diskuterats med erfaren personal på företaget. De har bekräftat att det är högst osannolikt att något brott skulle kunna uppstå i skarvarna.

### 5.2.3 Lyftkrokar

Lyftkrokarna som har förlängts med 20mm har samma dimensioner som de krokar som tidigare används vid upphängningen av boxen. De modifieringar som gjordes har ingen inverkan på hållfastheten, därför har det inte gjorts några vidare analyser på denna del.

### 6. Slutsatser

Syftet med detta projekt har varit att effektivisera upp- och nedhängning av boxar från en målerilina samt att det ska ske på ett säkert sätt. Denna lyftmetod har många fördelar samt vissa nackdelar jämfört med tidigare lyftmetod. De flesta viktiga krav och önskemål uppfylldes, dock finns det fortfarande saker som kan förbättras.

- En 90 graders rotation kunde inte åstadkommas men en viss vridning kunde uppnås. Detta reducerar en stor del av belastningen på kanten som sker i samband med vändningen.
- En nackdel med att en 90 graders rotation inte kunde uppnås var att pallarna fick modifieras istället för att ge mer utrymme på sidorna. Detta hade inte behövts om boxen kunde vridits 90 grader i samband med lyftet. Det hade även varit lättare att sikta in säkerhetssprintarna. Detta är dock ingen försämring från tidigare lyftsätt då det hade samma problem.
- I den tidigare metod som användes vände operatörerna på boxen för hand, det görs idag med hjälp av traversen. Detta resulterade i stora förbättringar i det fysiska arbetet vid nedhängningen och en ny NIOSH lyftekvation behöver inte göras.
- Antalet operatörer som behövs för monteringen är tre. Detta är en liten förbättring då de tidigare behövdes fyra personal varav tre som arbetar aktivt. Det här arbetsmomentet kräver minst tre operatörer. En för att styra traversen och två för att hänga upp krokarna på målerilinan.
- Den nya lyftmetoden lyfter boxen i en punkt vilket kan få den i gungning vid snabba rörelser. Eftersom att det är tre operatörer som arbetar vid nedhängningen är det ingen större ansträngning att styra boxen.
- Eftersom det nuvarande lösningsförslaget går snabbare än det alternativa lösningsförslaget med mellanlandning innan boxen placeras på pallen vidareutvecklades inte detta alternativ. Trots att det medför en lättare och säkrare hantering av detalj drogs slutsatsen att operatörer kommer välja de alternativ som går fortare.

## Slutsatser

- FMEA var planerat att genomföras. Det gjordes dock inte då riskanalysen istället gjordes tillsammans med företaget och enligt deras riktlinjer.
- En fördel med fixturen är att den kommit till användning vid robotsvetsningen där hantering av boxar förekommer. I detta fall kommer mittenöglan till användning då den med fördel kan lyftas i jämviktpunkten. Även här ska boxen placeras på pallen där hålen behöver passas in för säkerhetssprintar.
- Gantschemat som gjordes i början av projektet jämfördes inte med dåvarande status. De viktiga delarna som planerade att göras har hunnits med trots att det inte skedde under planerade tidsperioder.
- Vid tillverkning av fixturen var det en viktig aspekt att monteringen av fixturen skulle ske på ett smidigt sett. Därför funderades det mycket på vad som kunde göras för att göra den lätthanterlig. Det kravet ha uppfyllt till stor del.
- Att ändra materialet för att åstadkomma en viktminskning har funderats på, dock valdes det istället att använda tillgängligt material på företaget för att uppfylla detta önskemål.
- Den punktspänningen som uppstår på lyftverktyget är mycket liten. Kringliggande spänningar är däremot låga, därför har punktspänningen bortsätts från enligt (Eriksson 2002). Dessutom är beräkningarna gjorda med en säkerhetsfaktor tre gånger vikten, detta är ytterligare en anledning.
- En FEM-analys i datorbaserad miljö ger inget bättre svar än den information som ges i modellen. Med den kunskap som fanns och utvecklades under projektets gång bör resultaten ändå kritiskt granskas.
- Efter en utförd riskanalys framkom det att krokarna behöver modifieras och verifieras hållfasthetsmässigt. Då detta var ett extra moment som uppkom i ett sent skede och inte hade någon större betydelse för lyftanordningens funktion var det en ny avgränsning som gjordes.

## 7. Kritisk granskning

### 7.1 Miljö och hållbar utveckling

Miljöaspekter har inte varit i focus under detta projekt vilket skulle kunna tagits i beaktning mer. Aspekter som val av material, tillverkning och återvinning har inte diskuterats med hänsyn till miljön. Detta på grund av att det valts att använda det material och tillverkningsmöjligheter som företaget tillhandahåller. En livscykelanalys skulle kunna ha utförts för att få en grundlig information kring produkternas påverkan på miljön. Vissa detaljer har även valt att laserskäras vilket är en tillverkningsmetod som bedrivs flitigt på företaget. Denna metod medför dock mycket spill av material och energi vilket är negativt med hänsyn till miljön.

I och med att produkterna tillverkas på företaget med deras resurser har transporter och liknande inte förekommit vilket inte resulterat i extra koldioxidutsläpp. Det har inte förekommit blandningar av olika material som vid återvinning behöver separeras och det underlättar processen. Lyftanordningen kommer att användas under en lång tidsperiod vilket leder till låg materialåtgång.

### 7.2 Ekonomi

Då företagets tillgängliga material och tillverkningsmetoder valdes att användas resulterade det till minskade omkostnader för material, framtagning av produkter samt transporter. Produkten har tillverkats av relativt billiga metoder som inte kräver extra utformning av verktyg.

### 7.3 Arbetsmiljö

Arbetsmiljön har varit en av de viktigare aspekterna att ta hänsyn till vid framtagningen av lyftanordning. En av de största förändringar som skett är att rotationen av boxen sker med hjälp av traversen istället för att operatörerna vänder den för hand. Detta är en stor förbättring med avseende på den fysiska belastningen. Tidigare när den vändes för hand blev värdet från NIOSH lyftekvation väldigt högt och enligt rekommendationen skulle åtgärder snarast utföras. Nuvarande metod har eliminerat detta moment.

### 7.4 Litteratur

Litteraturen har valts utifrån rekommendationer och böcker som har hittats är ofta refererat i vetenskapligt granskade artiklar. Vissa böcker har dock upplagor från tidigt 90-tal och framåt. Därför bör informationen som används granskas. FEM-beräkningar i datormiljö är ett exempel på där stora förändringar sker till skillnad från urvalsmetoder som inte förändras på samma sätt.

Fredy Olsson (Olsson 1995) produktutvecklingsprocess har följts genom arbetet. Den har jämförts med artiklar som exempelvis (Boyle, Rong, Brown 2011) för att bekräfta att stegens innehåll är liknande vilket innebär att Olssons metod är pålitlig.

### **7.5 Etiska och sociala aspekter**

Med produkten som tagits fram har arbetsmomentet underlättats med avseende på människan. Alla kan med produkten som tagits fram utföra arbetsmomentet oavsett kön och fysisk kapacitet samt kroppsstorlek.

### **7.6 Diskussion och rekommendation till fortsatta aktiviteter.**

Lyftverktyget har inte prioriterats på samma sätt som fixturen då det viktiga varit att den passar fixturen och klarar av vikten. Lyftverktyget kommer sitta på en travers den mesta delen av tiden och inget som behöver på och avmonteras på samma sätt som fixturerna. Därför har fixturens användarvänlighet prioriterats.

Till företaget rekommenderas det att undersöka hur boxens färdas på målerilina för att se hur långt ner boxen kan hänga, så att längden på krokarna kan optimeras. Om en önskad längd (se beräkningar under avsnitt, 4.2.8 slutsatser och kompletteringar av produktförslag) kan uppnås möjliggör detta en 90 graders vridning av box. Detta medför att lyftöglan i mittpunkten kan användas vilket leder till ännu lättare hantering och mindre risk för detalj samtidigt som det blir lättare att passa in hålen på boxen och pallen. Modifieringar av pallen behöver då inte göras.

Fixturen kan göras ännu smidigare med avseende på användning, genom exempelvis att byta ut materialet för att minska vikten, eller tillverka handtag så fixturen blir lättare att bära och montera.

Mer lättanvända låsningsfunktioner kan utvecklas då det kan tyckas vara jobbigt att sätt i en sprint i en annan sprint. Den extra sprinten kunde ha tagits bort och istället kunde det gjorts en självlåsand sprint av den första. Ytterligare faktorer som kunde tagits i beaktning angående sprinten är att när fixturen tas loss från boxen skulle sprinten hänga i en vajer fäst till fixturen så att den inte tappas bort.

Då resultatet från riskanalysen påvisar att lyftkrokarna behöver modifieras så rekommenderas detta för fortsatta aktiviteter.

## 8. Referenser

### Böcker:

Adams, V., 2008. *A Designer's Guide to Simulation with Finite Element Analysis*. NAFEMS

Adams, V., Askenazi, A., 1999. *Building Better Products with Finite Element Analysis*. OnWord Press, Santa Fe.

Bohgard, M. et al. 2008. *Arbete och teknik på människans villkor*. Prevent.

Cross, N., 2008. *Engineering Design Methods: Strategies for Product Design*. 4. uppl. John Willey&Sons

Dahlberg, T., 2001. *Teknisk hållfasthetslära*. 3. Uppl. Studentlitteratur

Dahlberg, T., 2001. *Formelsamling i hållfasthetslära – Supplement till: Teknisk hållfasthetslära*. 3. Uppl, Studentlitteratur

Eriksson, Å., Lignell, A-M., Olsson, C., Spannare, H., 2002. *Svetsutvärdering med FEM – Handbok för utmattningsbelastade konstruktioner*. VI Sveriges verkstadsindustrier, Stockholm.

Olsson, K. G. F., 1995. *Conceptual Design (In Swedish. Original Title: Principkonstruktion)*, Department of Machine Design LTH, Lund University, Lund.

Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., Grote, K.-H., 2007. *Engineering Design – A Systematic Approach*. 3. uppl. Springer, London.

Pugh, S., 1990. *Total Design*. Harlow: Addison-Wesley Publishing Company Inc.

Rong, Y., Huang, S. H. and Hou, Z., 2005. *Advanced Computer-Aided Fixture Design*, Elsevier Academic Press, Amsterdam.

Sunnersjö, S., 1992. *Fem i praktiken – En introduktion till Finita Elementmetodens praktiska tillämpning*. 1. uppl. Sveriges verkstadsindustriers förlag, Uppsala.

Taavola, K., 2011. *Ritsteknik 2000 faktabok*. 4. uppl. ATHENA lär.

### **Ariklar:**

Bi, Z. M. and Zhang, W. J., 2001, "Flexible fixture design and automation: Review, issues and future directions", *International Journal of Production Research*, **39**(13), pp. 2867-2894.

Boyle, I., Rong, Y. and Brown, D. C., 2011, "A review and analysis of current computer aided fixture design approaches", *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, **27**(1), pp. 1-12.

Kang, X. and Peng, Q., 2009, "Recent research on computer-aided fixture planning", *Recent Patents on Mechanical Engineering*, **2**(1), pp. 8-18.

Kurowski, P., 2001 "Easily made errors mar FEA results" *President Design Generator Inc.* London, Ontario, Canada, September.

Petersson, H., Motte, D., Bjärnemo, R., "Carbon fiber composite materials in modern day automotive production lines – A Case Study". *International Mechanical Engineering Congress & Exposition- IMECE2013*, San Diego, CA, November 15-21.

Petersson, H., Motte, D., Eriksson, M., Bjärnemo, R., "A computer-based design system for lightweight grippers in the automotive industry". *International Mechanical Engineering Congress & Exposition - IMECE2012*, Houston, TX, November 9-16.

Petersson, H., Motte, D., Eriksson, M., Bjärnemo, R., "Integration of computer aided design analysis into the engineering design process for use by engineering designers". *International Mechanical Engineering Congress & Exposition - IMECE2013*, San Diego, CA, November 15-21.

Waters, R. T., Putz-Anderson, V., Garg, A., 2001 "Application manual for the revised niosh lifting equation"., *U.S. department of health and human services.* Cincinnati, Ohio, Januari.

Waters, T., Baptiste, A., Short, M., Plante-Mallon, L. and Nelson, A., 2011, "AORN ergonomic tool 6: Lifting and carrying supplies and equipment in the perioperative setting", *AORN journal*, **94**(2), pp. 173-179.

### **Hemsidor:**

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). 2014 centers of disease control and preventions. <http://www.cdc.gov/niosh/> (Hämtad 2014- 03-10)

## 9. Bilagor

1. NIOSH lyftekvation .....	37
2. Beräkning med NIOSH lyftekvation .....	39
3. Förklaring av kriterier .....	40
4. Parvis jämförelsemetod.....	42
5. Lösningsförslag med förklaring .....	43
6. Primär utvärdering .....	54
7. Slutlig utvärdering .....	55
8. Presentation av valt produktförslag .....	56
9. Lyftsträcka .....	57
10. Jämviktspunkter .....	58
11. Materialspecifikation.....	60
12. Analys av fixtur.....	61
13. Analys av lyftverktyg .....	64
14. Risklista och analys.....	66
15. Användarinstruktioner.....	69
16. Bilder på slutligt lösningförslag .....	70
17. Handberäkningar .....	72
18. Ritningar.....	76

## 1. NIOSH lyftekvation

$LI < 1$  Inga risker för muskelbesvär.

$LI > 3$  Risk för skada

$1 < LI < 3$  Varken bra eller dåligt

$$LI = \frac{\text{Lyftvikt}}{RWL} \quad (1)$$

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times CM \times FM \quad (2)$$

$LC =$  lyft konstant, 23

$\text{Lyftvikt} =$  Vikten på detaljen som ska lyftas

HM är en horisontal multiplikator där H är det horisontala avståndet mellan händer och mittpunkten av anklarna mätt i centimeter.

$$HM = \frac{25}{H} \quad (3)$$

VM är en vertikal multiplikator där V är det vertikala avståndet från händerna till marken mätt i centimeter.

$$VM = 1 - (0,003 |V - 75|) \quad (4)$$

DM är en distans multiplikator där D är vertikala avståndet från utgångspositionen till slutpositionen av lyftet.

$$DM = 0,82 + \left(\frac{4,5}{D}\right) \quad (5)$$

AM är en asymmetrisk multiplikator där A är vinkelskillnaden mellan sagittalplanet till slutpositionen.

$$AM = 1 - (0,0032 \times A) \quad (6)$$

CM fås enligt tabell nedan där det tas hänsyn till grepp samt vertikalavståndet.

CM= Coupling multiplier		
Grip	V<75cm	V≥75cm
Good	1	1
Fair	0,95	1
Poor	0,9	0,9

Tabell 3: Coupling multiplier (Bohgard et al. 2008)

FM fås enligt tabell nedan där det tas hänsyn till arbetstid, frekvensen på arbetet samt vertikalavståndet.

FM=Frequency multiplier						
	≤ 1 h		≤ 2 h		≤ 8 h	
Lift per min	V<75cm	V≥75 cm	V<75cm	V≥75 cm	V<75cm	V≥75 cm
0,2	1	1	0,95	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,92	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,75	0,75

Tabell 4: Frequency multiplier (Bohgard et al. 2008)

## 2. Beräkning med NIOSH lyftekvation

$$HM = \frac{25}{40} = 0,625 \quad (7)$$

$$VM = 1 - (0,003|94 - 75|) = 0,943 \quad (8)$$

$$DM = 0,82 + \left(\frac{4,5}{80}\right) = 0,87625 \quad (9)$$

$$AM = 1 - (0,0032 \times 0) = 1 - 0 = 1 \quad (10)$$

V överstiger 75 cm och greppet anses vara acceptabelt därav

$$CM = 1$$

Beroende på antalet boxar som målas vid samma tillfälle varierar arbetstiden. Vid observationer och tidsmätningar av några nedtagningar konstaterades att nedtagningarna tar mellan en till två timmar. Nedtagning av box sker var tredje minut då även kringarbete är inräknat, dock hinner de inte med en nedtagning varannan minut. Därför följs tabellvärdet som fås från ett lyft var femte minut. Sedan tidigare information överstiger V 75cm.

$$FM = 0,95$$

$$\begin{aligned} RWL &= 23 \times 0,625 \times 0,943 \times 0,87625 \times 1 \times 1 \times 0,95 = \\ &= 11,28 \end{aligned} \quad (11)$$

Lyftvikten har grovt uppskattats av operatörer till ungefär 35kg

$$LI = 35/11.28 = 3,10 \quad (12)$$

Beräknade LI blir >3 vilket innebär att det finns risk för skador och bör därmed åtgärdas.

### 3. Förklaring av kriterier

#### **Inga defekter på detalj**

Det får inte uppstå några defekter som påverkar detaljen negativt i samband med upp och nedmontering i form av exempelvis repor.

#### **Minska arbetsbelastning på personal**

Minska fysiska påfrestningar på personal med hjälp av utrustningen. Ersätta manuell placering av detalj med automatiserad. Personalen får inte komma till skada på grund av de olika arbetsmomenten.

#### **Minimera personalresurser**

Genom förbättringar av utrustningen ska delar av arbetet kunna ersätta

#### **Underlätta hantering av detalj**

Det ska bli lättare för operatör att hantera detaljen själv

#### **90 graders vridning av detalj**

Med hjälp av utrustningen ska det kunna utföras en vridning av detalj från målerilina till förvaringsplats och i omvänd ordning utan att detaljen utsätts för några skador.

#### **Säker och stabil konstruktion**

Konstruktionen måste sitta säkert och får inte lossna för då kan det leda till personskador samt att produkten inte kan säljas. Konstruktionen måste vara stabil på alla nivåer när lyftet eller vinklingen sker.

#### **Livslängd på minst 5 år**

Lyftanordningen skall ha en livslängd och användningstid på fem år.

Lyftanordningen skall vara så pass stabil och kraftig att den inte påverkas genom utmattning.

#### **Lyftanordningen får väg max 30kg**

Vikten på lyftanordningen som konstrueras måste minimeras och får inte väga mer än 30kg då traversen har en maximal lyftkapacitet på 250kg och den tyngsta boxen väger 218kg

**Öka produktiviteten**

Öka produktiviteten med hjälp av den nya utrustningen genom tidseffektivare hantering av arbetsmomenten.

**Tillverkning på företaget**

Utrustningen skall mestadels kunna tillverkas med resurser som företaget tillhandahåller i form av material och tillverkningsmetoder.

**Minimera kostnader**

Minimera kostnader genom att ta fram en så billig men fungerande lösning som möjligt.

#### 4. Parvis jämförelsemetod

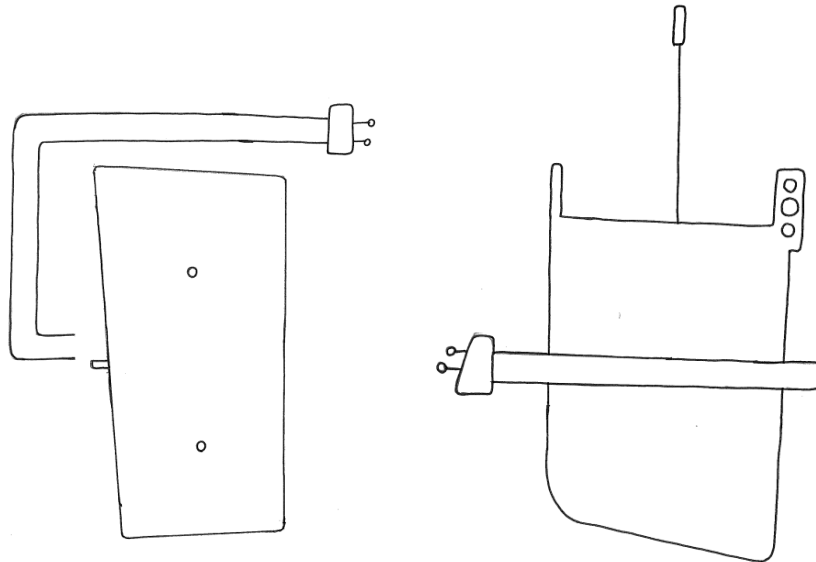
	Inga defekter på detalj	Minska arbetsbelastning för personalen	Minimerar personalresurser	Underlättahandling av detalj	90 graders vridning av detalj	Säkerochstabilkonstruktion	Livslängd på 5 år	Lyftanordningen får max väga 30 kg	Öka produktiviteten	Tillverkning på företaget	Minimera tillverkningskostnader	Korrisionsfaktor	Summa poäng	Viktfaktor
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	+	P <sub>i</sub>	K <sub>i</sub>
A	-0	1	2	2	1	1	2	0	2	2	2	1	16	16/121
B		-1	2	2	2	0	2	2	2	2	2	3	18	18/121
C			-4	0	0	0	2	0	1	2	2	5	8	8/121
D				-4	1	0	2	0	1	2	2	7	11	11/121
E					-4	0	2	0	1	2	2	9	12	12/121
F						-1	2	2	2	2	2	11	20	20/121
G							-12	0	0	0	1	13	2	2/121
H								-4	2	2	2	15	17	17/121
I									-11	2	2	17	10	10/121
J										-16	2	19	5	5/121
K											-19	21	2	2/121
Summa													121	1,00

Tabell 5: Parvis jämförelse (Olsson 1995)

## 5. Lösningförslag med förklaring

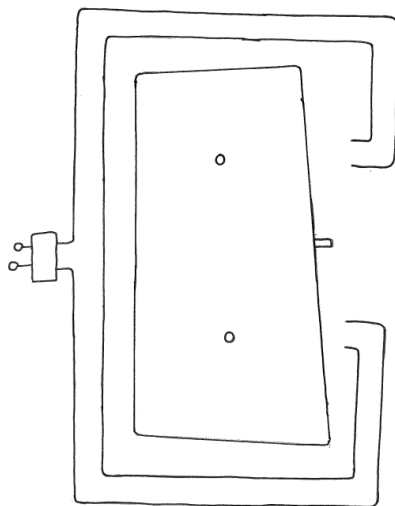
### Lösningförslag 1 – arm från sidan

En arm som går runt ena sidan för att komma åt fästningsmöjligheter på baksidan och insidan av boxen.



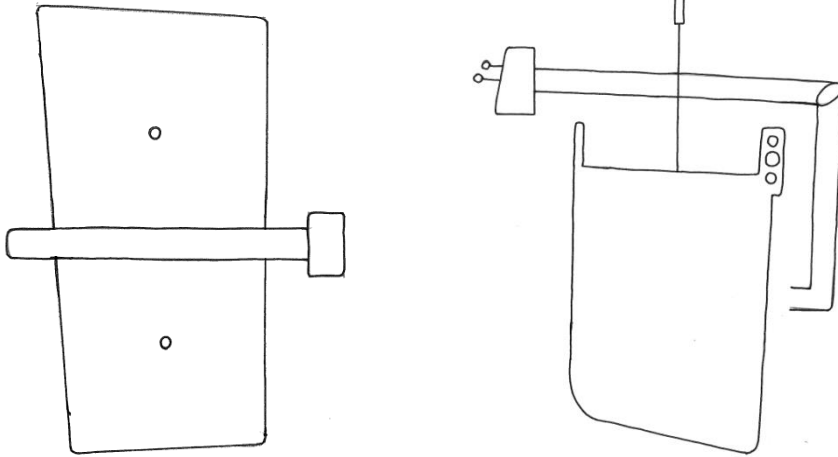
### Lösningförslag 2 – två armar från sidan

Bygger på lösningförslag 1 där det istället används två armar som går runt på var sin sida av för att komma åt fästningsmöjligheter på baksidan och insidan av box. Två armar gör lyftanordningen stabilare.



### Lösningförslag 3 – en arm i mitten

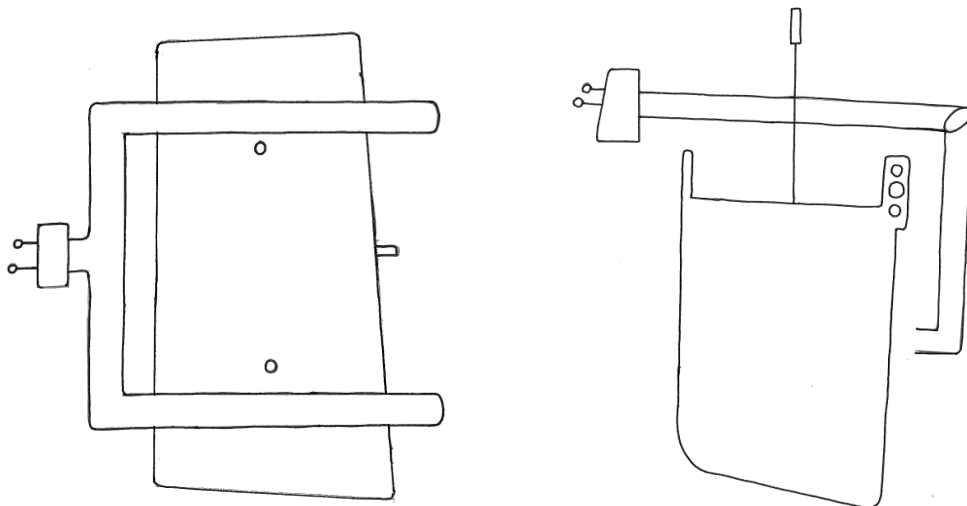
Här används ett lyftverktyg som går ovanför boxen för att komma åt infästningsmöjligheter på ovansidan, baksidan samt insidan av box.



### Lösningförslag 4 – två armar ovanifrån

Två armar som går ovanför box för att komma åt infästningsmöjligheter på ovansidan, baksidan samt insidan av box.

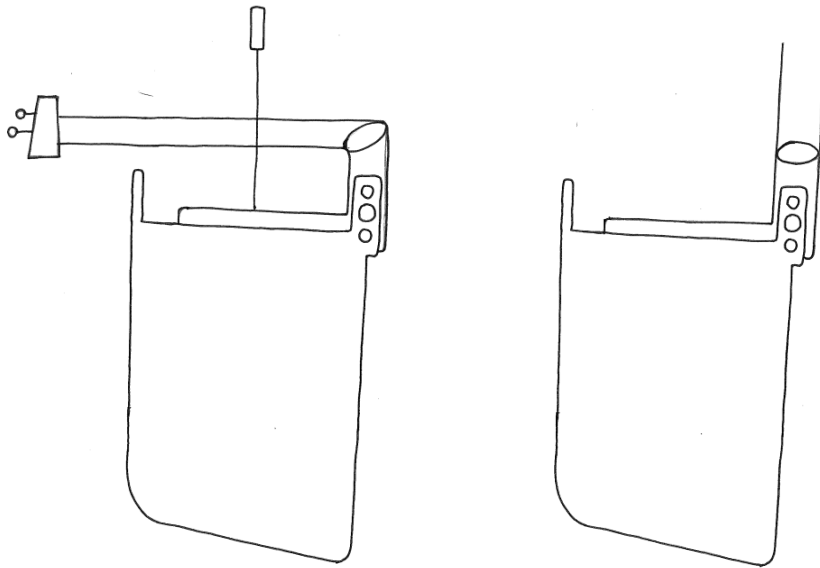
Nedan följer lösningförslag som kommer att utvärderas. Lösningförslagen består av lyftanordningar med dedikerade och flexibla fixturer som kan användas till samtliga modeller av boxar.



### Lösningförslag 5 – infästning på arm med stödarmar

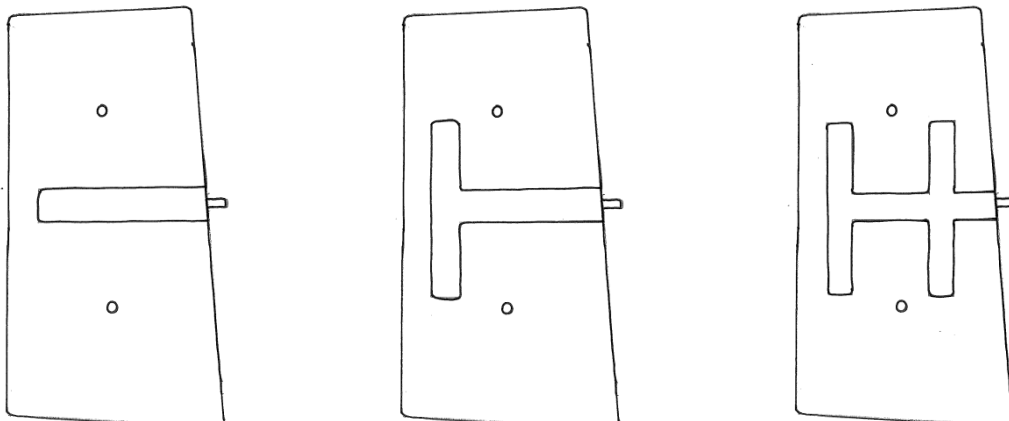
En gemensam fästningspunkt som finns mellan de tre boxarna är armen som sitter i mitten av boxen. Genom att fästa i den och sedan stabilisera upp med en stödarm längst ovansidan minskas belastningen i armen på boxen. Lyftverktyg enligt lösningförslag 3 kan användas här.

Den stödarm som anses vara lämpligast är nummer två eftersom den ger mer stöd än första stödet. Tredje stödet blir däremot svårare att placera eftersom det finns tre olika modeller av boxar.



### Stödarmar till lösningförslag 5

Stödarmarna kan förändras i form för att uppnå bättre stabilitet på boxens ovansida enligt de tre modeller av stödarmar. Formen på stödarmarna beror även på krokarnas placering där boxarna hängs samt ovansidans geometrier vilket kan variera mellan de tre boxarna.



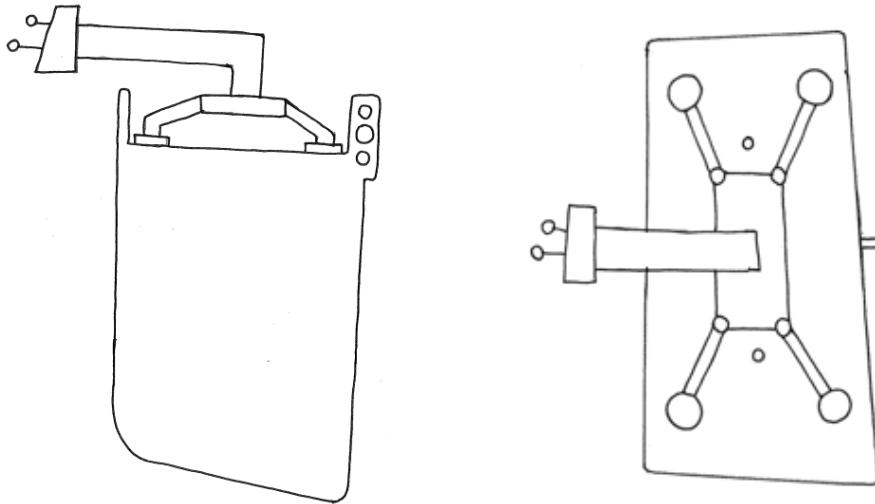
### Lösningförslag 6 – vakuumsugproppar

Lösningförslaget går ut på att utnyttja ovansidan av boxen

### Lösningförslag 7– elektromagneter

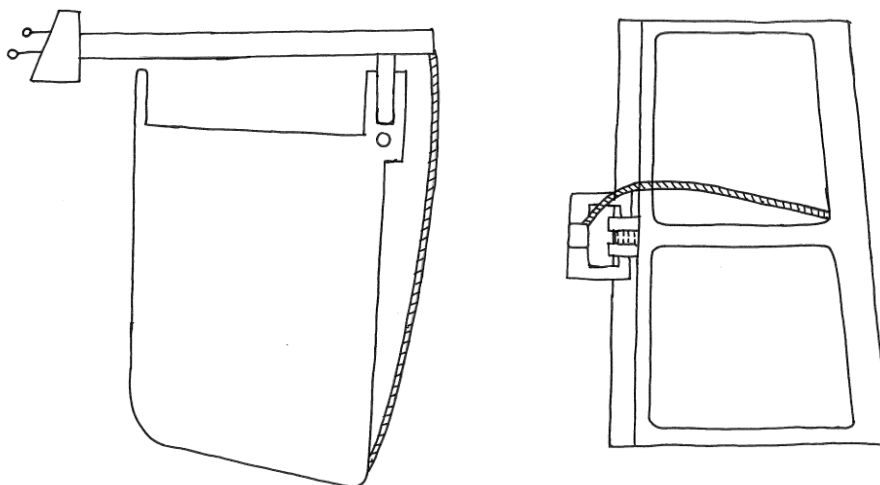
Denna idé bygger på samma princip som lösningförslag 6 vakuumlyften.

Fördelen med elektromagneter jämfört med vakuum är att den målade ytan inte blir utsatt för samma påfrestning.



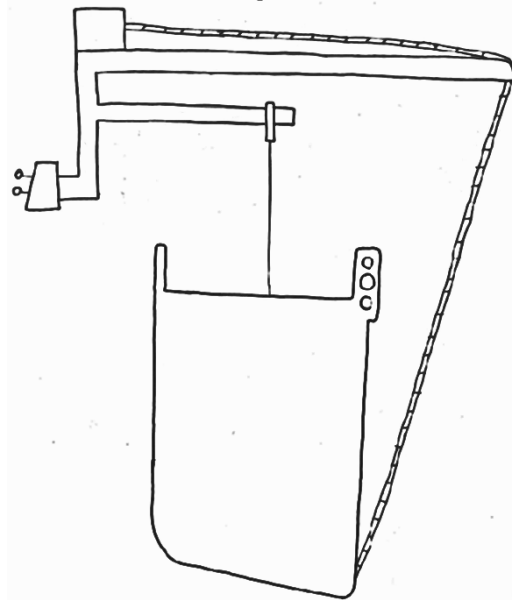
### Lösningförslag 8 – Infästning på arm med vajer

Här används ett lyftverktyg med en roterande led enligt lösningförslag tre som fästs i boxens arm. På armen finns även en vajer kopplad till en elektrisk motor som fästs i ett hål i botten av boxen. Vajern vevas upp med hjälp av motorn samtidigt som boxens arm förs bakåt i en spår i lyftverktyget som då får boxen att roteras 90 grader.



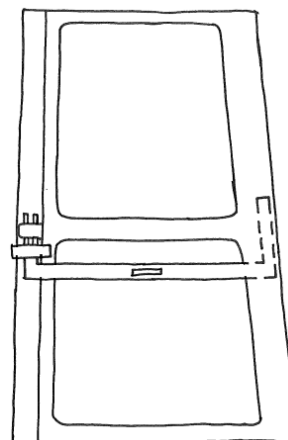
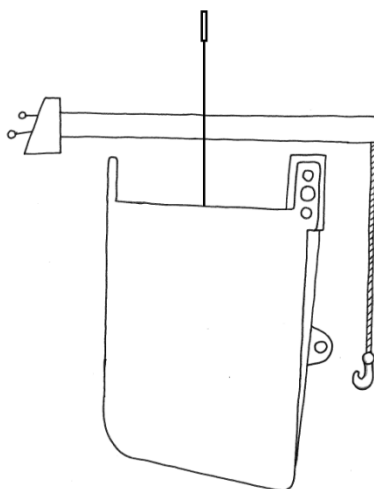
### Lösningförslag 9 – tre armar med vajer

Här används tre lyftarmar varav två fungerar genom att lyfta i ramen som boxen hänger i samtidigt som den tredje armen är längre. På armen finns även en vajer kopplad till en elektrisk motor som fästs i ett hål i botten av boxen. Detta gör att momenten i boxens arm försvinner och tyngden fördelas på tre punkter.



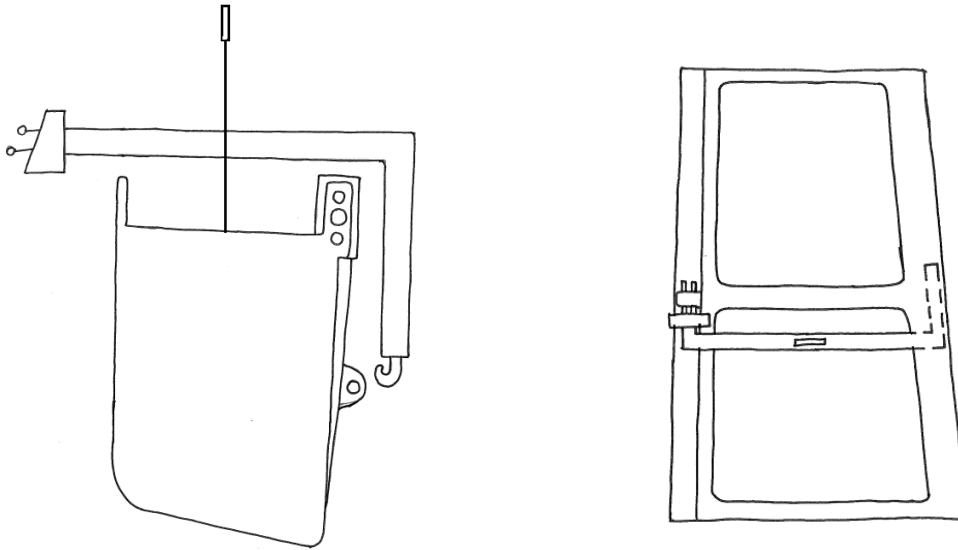
### Lösningförslag 10 – en arm med fixtur och vajer

En dedikerad fixtur fästs på boxens baksida via armen som finns på boxen och hålet i botten av boxen. I mitten av fixturen finns det en krok som är utmätt och placerat i boxens jämviktspunkt. Där fästs en vajer som är kopplad till en motor. I samband med att vajern vevas upp vrids boxen 90 grader samtidigt som den hänger kvar i krokarna på målerilinan.



### Lösningförslag 11 – en arm med fixtur

Samma ide som lösningförslag 10 men istället för en vajer används en stel arm.



### Förbättringar av fixtur till lösningförslag 10 och 11

För att detta lösningförslag skall fungera måste fixturen lätt kunna monteras på och av boxen. Lösningförslaget måste även bestå av en låsningsmekanism som hindrar fixturen från att glida ur boxens hål. Det finns sex olika modeller som visar exempel på lösningsalternativ.

Första alternativet bygger på att göra ett spår runt cylindern som förs in i hålet som hindrar cylindern att glida ur vid belastning.

Andra alternativet används muttrar som skruvas på pinnarna som förs genom hålen på boxens arm.

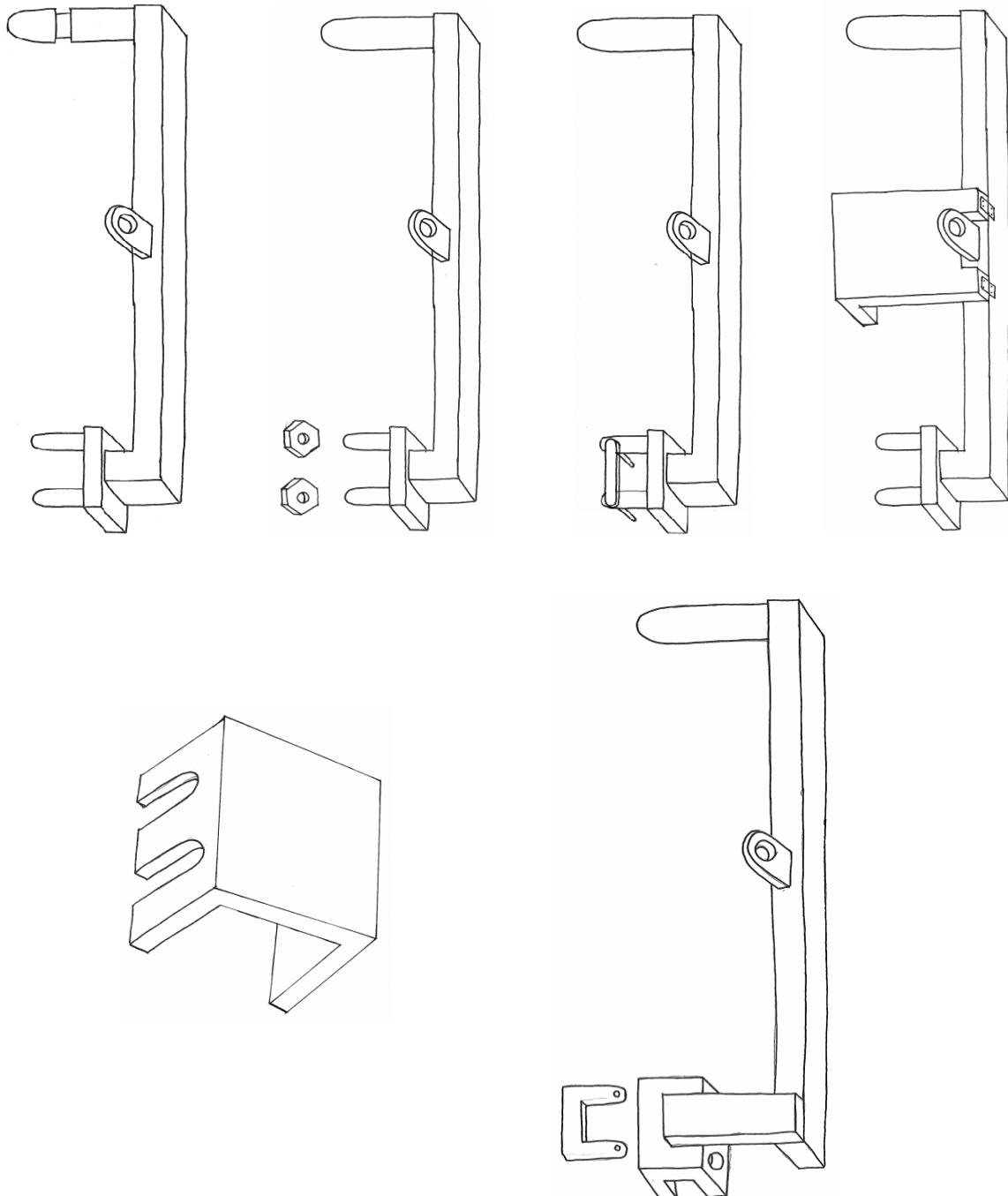
Tredje alternativet används sprintar istället för muttrar som hindrar pinnarna från att glida ut.

Fjärde alternativet är en arm som sitter fast på fixturen och runt boxens mittsektion.

Femte alternativet är en kåpa som träs över fixturen och boxens arm.

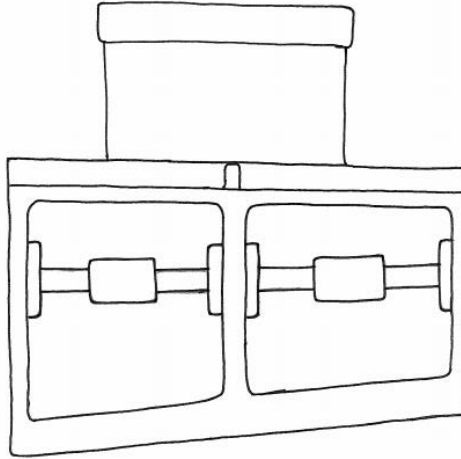
Sjätte alternativet används en ram som träs över boxens arm och efterhand används pinnar som träs igenom hålen i fixturen och boxens arm samtidigt. Den säkras sedan från att glida ur med en sprint.

Efter att ha gjort olika prototyper och testat dessa har det konstaterats att det bästa låsningsalternativet som samtidigt bidrar till en smidig och snabb montering av fixtur på box är en kombination av sjätte alternativet och fjärde alternativet. Sjätte alternativet bidrar till att det går fort att montera fast fixturen samtidigt som fjärde bidrar till att fixturen sitter i position.



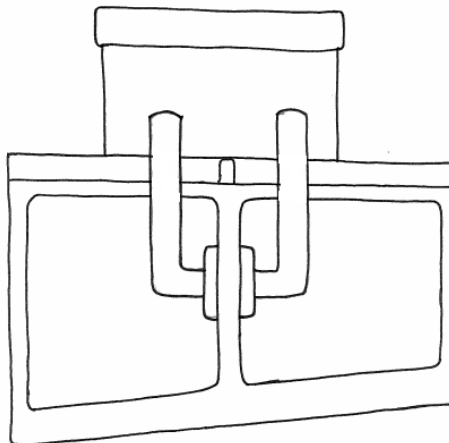
### Lösningförslag 12 - två hydrauliska kolvar på insidan av box

Här används en lyftarm enligt lösningförslag fyra och dubbelverkande hydrauliska kolvar som trycker mot ytterkanten och mittsektionen.



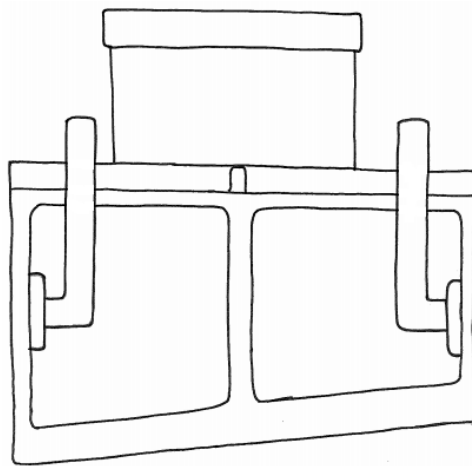
### Lösningförslag 13 - hydrauliska kolvar på mittsektion

Här används en lyftarm enligt lösningförslag tre och hydrauliska kolvar som klämmer åt mittsektionen.



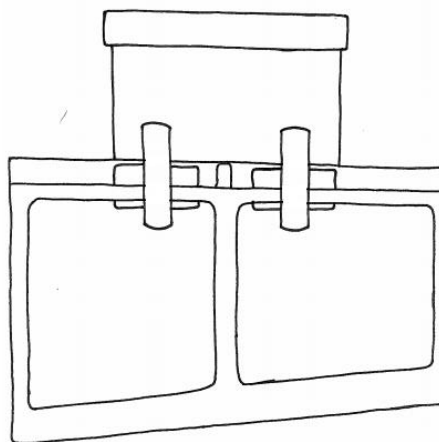
### Lösningförslag 14 – hydrauliska kolvar på yttre väggar

Här används två lyftarmar enligt lösningförslag fyra och hydrauliska kolvar som pressar utåt mot ytterväggarna.



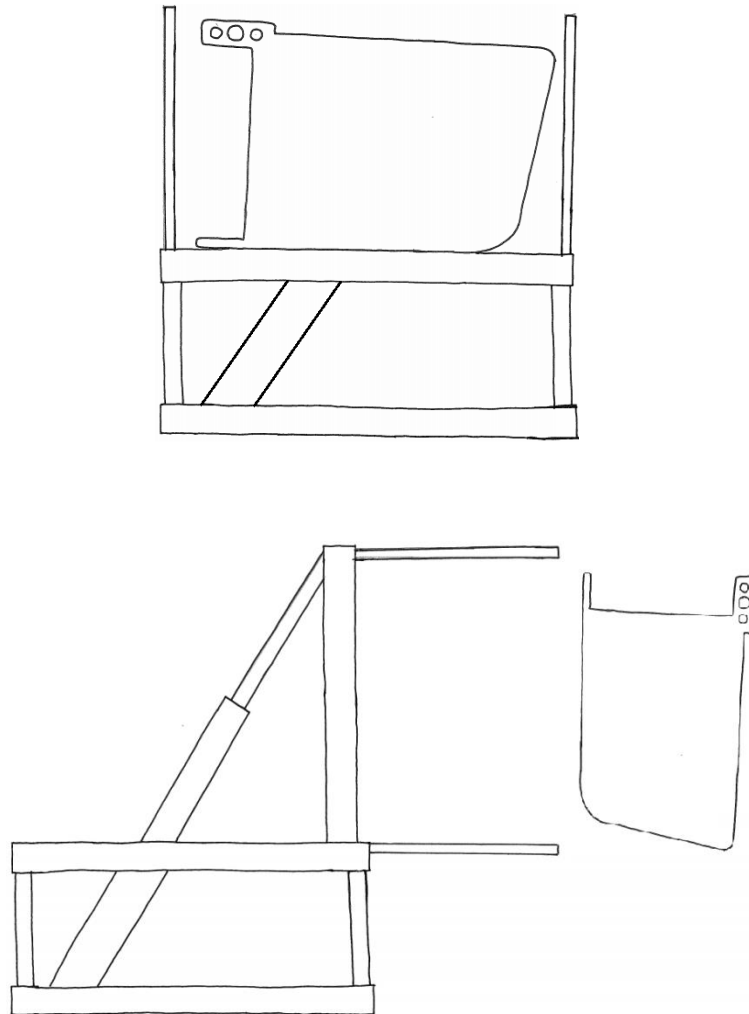
### Lösningförslag 15 - hydrauliska kolvar på ovansidan

Här används en eller två lyftarmar enligt lösningförslag tre eller fyra och hydrauliska kolvar som klämmer åt ovansidan.



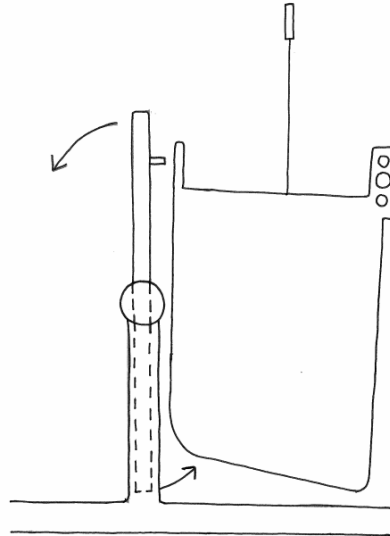
### Lösningförslag 16 – pall med hydraulisk kolv

Pallen placeras i ett stativ där den kan vändas 90 grader för att komma i samma vinkel som boxen då den hänger i målerilinan. Lösningen går ut på att utnyttja den lyftanordning som finns idag för att placera boxen intill den vinklade pallen. När boxen är på plats vinklas stativet ner där pallen är fastsatt. Vinklingen sker med hjälp av hydraulisk kolv som vinklar upp placeringsytan.



### Lösningförslag 17 – pall med centrerad rotation

Pallen placeras i ett stativ där den kan vändas 90 grader för att komma i samma vinkel som boxen då den hänger i målerilinan. Lösningen går ut på att utnyttja den lyftanordning som finns idag för att placera boxen intill den vinklade pallen. När boxen är på plats vinklas stativet ner där pallen är fastsatt. Rotationen sker runt en centrerad rotationsaxel m.h.a. en elektrisk motor



## 6. Primär utvärdering

Tekniska krav		Grupperingslista																
		0 Uppfyller inte kravet																
		1 Uppfyller knappast kravet																
		2 Uppfyller troligen kravet																
		3 Uppfyller säkert kravet																
		TB																
Nr	Beskrivning	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17				
1	Inga defekter på detalj	2	1	1	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3				
5	90 graders vridning av detalj	2	3	3	2	3	3	3	2	2	2	2	3	3				
6	Säker och stabil konstruktion	2	1	1	1	3	3	3	1	0	1	1	3	3				
8	Lyftanordning en får väg max 30kg	3	0	1	1	1	3	3	0	1	0	0	3	3				
Summa		9	5	6	7	10	12	12	5	5	5	5	12	12				
Förs vidare		✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✓				

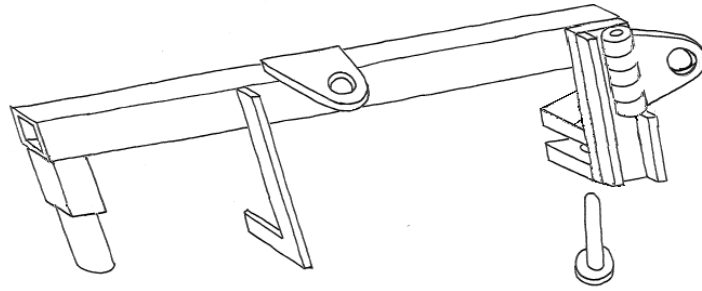
Tabell 6: Primär utvärdering (Pugh 1990)

## 7. Slutlig utvärdering

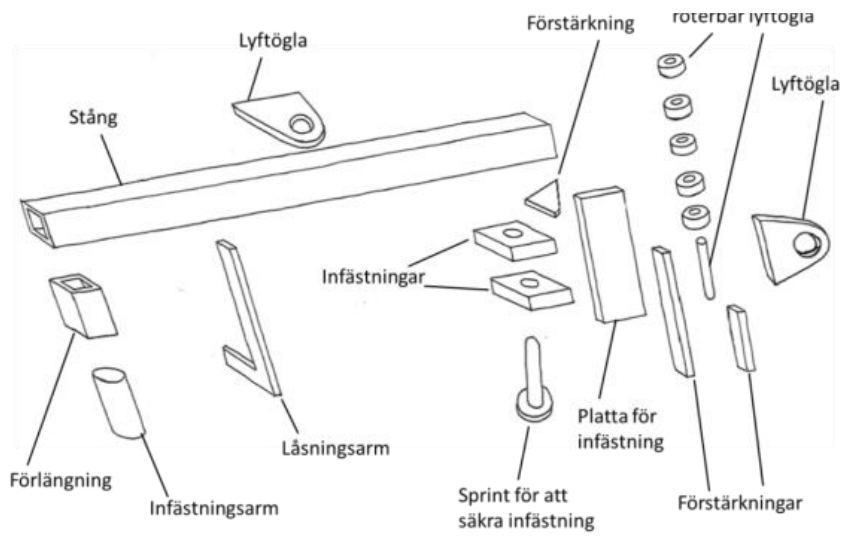
Utvärderingsmetod		Kriterium											Summa poäng	Viktfaktor	Förs vidare
Uppfyllelsebedömning 3 Uppfyller säkert kriteriet 2 Uppfyller troligen kriteriet 1 Uppfyller knappast kriteriet 0 Uppfyller inte kriteriet		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
Förslag Nr	Beskrivning	k													
L5	Infästning på arm med stödarnar	u	2	3	2	2	3	1	1	1	2	1	1,8	0,13	✘
		t	32/ 121	54/ 121	16/ 121	22/ 121	36/ 121	20/ 121	2/ 121	17/ 121	10/ 121	10/ 121			
L8	Infästning på arm med vajer	u	2	2	1	1	2	0	1	1	3	1	1,3	0,09	✘
		t	32/ 121	36/ 121	8/ 121	11/ 121	24/ 121	0/ 121	2/ 121	17/ 121	10/ 121	15/ 121	2/ 121		
L9	Tre armar med vajer	u	3	3	2	3	3	1	0	1	3	1	2,3	0,16	✘
		t	48/ 121	54/ 121	16/ 121	33/ 121	36/ 121	60/ 121	2/ 121	0/ 121	10/ 121	15/ 121	2/ 121		
L10	En arm med fixtur och vajer	u	3	3	2	3	3	2	2	2	3	2	2,7	0,19	✓
		t	48/ 121	54/ 121	16/1 21	33/ 121	36/ 121	60/ 121	4/ 121	34/ 121	20/ 121	15/ 121	4/ 121		
L11	En arm med fixtur	u	3	3	2	3	3	2	3	2	3	3	2,7	0,19	✓
		t	48/ 121	54/ 121	16/ 121	33/ 121	24/ 121	60/ 121	4/ 121	51/ 121	20/ 121	15/ 121	6/ 121		
L16	Pall med hydraulisk kolv	u	2	2	2	1	2	2	3	0	2	1	1,7	0,12	✘
		t	32/ 121	36/ 121	16/1 21	8/ 121	36/ 121	4/ 121	6/ 121	54/ 121	0/ 121	10/ 121	2/ 121		
L17	Pall med centrerad rotation	u	2	2	2	1	2	2	3	0	2	1	1,7	0,12	✘
		t	32/ 121	36/ 121	16/1 21	8/ 121	36/ 121	4/ 121	6/ 121	54/ 121	0/ 121	10/ 121	2/ 121		

Tabell 7: Slutlig utvärdering

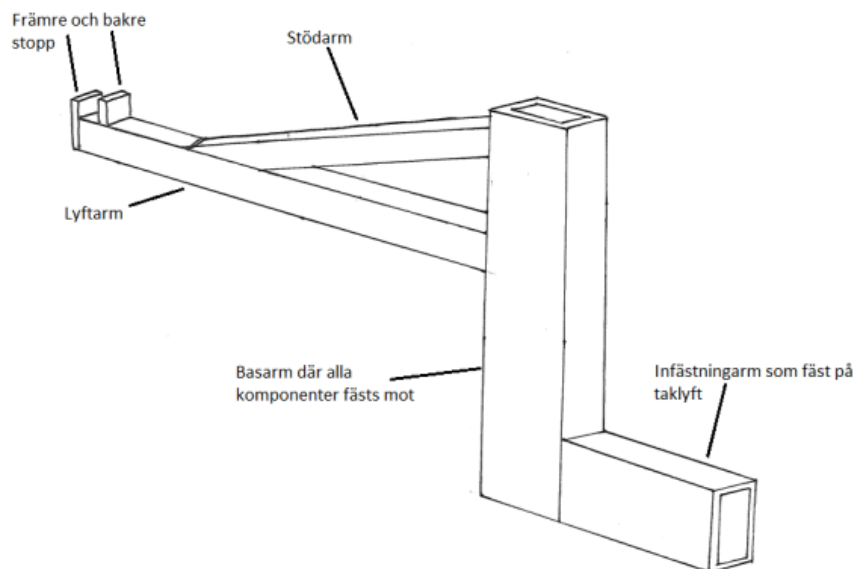
## 8. Presentation av valt produktförslag



Figur 11: Sammanställning av fixtur



Figur 10: Sprängskiss fixtur



Figur 9: Sammanställning av lyftverktyg

## 9. Lyftsträcka

För att ta reda på sträckan som behövs för samtliga boxar använder man sig av beräkningar nedan enligt formeln:

$$D = \text{diameter (cm)}$$

$$\text{Lyftsträcka} = \frac{D\pi}{4} \quad (13)$$

Första boxens lyftsträcka

$$\frac{100\pi}{4} = 78,5 \text{ cm} \quad (14)$$

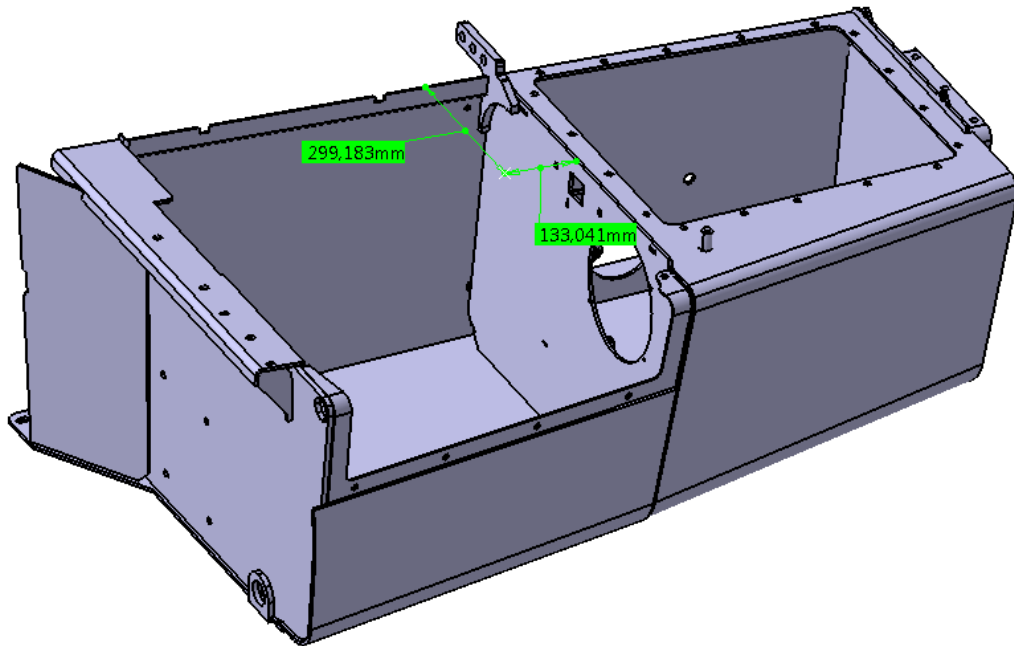
Andra boxens lyftsträcka

$$\frac{100\pi}{4} = 78,5 \text{ cm} \quad (15)$$

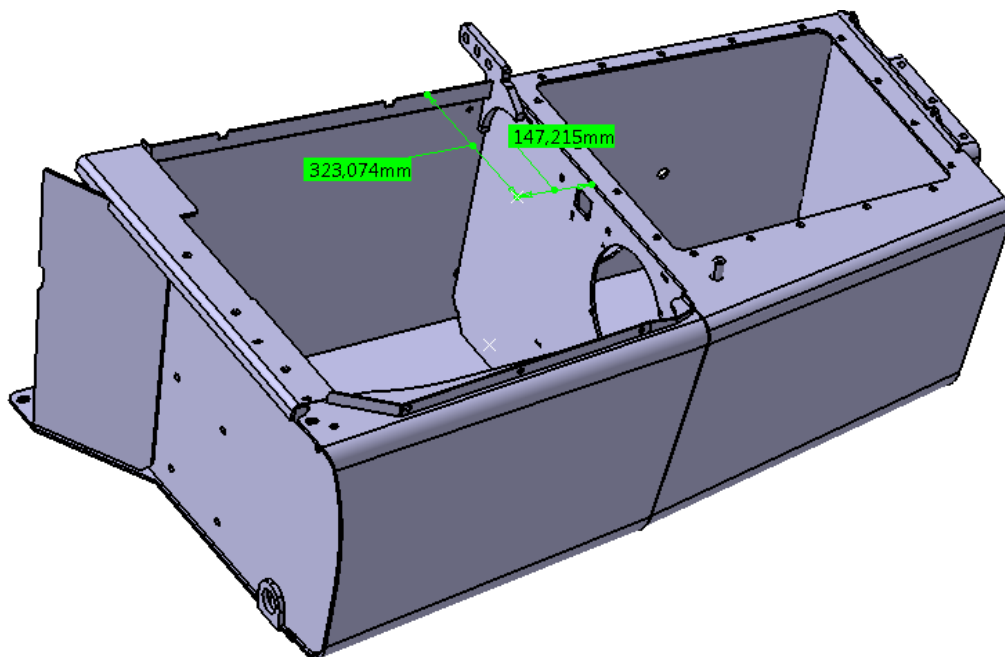
Tredje boxens lyftsträcka

$$\frac{94\pi}{4} = 74 \text{ cm} \quad (16)$$

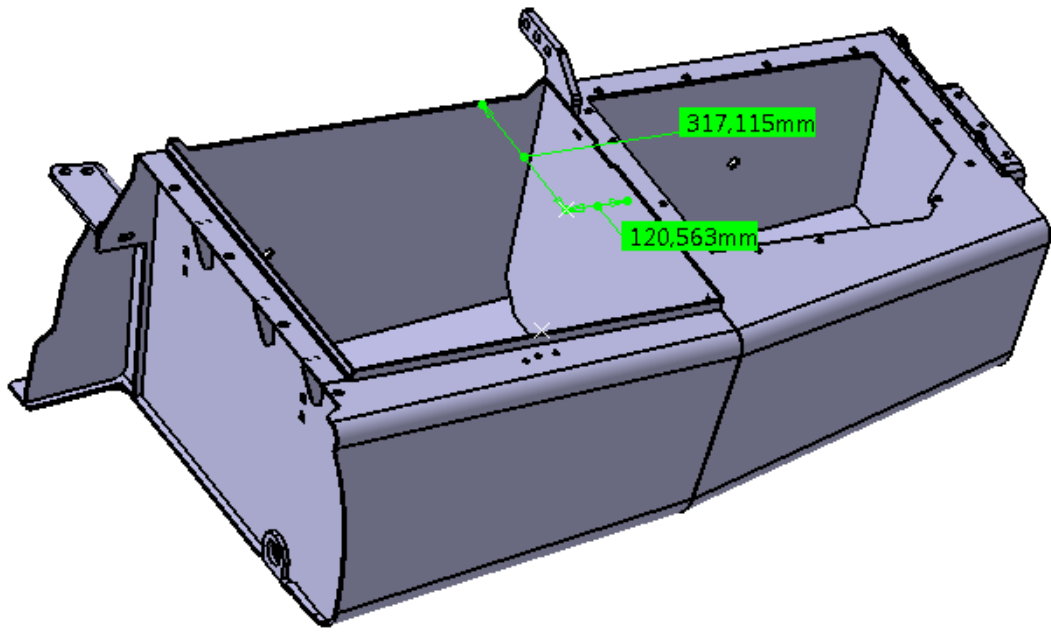
## 10. Jämviktspunkter



Figur 12: Box 1



Figur 13: Box 2



*Figur 14: Box 3*

# 11. Materialspecifikation

## Teknisk information, KKR

Lagerstandard KKR, EN 10219, S355J2H

### Kemisk sammansättning/chargeanalys

Stålsort	C % max	Si <sup>1)</sup> % max	Mn % max	P % max	S % max	Al tot % min	CEV <sup>2)</sup> T ≤ 16 max
S355J2H	0,22	0,55	1,60	0,035	0,035	0,020	0,45

1) Normalt leveransvärde ca 0,15 - 0,25%  
2) Normalt leveransvärde ca 0,40

### Hållfasthet

		S355J2H
Stålsort		S355J2H
Sträckgräns R <sub>eH</sub> min	T ≤ 16	355 N/mm <sup>2</sup>
Brottgräns R <sub>m</sub> min	T < 3	510-680 N/mm <sup>2</sup>
	3 ≤ T ≤ 16	490-630 N/mm <sup>2</sup>
Förlängning A <sub>5</sub> min		20%
Slagsaghet vid -20°C		min 27 Joule <sup>1)</sup>

1) På särskild begäran levereras slagsaghet min 34 Joule vid -40°C.

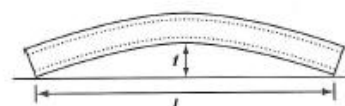


Fig 1

### Toleranser

Egenskap	Tolerans
Yttermått (b, h) b, h < 100 100 ≤ b, h ≤ 200	±1% med minst ±0,5 mm ±0,8% ±0,6%
Tjocklek (T) <sup>2)</sup>	T ≤ 5 mm: ±10% T > 5 mm: ±0,50 mm
Konkavitet / konvexitet <sup>1)</sup> (t <sub>v</sub> , t <sub>k</sub> ) Fig 2	Max 0,8% av sida med minst 0,5 mm
Sidans rätvinklighet (v) Fig 3	90° ±1°
Yttre kantradie (R) Fig 5	Se nedan!
Vridning (W) Fig 4	2 mm + 0,5 mm/m längd
Rakhet (f) Fig 1	0,15% av hel längd
Vikt (g)	±6% på individuell längd
Längdtolerans: Fabrikationslängd	+0/+50 mm
Fixlängd	Efter överenskommelse vid order

1) Toleransen på konvexitet och konkavitet är oberoende av toleransen på yttermått.  
2) På särskild begäran levereras tolerans -5% + 10% med min ±0,2 mm och max ±0,5 mm.

Fig 2



Fig 3

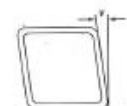
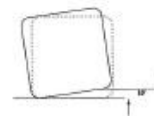


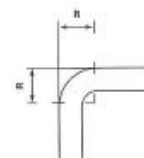
Fig 4



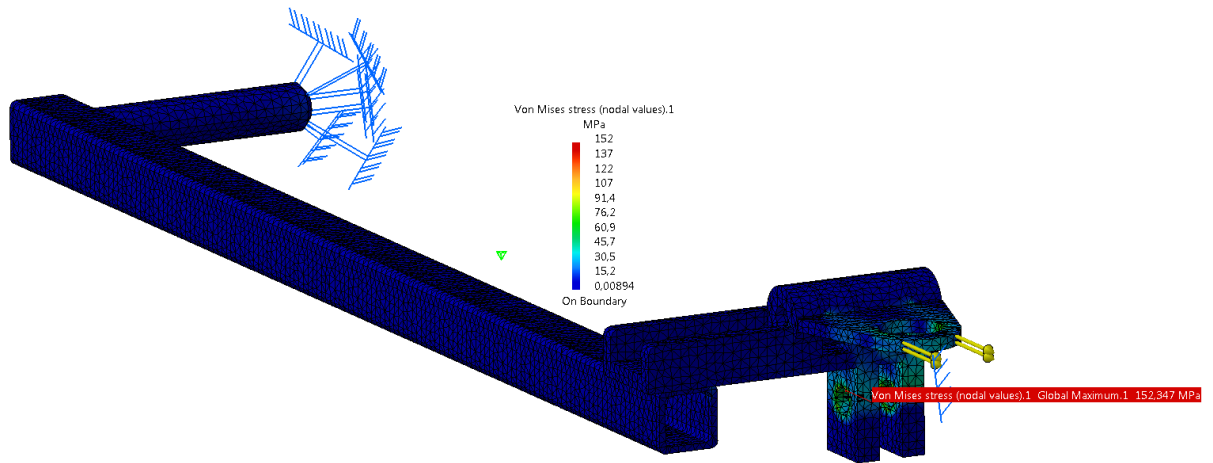
### Yttre kantradie fig 5

Godstjocklek	Yttre kantradie
T ≤ 6	1,6T till 2,4T
6 < T ≤ 10	2,0T till 3,0T
10 < T	2,4T till 3,6T

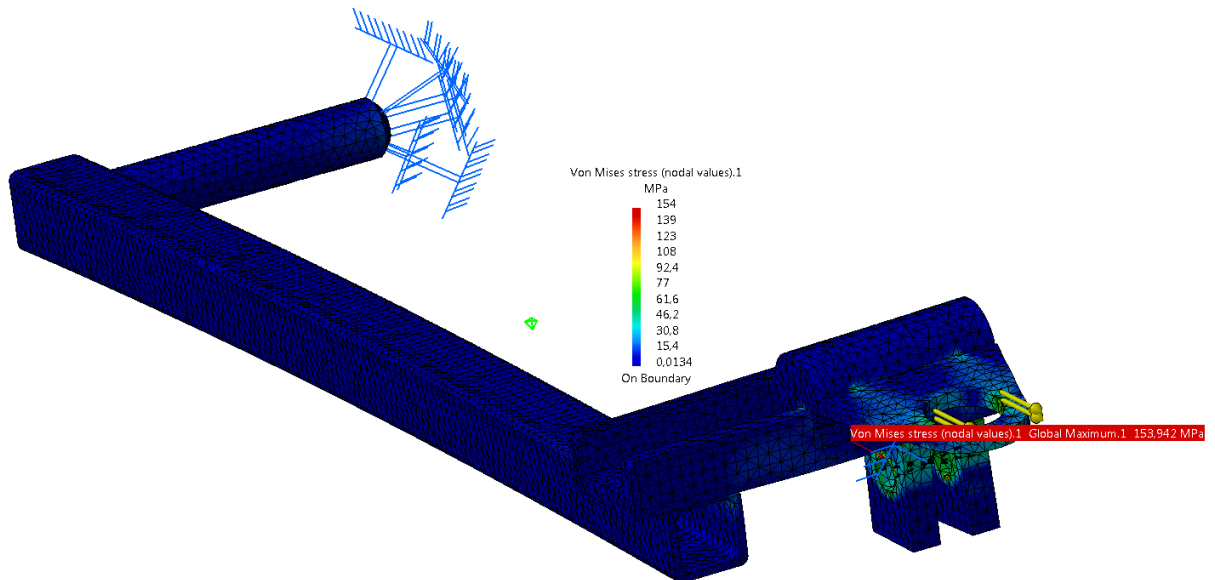
Fig 5



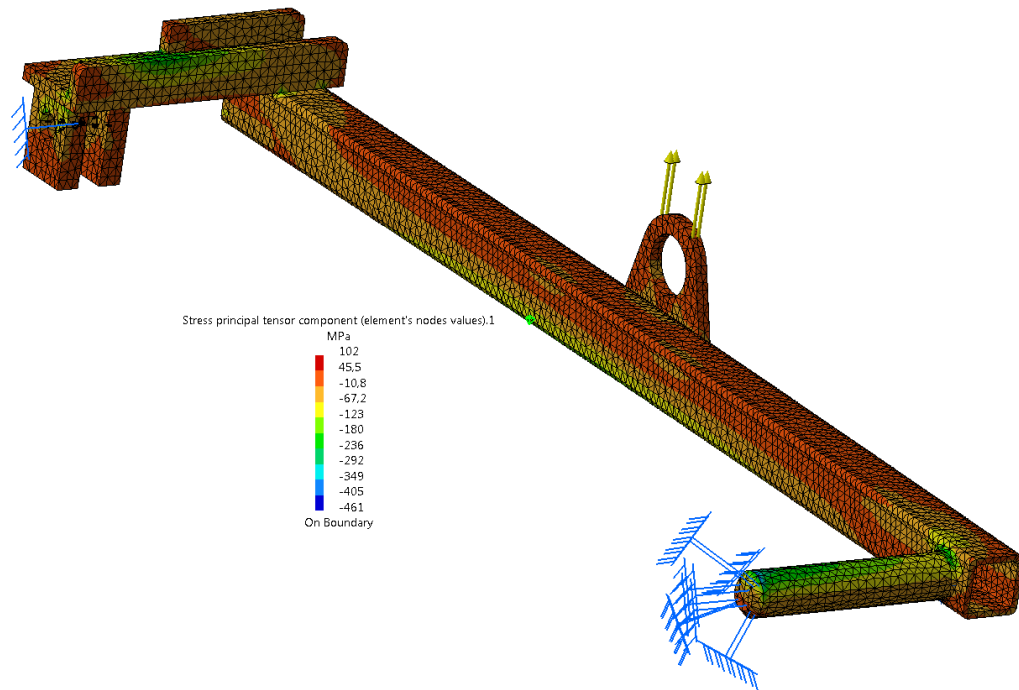
## 12. Analys av fixtur



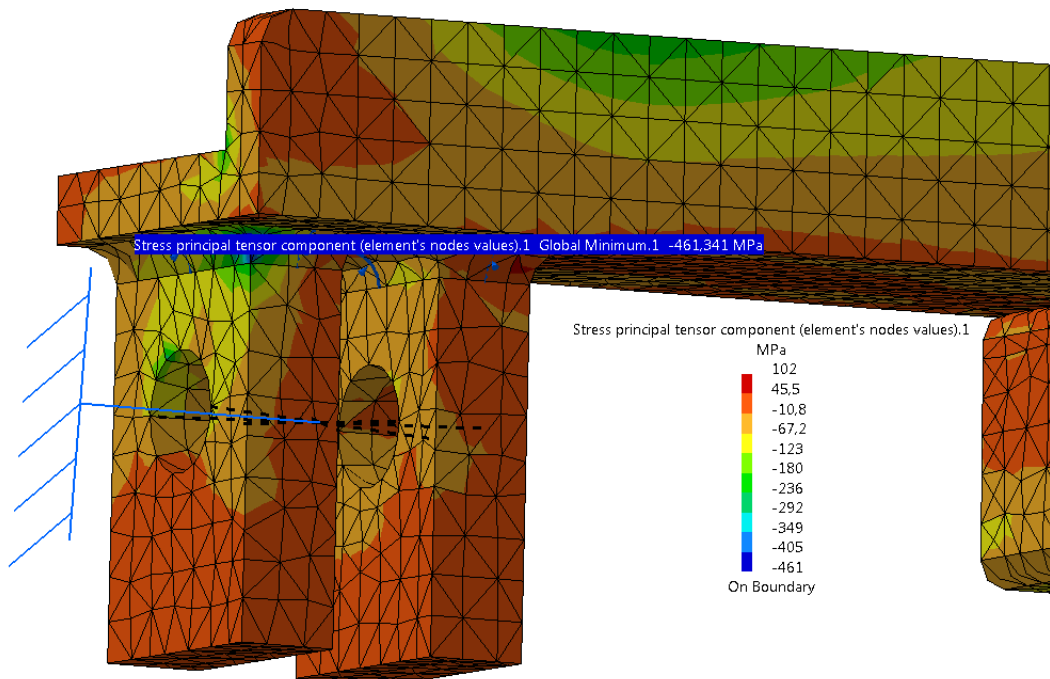
Figur 15: Von Mises Spänningar, stor fixtur



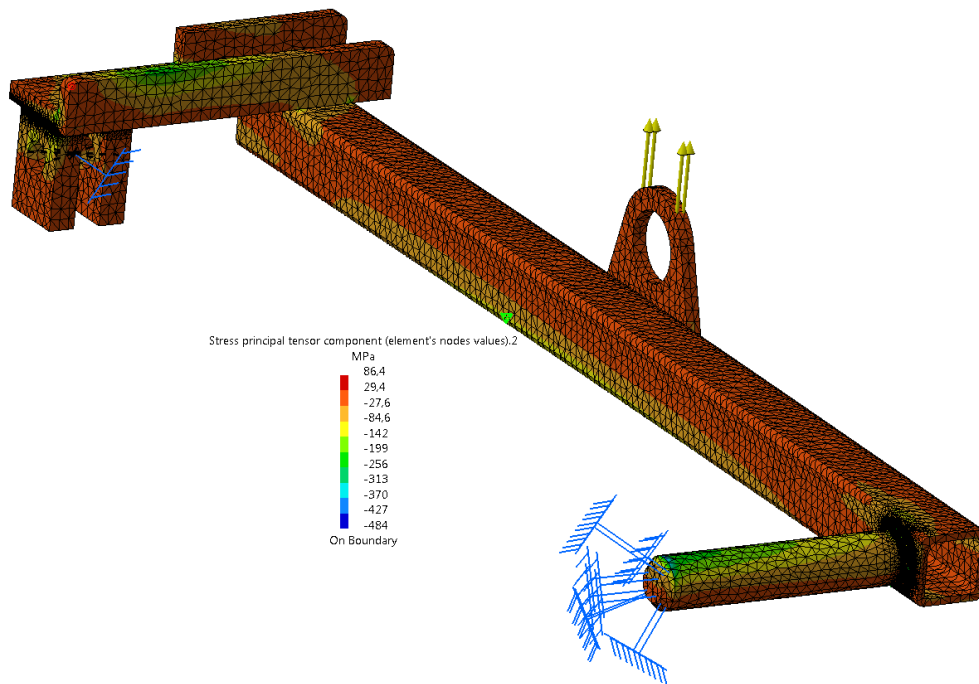
Figur 16: Von Mises Spänningar, liten fixtur



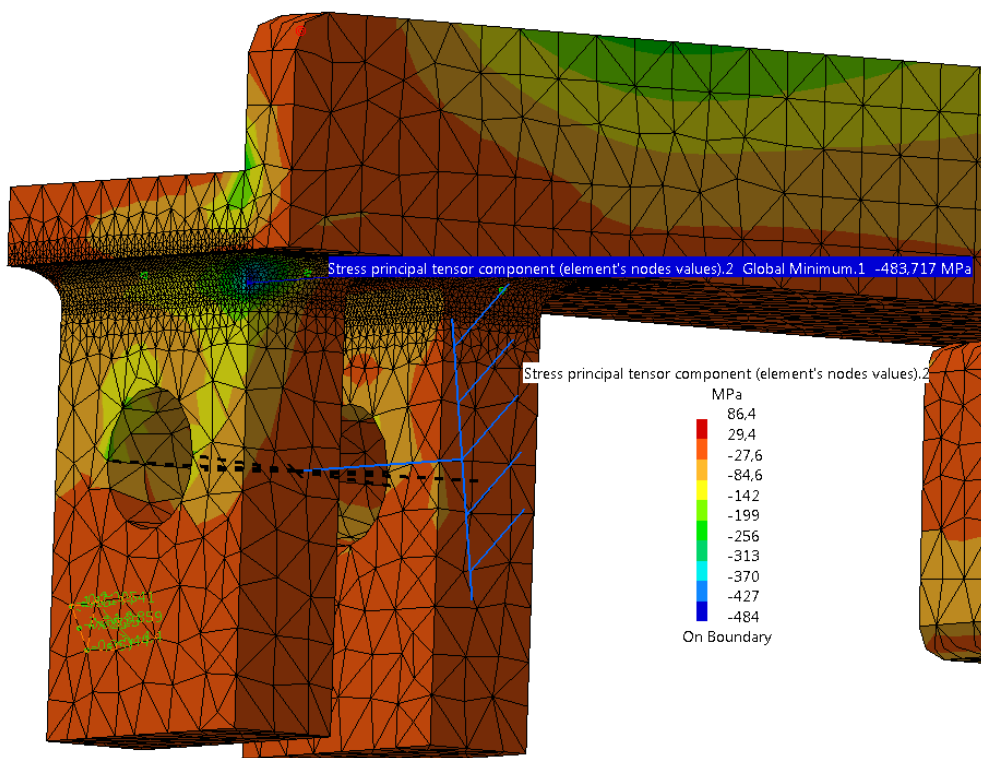
Figur 17: Spänningar i y-led, stor fixtur



Figur 18: Spänningar i y-led, stor fixtur

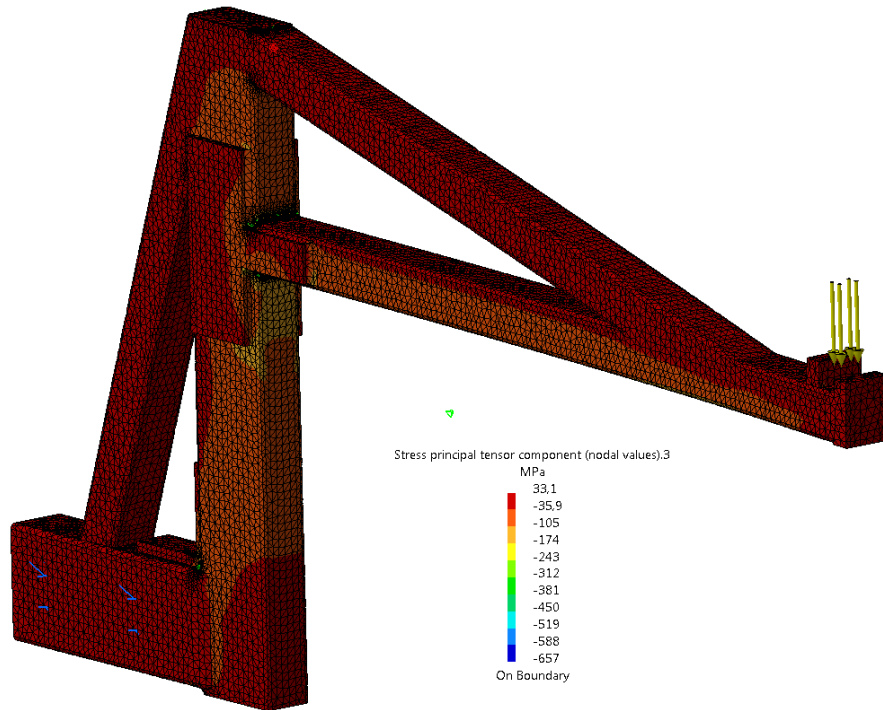


Figur 19: Spänningar i y-led, liten fixtur

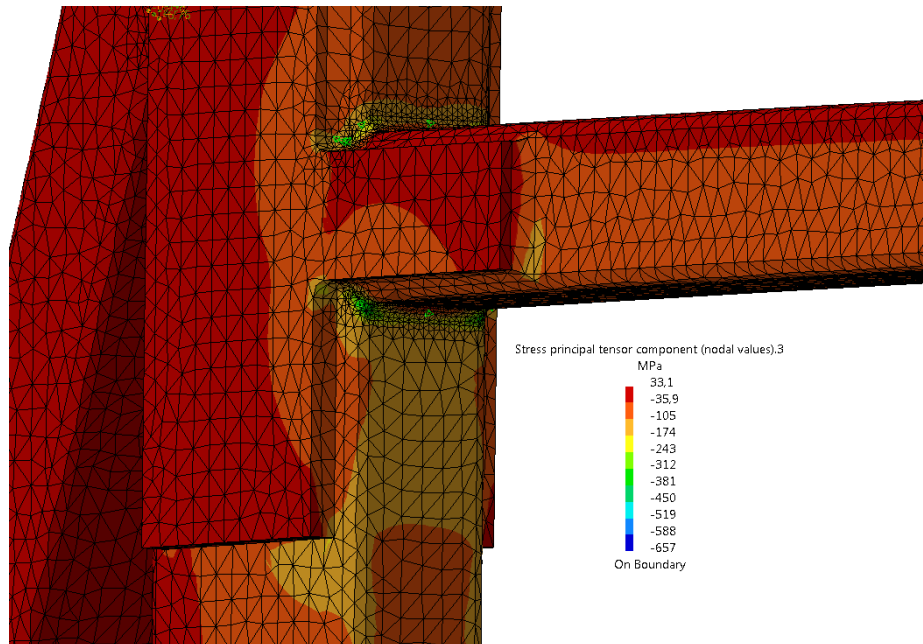


Figur 20: Spänningar i y-led, liten fixtur

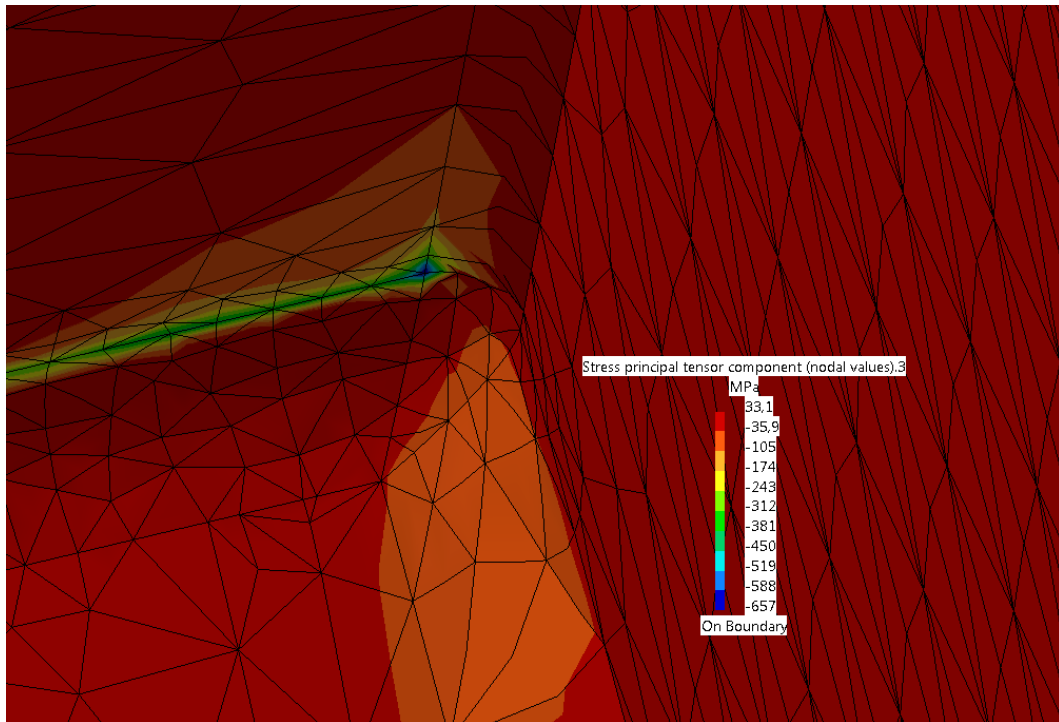
### 13. Analys av lyftverktyg



Figur 21: Spänningar i y-led, lyftverktyg



Figur 22: Spänningar i y-led, lyftverktyg



*Figur 23: Spänningar i y-led, lyftverktyg*

## 14. Risklista och analys

Följande riskanalys är framtagen av Nitator AB.

### Genomförande av riskanalys

- Samla projektgruppen och genomför analysarbetet systematiskt.
- Ta fram ytterligare idéer om riskällor genom brainstorming.
- Bedöm sannolikhet och konsekvens för varje risk källa och beräkna risktalet RPN (= sannolikhet x konsekvens)
- Om risktalet är så högt att det ej kan accepteras, utses åtgärdsansvarig och åtgärdsstid.
- Eventuella åtgärder noteras.
- Då problemet är åtgärdat görs en ny bedömning av risktalet. Är risktalet fortfarande inte acceptabelt måste ytterligare åtgärder göras.

Sannolikhet för att risk utlöses. (Hur ofta?)

Bedömningsstal	Sannolikhet (S)	Bedömningskriterier
1	Aldrig	Omöjligt
2	En gång på 10 år	Osannolik
3	En gång per år	Avlägsen
4	En gång per månad	Ibland
5	Varje dag	Ofta

Konsekvensen av händelsen (Vad blir konsekvensen för den person som blir skadad?)

Bedömningsstal	Konsekvens
1	Försumbar
2	Marginell
3	Kritisk
4	Katastrofal

Risiktabell (Risktal = sannolikhet x konsekvens)

Risiktal (RPN)	Risk
1-2	Försumbar risk
3-6	Acceptabel risk
8-9	Förhöjd risk, som måste åtgärdas skyndsamt.
10-12	Hög risk, som kräver direkt åtgärd
> 14	Oacceptabel risk och bortom det tillåtna, kräver direkt åtgärd

Risker skall enligt föreskriften (direktivet) i nämnd ordning:

- Konstrueras bort
- Reduceras med skyddsåtgärder
- Varnas för

		Potentiell risk(I/N)		RISKANALYS					
Nr	Riskkälla	Orsak	Effekt	Sannolikhet (S)	Konsekvens (K)	Risktal (=SxK)	Åtgärd	Ansvarig	Datum
1	Risk för krossning	J	J	3	3	9	Intern utbildning på kran.	ANBA	
1	Risk för krossning	J	Oaktsam körning	3	1	3	OK		
2	Risk för klippning	N	Materialskada			0	OK		
3	Risk för akning eller avättning	N				0	OK		
4	Risk för menigning	N				0	OK		
5	Risk för klämning	J	Ej uppmärksam	3	3	9	Bygga om racks	ME/IA	
6	Risk för stöt / ålag	J	Se nr 1.			0	OK		
7	Risk för genomborring eller ströckning	N	Oaktsam körning			0	OK		
8	Risk för friktion eller avskavning	J	Oaktsam körning	3	2	6	OK		
9	Skadeförhållande (hos maskin eller maskindelar)	J	Ovan travverstörare	3	3	9	Intern utbildning på kran.	ANBA	
10	Halk-, snubbel- och fallrisker	J	Oreda runt arbetsområde	3	3	9	Kontrollinstruktion vid ställ	PBB	
11	Ohälsosamma arbetssätt eller stora belastningar	N				0	OK		
12	Ottillräckligt beaktande av anatomi	J	Sträcker armar ovanför huvud	2	1	2	OK		
13	Åsidosittande av användning av personlig skyddsutrustning	N				0	OK		
14	Ottillräcklig placering av stress etc.	N				0	OK		
15	Menligt över- eller underbelastning.	N				0	OK		
16	Mänskliga felhandlingar	J	Oaktsam användning	3	3	9	Användarinstruktion	Student	
17	Monteringsfel	J	Lyfter i fel krok	3	4	12	Plugga ögla	Stud/IA	
17	Monteringsfel	J	Glömmer sprint	4	1	4	OK		
17	Monteringsfel	J	Glömmer sprint, samt lyfter i fel krok	2	4	8	Plugga ögla	Stud/IA	
18	Klämnisk i lyftögla	J	Stoppa i finger i lyftögla	3	2	6	Skyt med klämris	IA	
19	Upphängningskrok kan glida igenom	J	Lyftögla är för stor	3	3	9	Omkonstruktion	Student	
20	Ögla för krokar kan kvävas fast i hålen i Fenderbox	J	Ej kontrollerat att ögla är i övre läge	5	4	20	Beräkna hållfästhet	Student	
21									
22									

## 15. Användarinstruktioner

### Användarinstruktioner för fixtur och lyftverktyg till box

Det är viktigt att fixturen och lyftverktyget endast används vad de är avsedda för. Vid upp och nedhängning av box ska kommunikation mellan operatörer upprätthållas för att förhindra oväntade förflyttningar av box då det finns risk för klämskador.

1. Området där lyftet sker ska vara fritt från objekt som kan vara i vägen.
2. Lyftverktyget ska fästas i traversen och måste säkras med sprinten som finns.
3. Rätt fixtur ska användas till rätt box. Den kortare fixturen ska endast användas till den lilla boxen och den längre fixturen till de två större boxarna.
4. Fixturen ska fästas på boxen och måste säkras med sprint enligt bild.
5. Lyftverktygets krok ska fästas i den ledade lyftöglan enligt bild.
6. Upphängningskrokarna är markerade med V (Vänster) och H (Höger). Vänster är den bakre och höger är den främre i färdriktningen.

Sekretess

#### **Varning:**

Klämrisk mellan rack och box i samband med lyft från och till pall.

Klämrisk vid infästning mellan lyftverktyg och fixtur

Sätts upphängningskrokarna fel kommer målerilinan att stanna

## 16. Bilder på slutligt lösningförslag



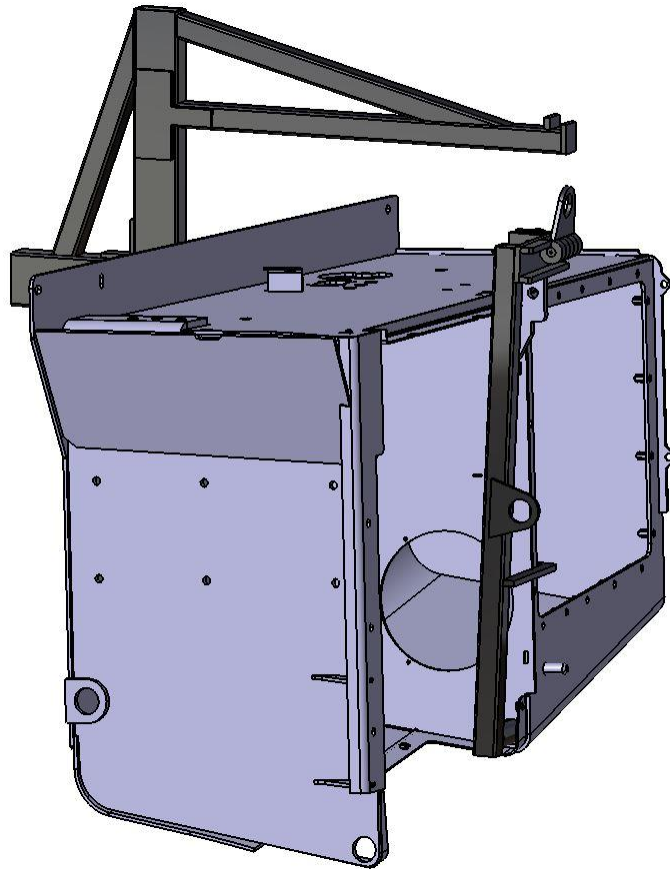
*Figur 24: Fixtur*



*Figur 25: Lyftverktyg*

**Sekretess**

*Figur 26: Korkar*



*Figur 27: Sammansättning av lösningsförslag*

## 17. Handberäkningar

För att få fram böjspänningen i lyftarmen användes formlerna:

$$W_b = \text{Böjmotstånd (mm}^3\text{)}$$

$$M_b = \text{Böjmoment (Nmm)}$$

$$\sigma = \text{Spänning (MPa)}$$

$$F = \text{Kraft (N)}$$

$$L = \text{Längd (mm)}$$

Böjspänningen= böjmomentet / böjmotståndet

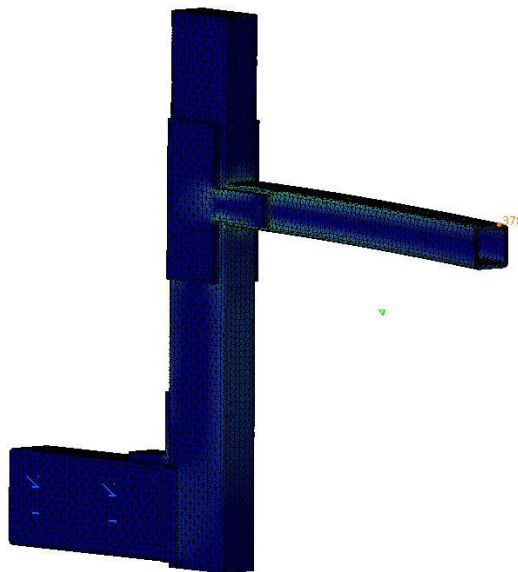
$$\sigma = \frac{M_b}{W_b} \quad (17)$$

$$W_b = \frac{I_b}{z} = \frac{\frac{B_1H_1^3}{12} - \frac{B_2H_2^3}{12}}{\frac{z}{2}} =$$

$$= \frac{\frac{40 \times 40^3}{12} - \frac{32 \times 32^3}{12}}{\frac{20}{2}} = \frac{125952}{10} = 12595,2 \text{mm}^3 \quad (18)$$

$$M_b = F \times L = 6900 \times 700 = 4830000 \text{Nmm} \quad (19)$$

$$\sigma = \frac{M_b}{W_b} = \frac{4830000}{12595,2} \approx 383,5 \text{N/mm}^2 \quad (20)$$



Figur 28: Spänningar på förenklat lyftverktyg

För att få fram böjspänningen i fixturen användes formlerna:

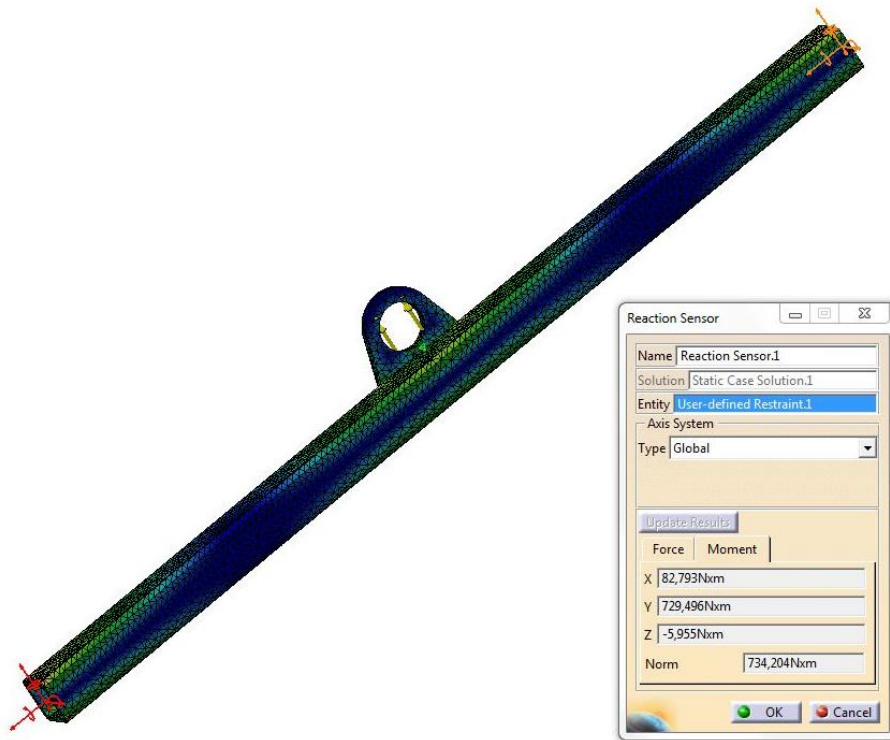
$$\text{Böjspänningen} = \frac{\text{Böjmomentet}}{\text{Böjmotståndet}}$$

$$\sigma = \frac{M_b}{W_b} \quad (21)$$

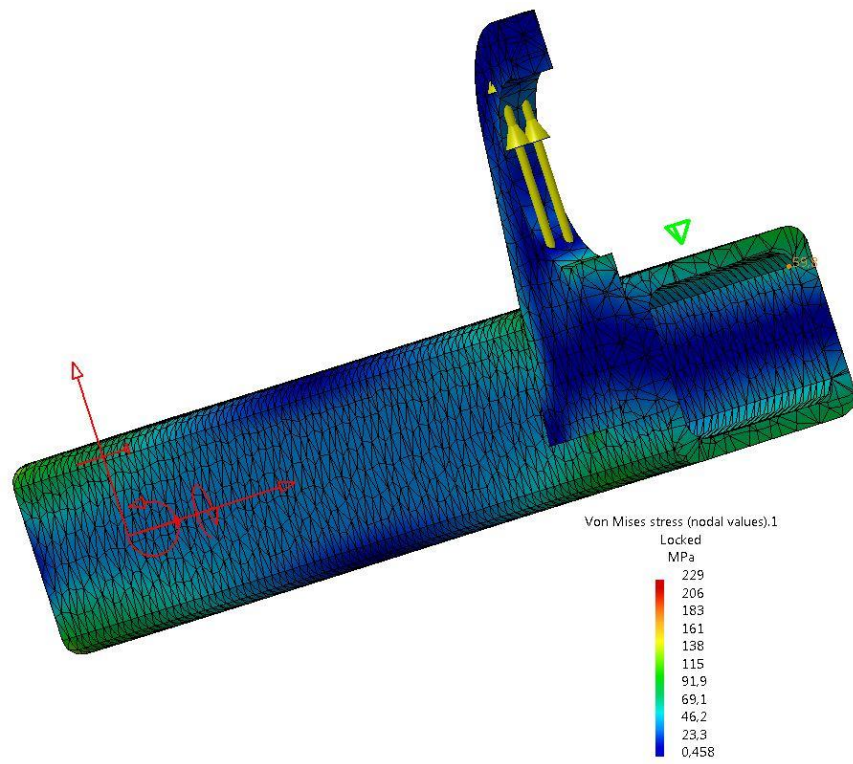
$$\begin{aligned} W_b &= \frac{I_b}{z} = \frac{\frac{B1H1^3}{12} - \frac{B2H2^3}{12}}{\frac{z}{2}} = \\ &= \frac{\frac{40 \times 40^3}{12} - \frac{32 \times 32^3}{12}}{\frac{20}{2}} = \frac{125952}{10} = 12595,2 \text{mm}^3 \end{aligned} \quad (22)$$

$$\begin{aligned} M &= PL\alpha\beta^2 = \\ &= 6900 \times 860 \times 0,5 \times 0,5^2 = 741750 \text{Nmm} \end{aligned} \quad (23)$$

$$\sigma = \frac{741750}{12595,2} \approx 59 \text{N/mm}^2 \quad (24)$$



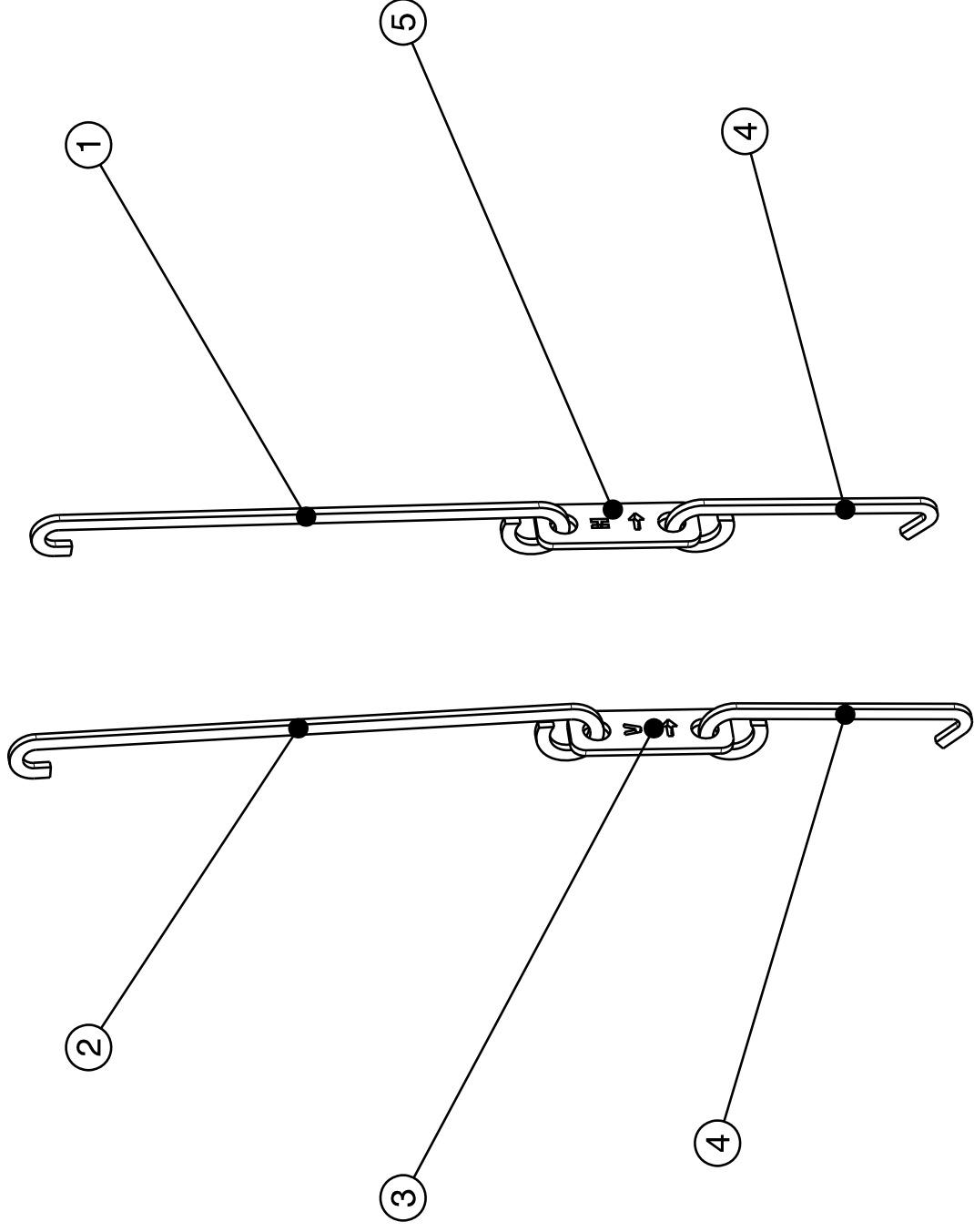
Figur 29: Moment i yttekant på fixtur



Figur 30: Spänningen i fixtur

## 18. Ritningar

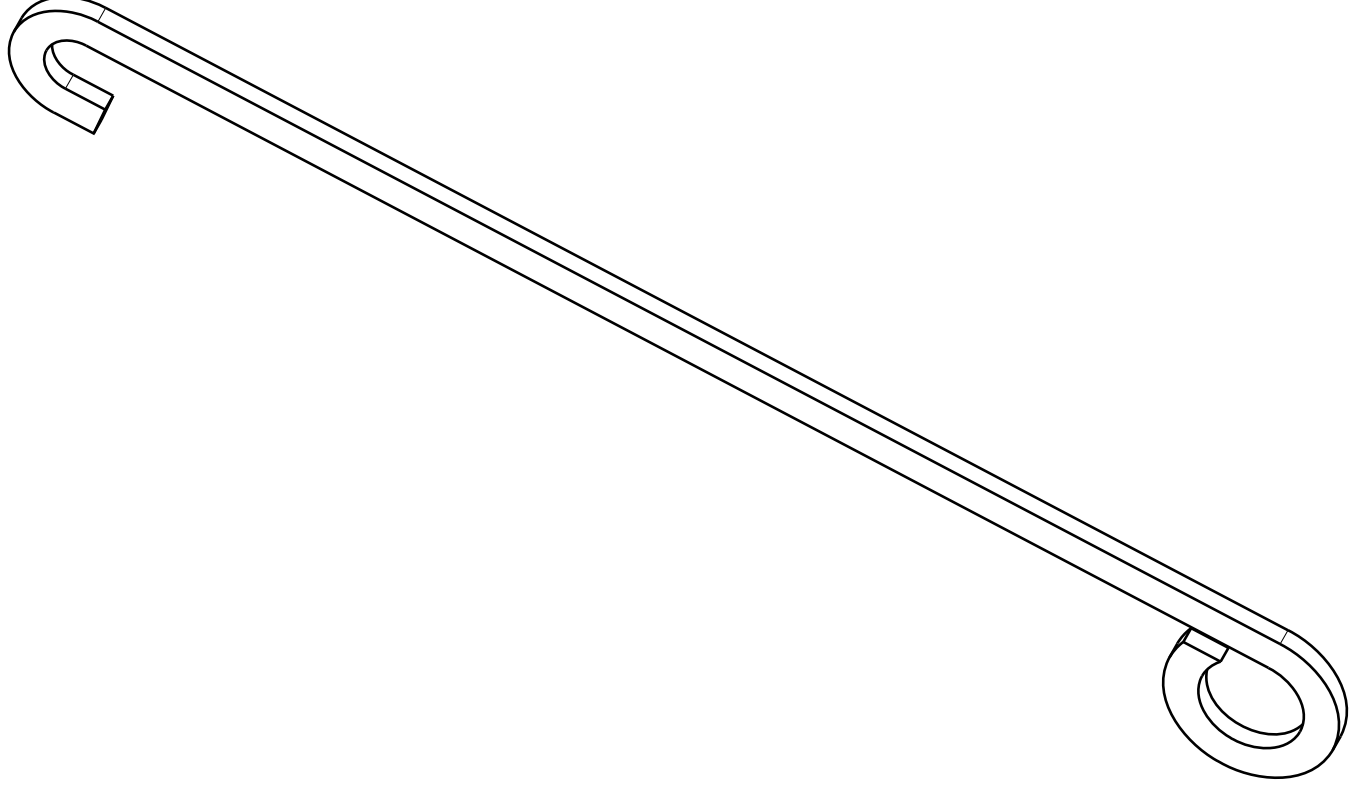
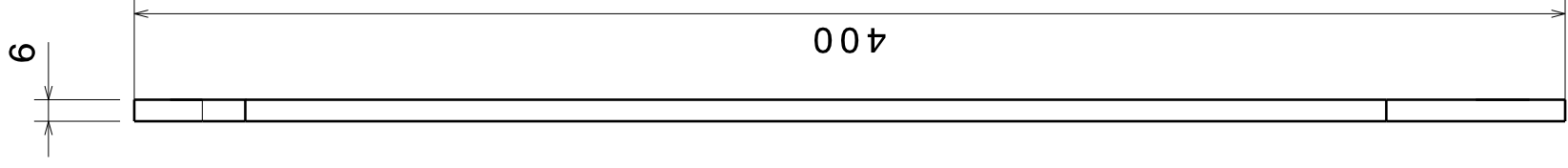
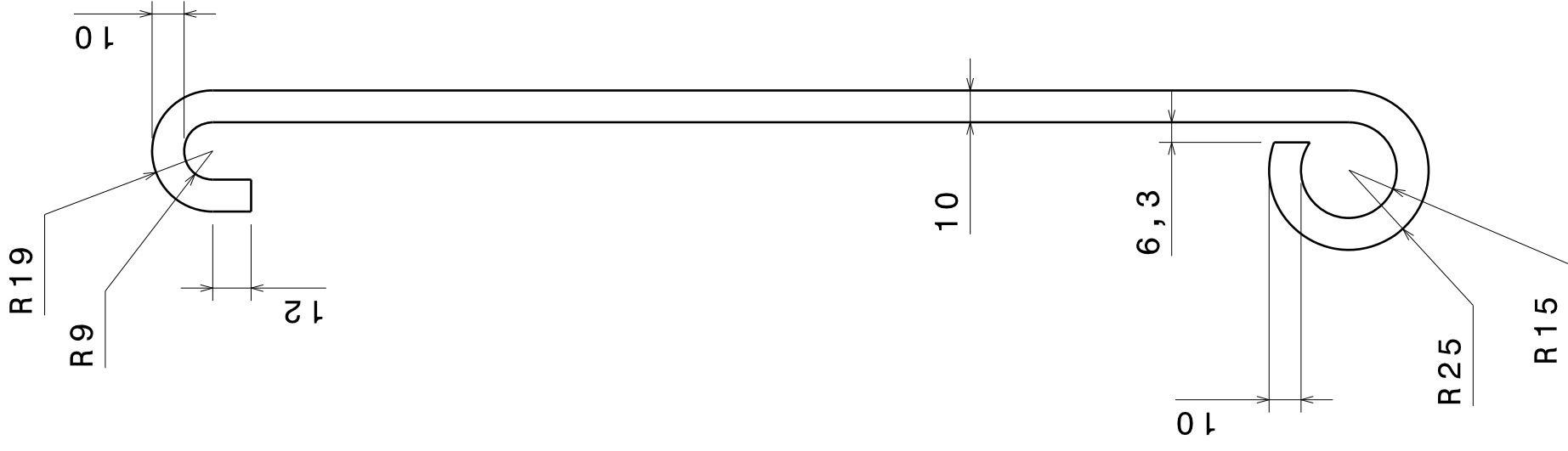
1. Sammanställning
  - 1.1. Detaljritning höger lång krok
  - 1.2. Detaljritning vänster lång krok
  - 1.3. Detaljritning vänster ram
  - 1.4. Detaljritning vänster och höger kort krok
  - 1.5. Detaljritning höger ram
2. Sammanställning lång fixtur
  - 2.1. Positionering fixtur
  - 2.2. Detaljritning infästningsarm
  - 2.3. Detaljritning låsningsarm
  - 2.4. Detaljritning lyftögla
  - 2.5. Detaljritning lång förstärkning
  - 2.6. Detaljritning kort förstärkning
  - 2.7. Detaljritning ring
  - 2.8. Detaljritning sprint pinne
  - 2.9. Detaljritning infästning
  - 2.10. Detaljritning sprint handtag
  - 2.11. Detaljritning led
3. Sammanställning lyftverktyg
  - 3.1. Positionering av lyftverktyg
  - 3.2. Detaljritning T-förstärkning
4. Sammanställning kort fixtur
  - 4.1. Positionering fixtur



Nr	Antal	Beskrivning	Ritningsnummer
1	1	Höger lång krok	1.1
2	1	Vänster lång krok	1.2
3	1	Vänster ram	1.3
4	2	Vänster och höger kort krok	1.4
5	1	Höger ram	1.5

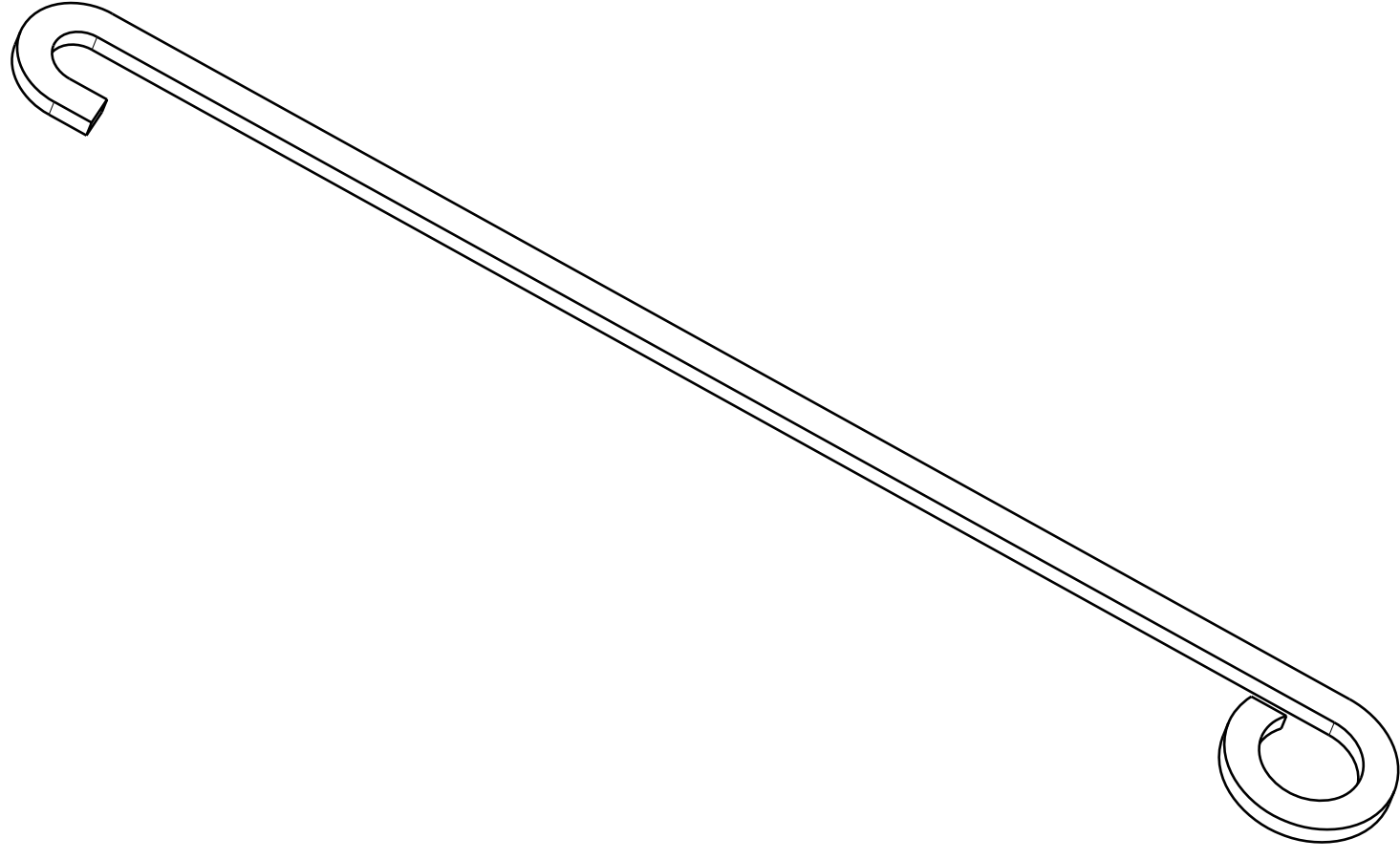
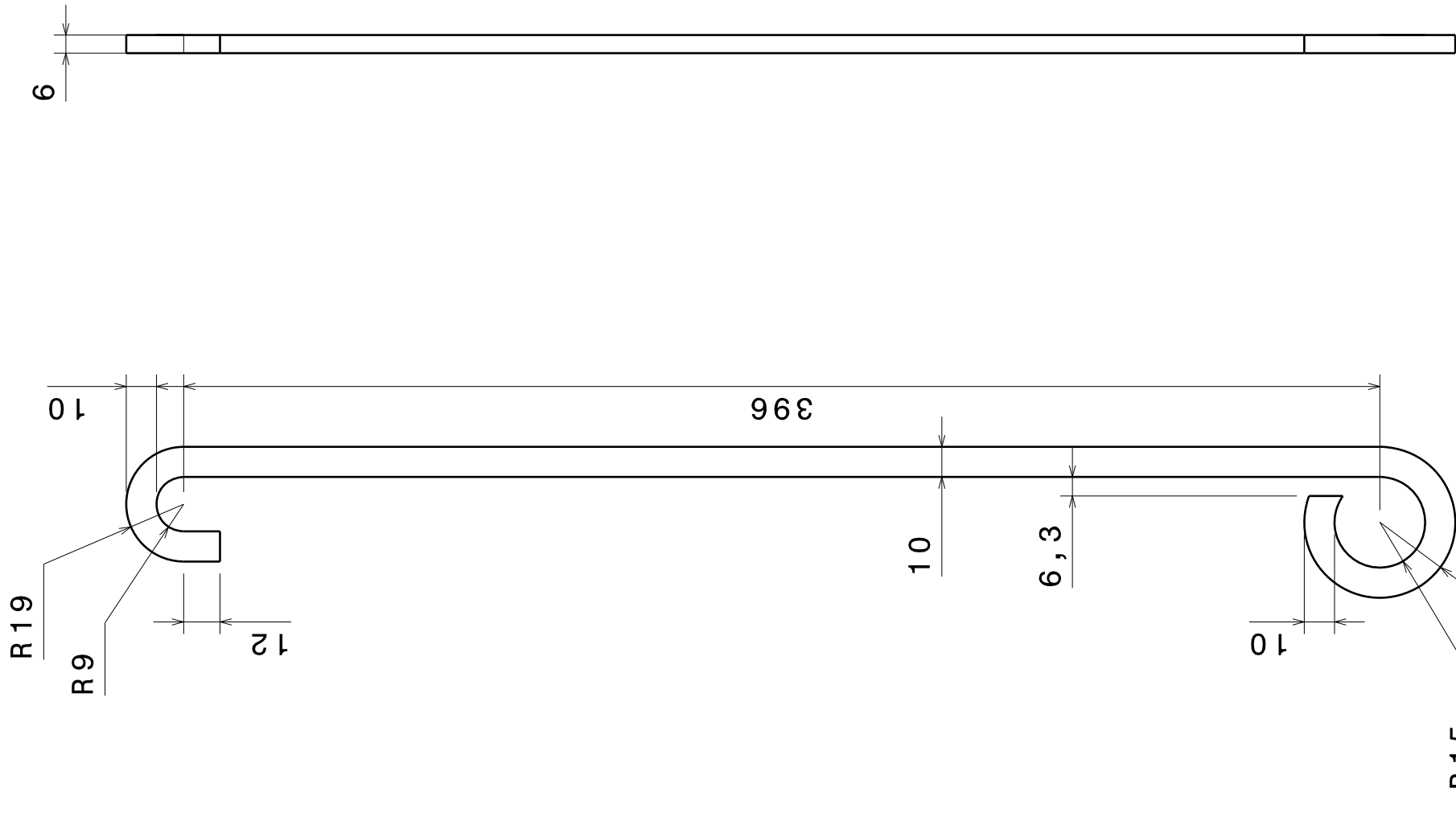
Detalj	Antal	Titel/Namn, material, dimension etc		Artikel Nr./Referens
Konstruerad av		Godkänd av	Reviderad - datum	Datum
<b>N.R, O.S</b>		<b>M.E</b>	<b>15/5-14</b>	<b>29/4-14</b>
Ägare	Titel/Namn		Skala	Vyplacering
<b>Nitator AB</b>	<b>Sammanställning upphängning</b>		<b>1:5</b>	
<b>Nedjada Ribic</b>	Ritningsnummer	Utgåva	Blad	
<b>Oscar Sjöström</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	

RevNr	Revision notering	Datum	Signatur	Kontrol.
-------	-------------------	-------	----------	----------



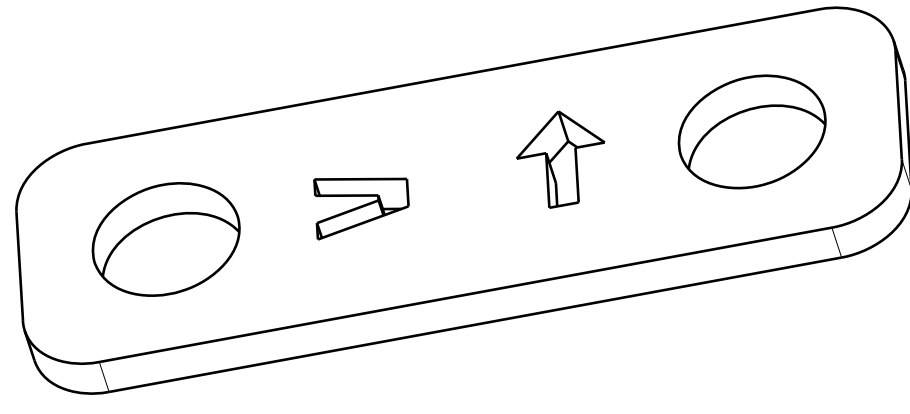
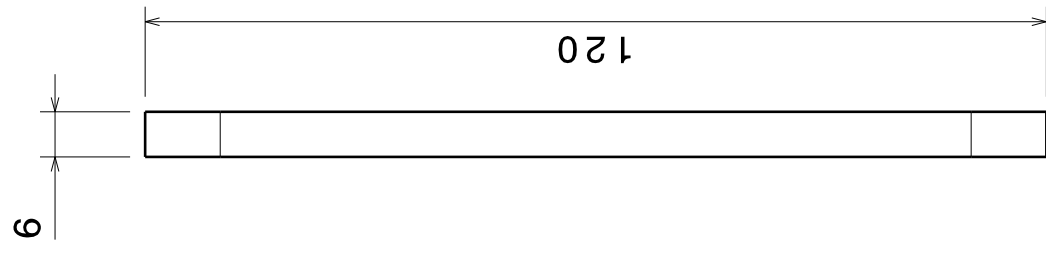
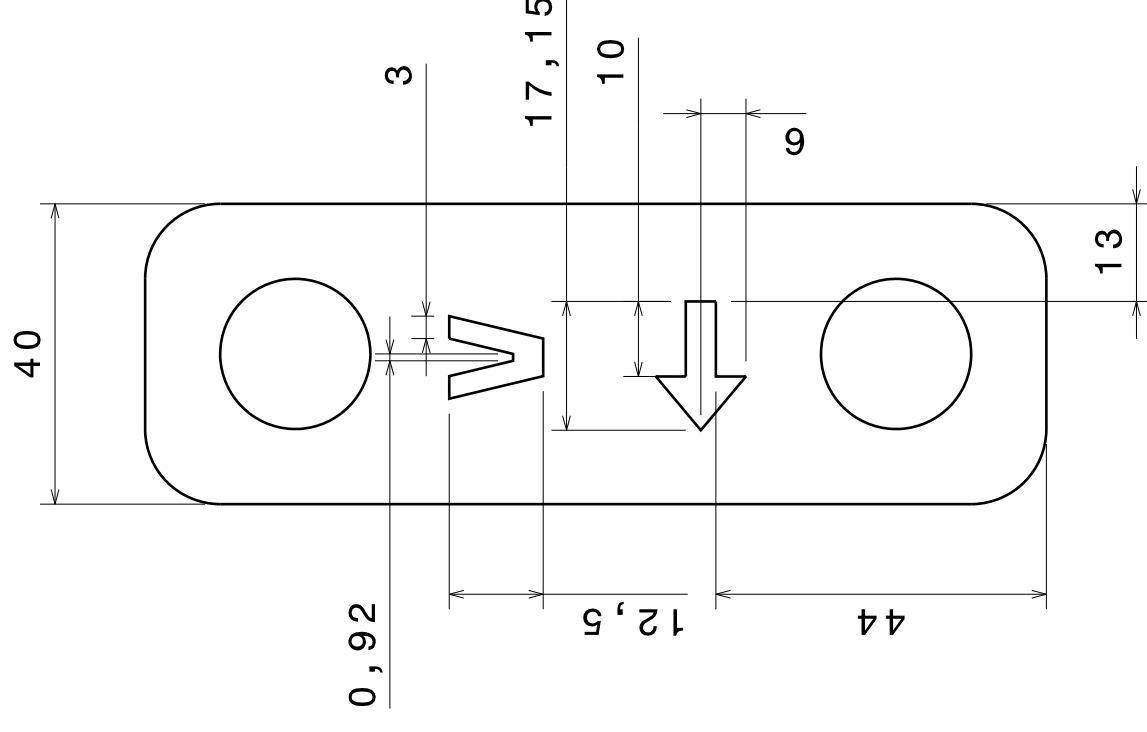
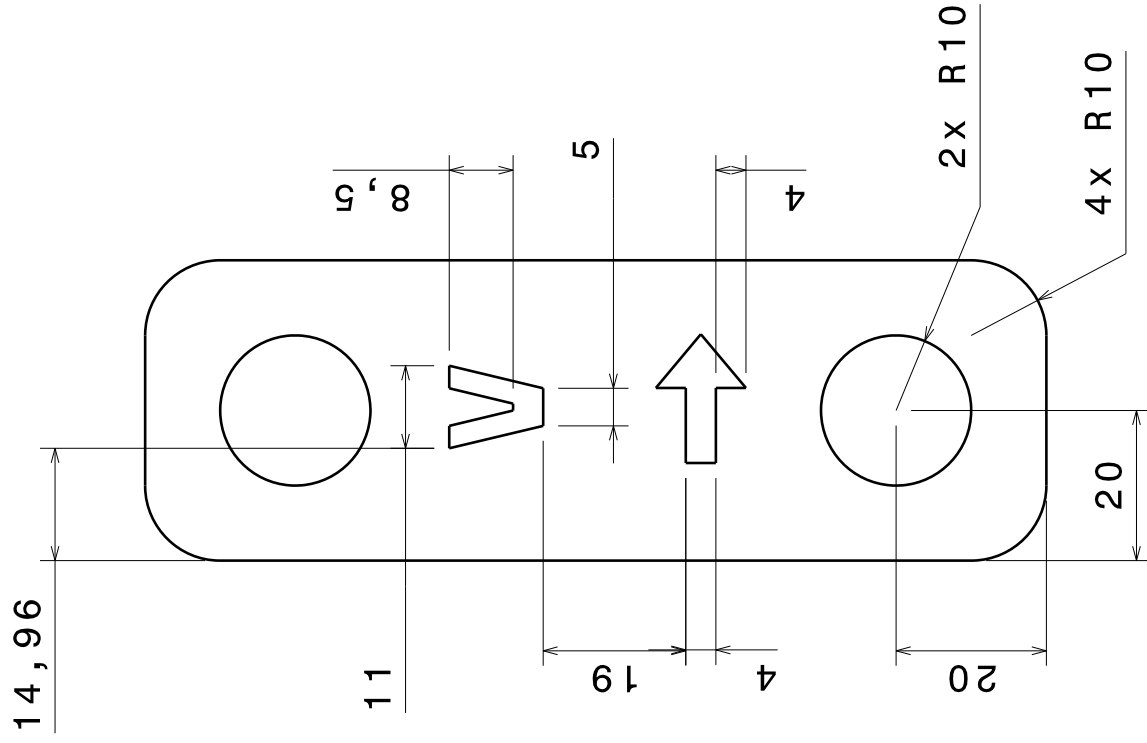
Detalj	Antal	Titel/Namn, material, dimension etc		Artikel Nr./Referens
Konstruerad av	1	Godkänd av	Reviderad - datum	Datum
N.R, O.S		M.E	15/5-14	30/4-14
Ägare	Titel/Namn		Ritningsnummer	Utgåva
Nitator AB	Höger lång krok		1.1	1
Nedjada Ribic				
Oscar Sjöström				
				Skala
				1:2
				Vyplacering
				Blad
				2

RevNr	Revision notering	Datum	Signatur	Kontrol.



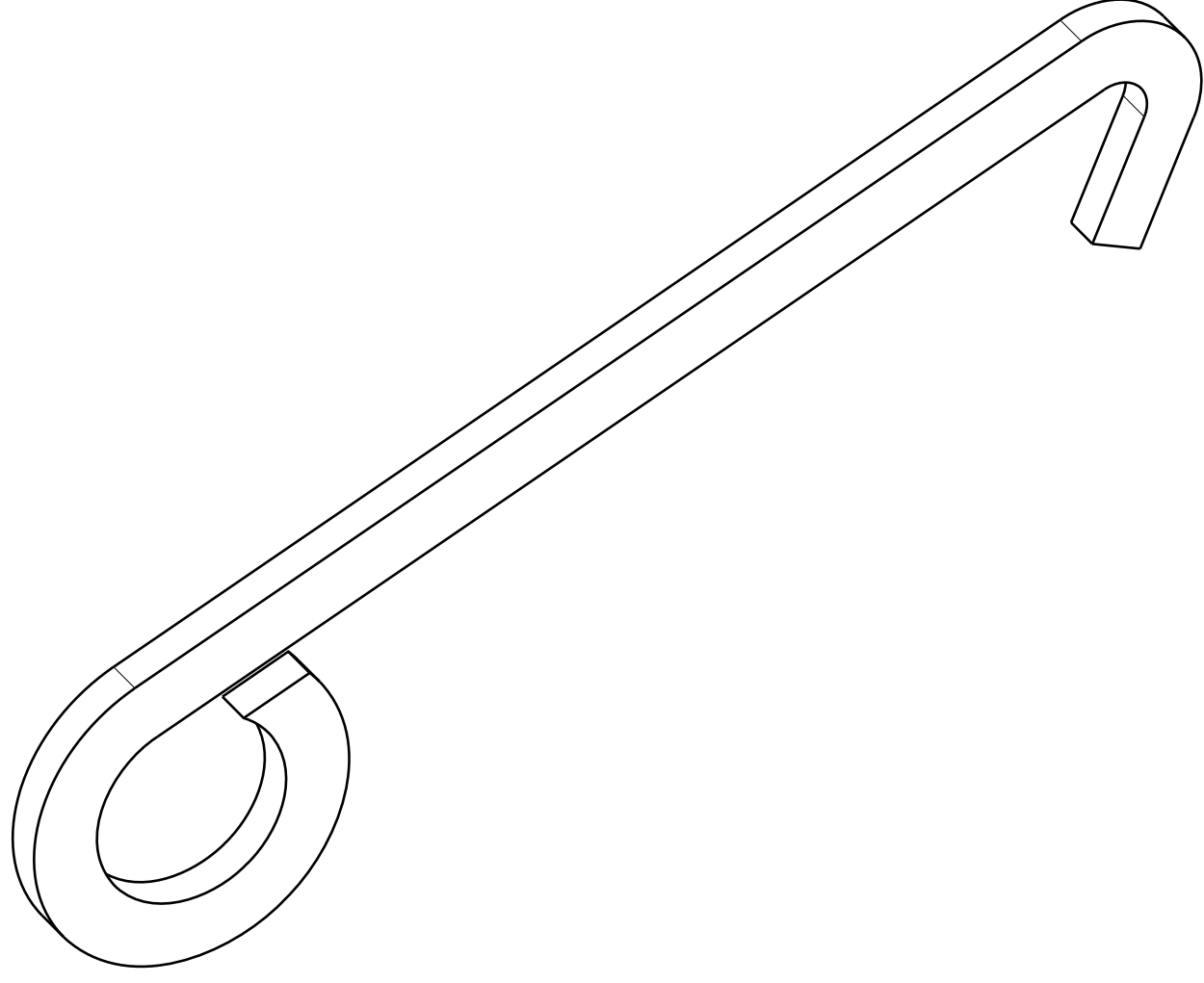
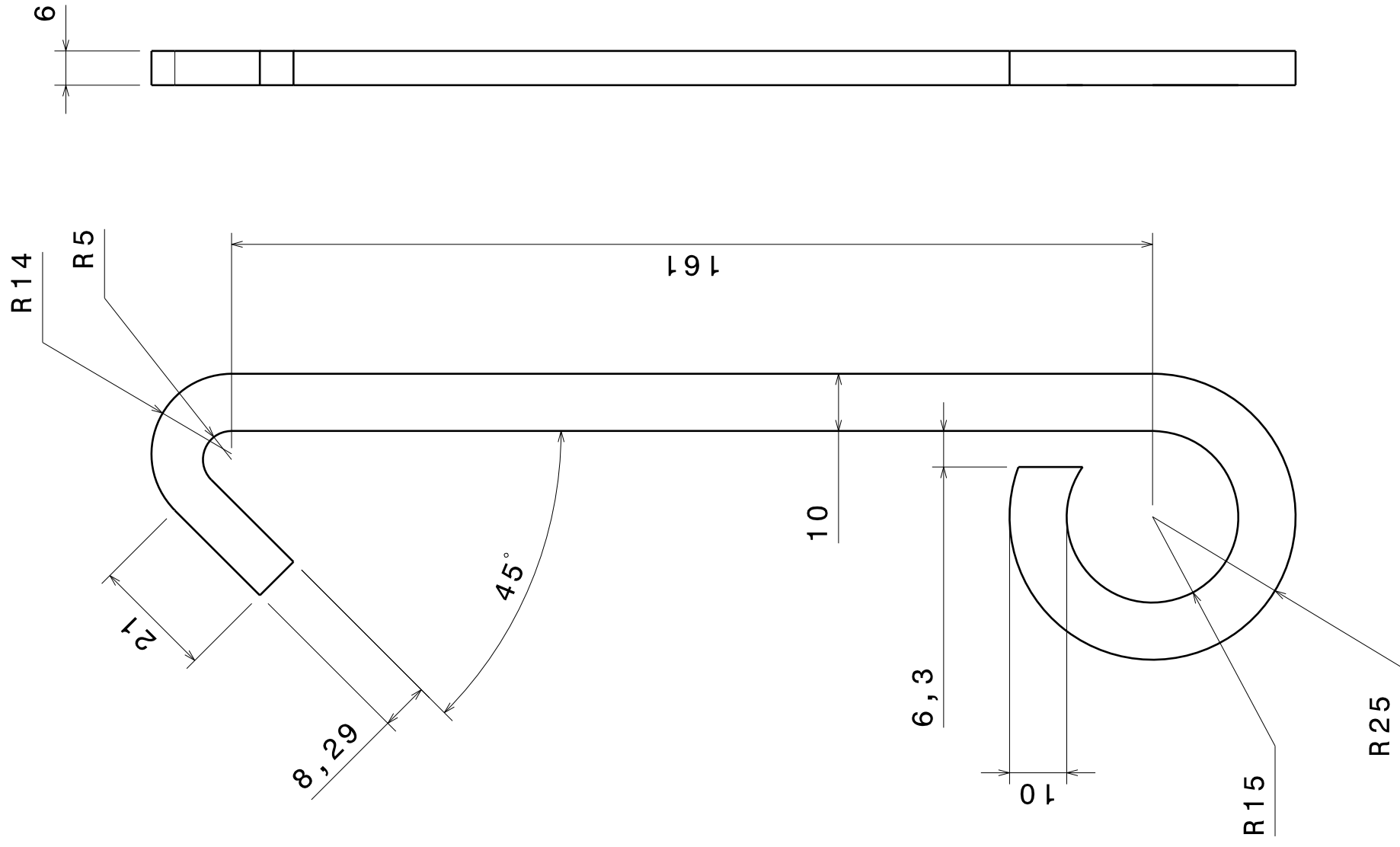
Detalj	Antal	Titel/Namn, material, dimension etc		Artikel Nr./Referens
Konstruerad av <b>N.R, O.S</b>	1	Godkänd av <b>M.E</b>	Reviderad - datum <b>15/5-14</b>	Filnamn <b>29/4-14</b>
Ägare <b>Nitator AB</b>	Titel/Namn <b>Vänster lång krok</b>		Datum <b>29/4-14</b>	Skala <b>1:2</b>
<b>Nedjada Ribic</b>	Ritningsnummer <b>1.2</b>		Utgåva <b>1</b>	Vyplacering 
<b>Oscar Sjöström</b>				Blad <b>3</b>


RevNr	Revision notering	Datum	Signatur	Kontroll.
-------	-------------------	-------	----------	-----------



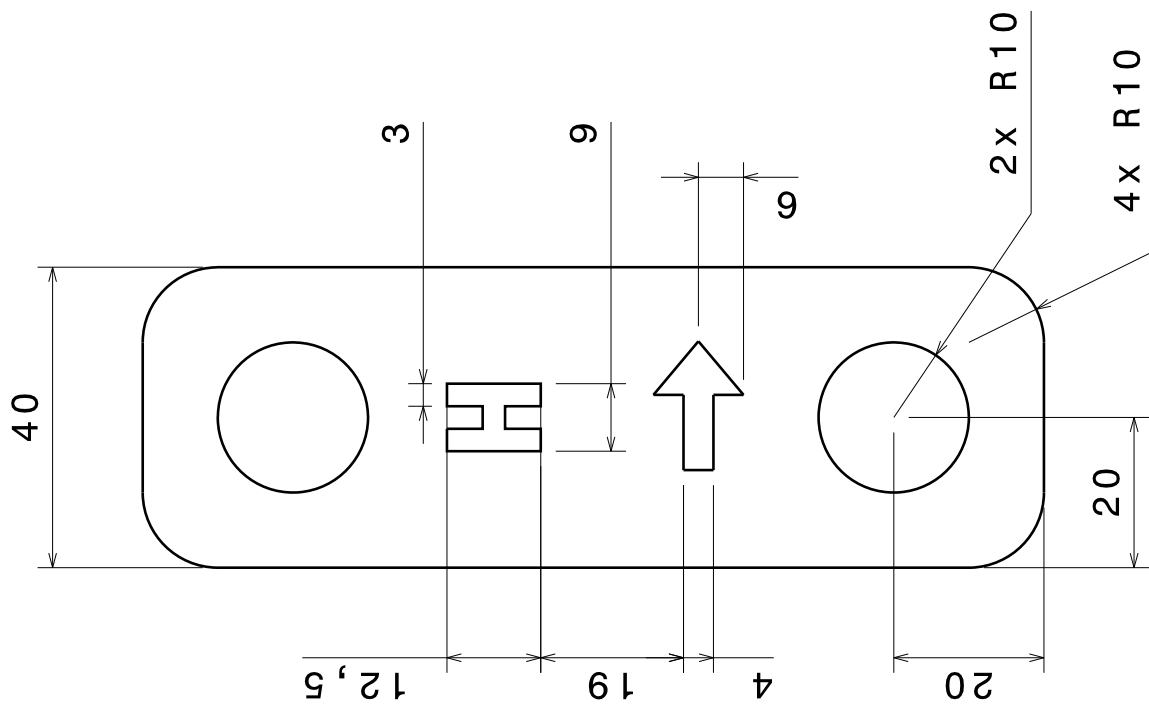
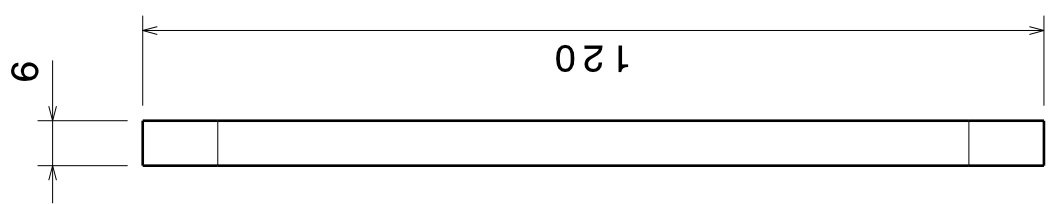
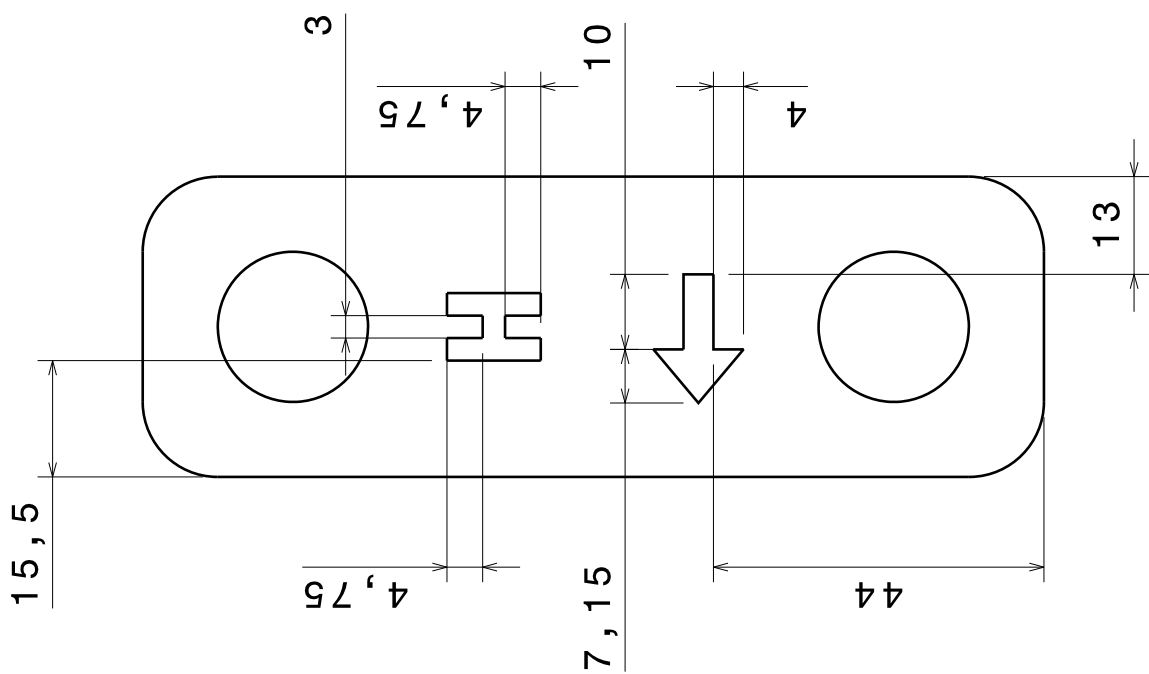
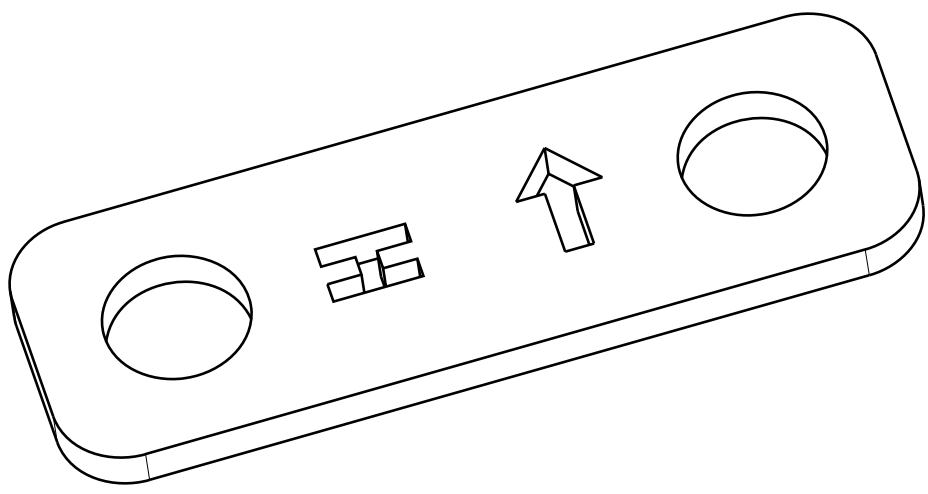
Detalj	Antal	Titel/Namn, material, dimension etc		Artikel Nr./Referens
Konstruerad av	N.R, O.S	Godkänd av	M.E	Reviderad - datum
Ägare	Nitator AB			15/5-14
	Nedjada Ribic			30/4-14
	Oscar Sjöström			
		Titel/Namn	Vänster ram	Skala
		Ritningsnummer	1.3	1:1
				Vyplacering
				Blad
				Utgåva
				1
				4

RevNr	Revision notering	Datum	Signatur	Kontroll.
-------	-------------------	-------	----------	-----------



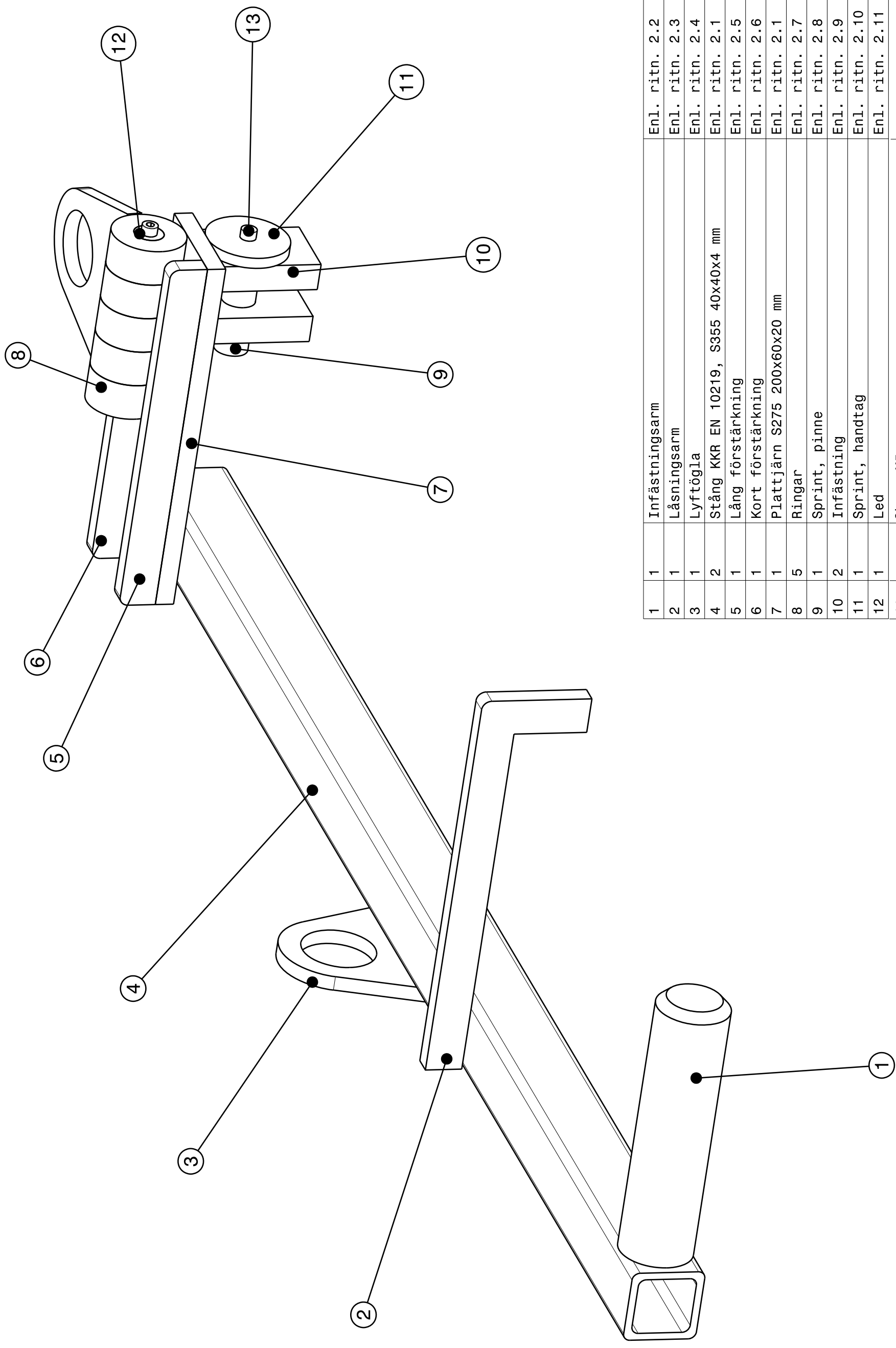
Detalj	Antal	Titel/Namn, material, dimension etc		Artikel Nr./Referens
Konstruerad av <b>N.R, O.S</b>		Godkänd av <b>M.E</b>	Reviderad - datum <b>15/5-14</b>	Filnamn <b>30/4-14</b>
Ägare <b>Nitator AB Nedjada Ribic Oscar Sjöström</b>			Titel/Namn <b>Vänster och höger kort krok</b>	Skala <b>1:1</b>
			Ritningsnummer <b>1.4</b>	Utgåva <b>1</b>
				Vyplacering 
				Blad <b>5</b>

RevNr	Revision notering	Datum	Signatur	Kontrol.



Detalj	Antal	Titel/Namn, material, dimension etc		Artikel Nr./Referens
Konstruerad av	N.R, O.S	Godkänd av	M.E	Datum
Reviderad - datum	15/5-14	Filnamn	Höger ram	Skala
Reviderad - datum	30/4-14	Titel/Namn	Höger ram	1:1
Ägare	Nitator AB	Ritningsnummer	1.5	Utgåva
	Nedjada Ribic			1
	Oscar Sjöström			Blad
				6

RevNr	Revision notering	Datum	Signatur	Kontroll.
-------	-------------------	-------	----------	-----------



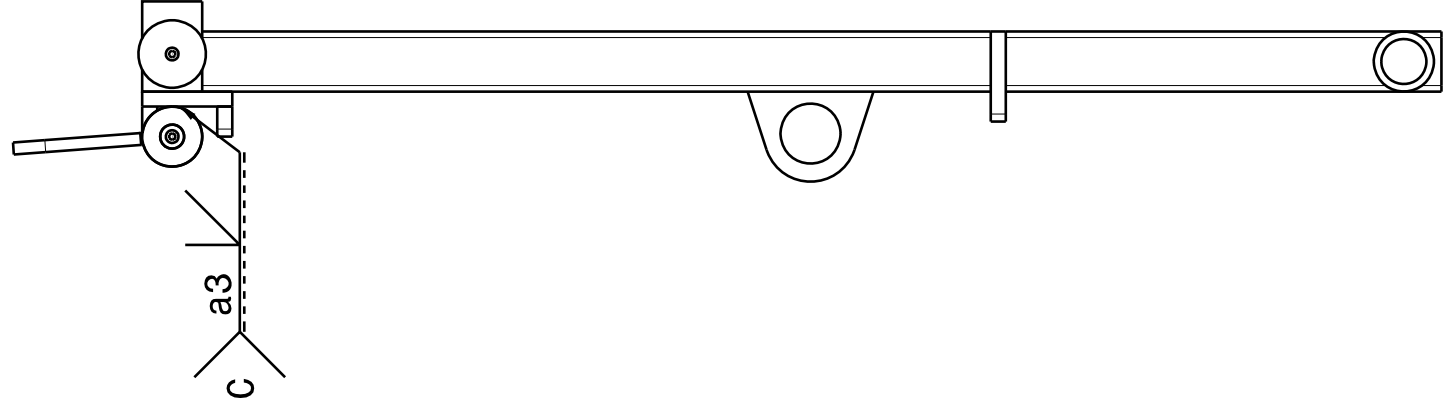
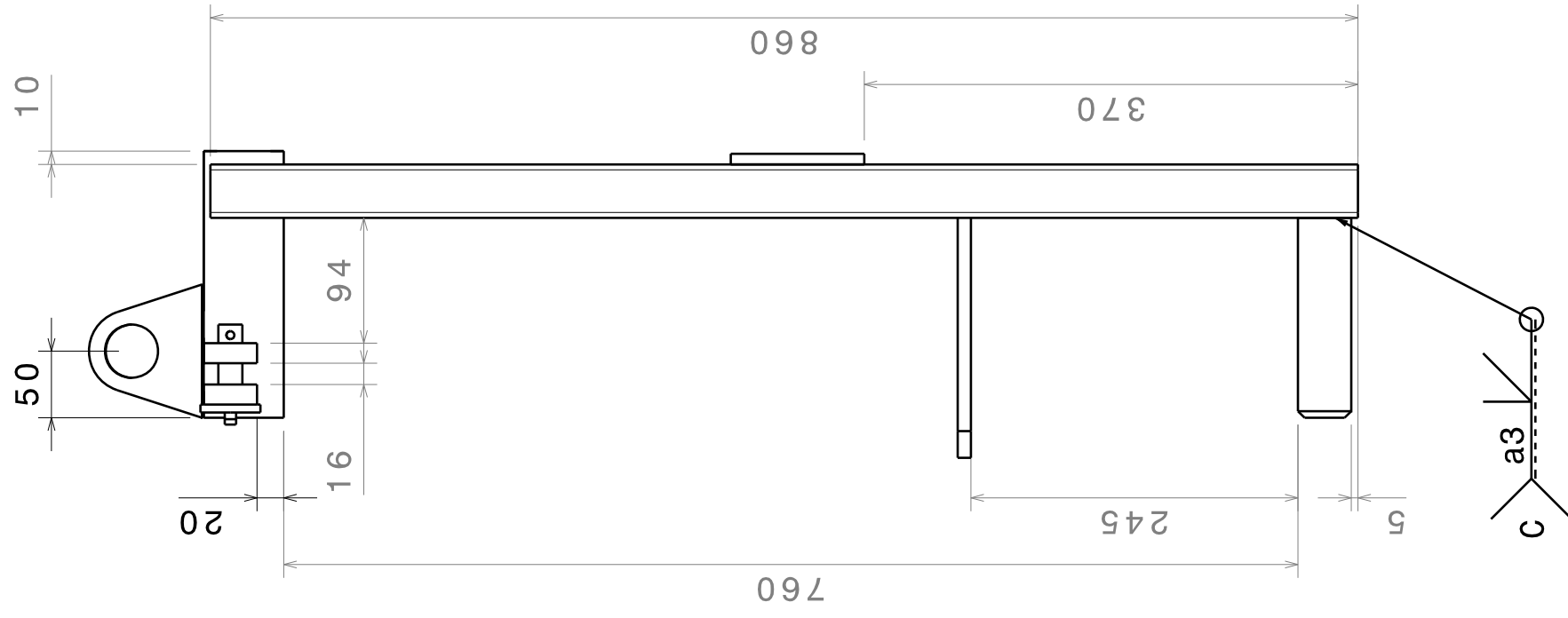
1	1	Infästningsarm	Enl. ritn. 2.2
2	1	Låsningarm	Enl. ritn. 2.3
3	1	Lyftögla	Enl. ritn. 2.4
4	2	Stång KKR EN 10219, S355 40x40x4 mm	Enl. ritn. 2.1
5	1	Lång förstärkning	Enl. ritn. 2.5
6	1	Kort förstärkning	Enl. ritn. 2.6
7	1	Plattjärn S275 200x60x20 mm	Enl. ritn. 2.1
8	5	Ringar	Enl. ritn. 2.7
9	1	Sprint, pinne	Enl. ritn. 2.8
10	2	Infästning	Enl. ritn. 2.9
11	1	Sprint, handtag	Enl. ritn. 2.10
12	1	Led	Enl. ritn. 2.11
13	3	Skruv M5	

Detalj	Antal	Titel/Namn, material, dimension etc		Artikel Nr./Referens
Konstruerad av	Godkänd av		Reviderad - datum	Datum
N.R, O.S	M.E	15/5-14	15/5-14	5/5-14
Ägare	Titel/Namn		Filnamn	Skala
Nitator AB	Nitator AB		Fixtur	1:2
Nedjada Ribic	Nedjada Ribic		Ritningsnummer	Utgåva
Oscar Sjöström	Oscar Sjöström		2	1
				Blad
				1

RevNr	Revision notering	Datum	Signatur	Kontroll.
-------	-------------------	-------	----------	-----------

Vyplacering

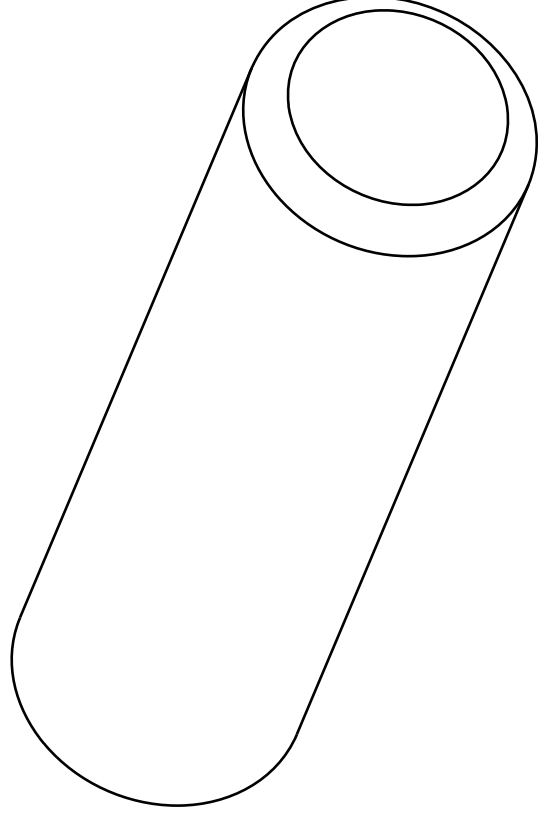
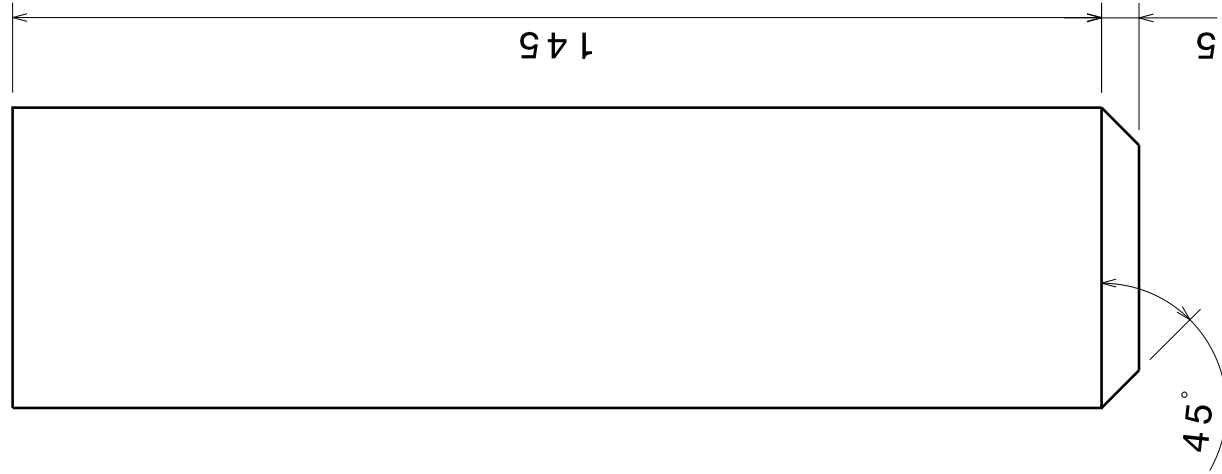
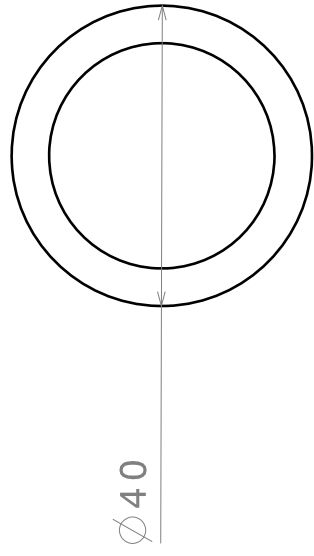




Kälfog a3 gäller om inget annat anges

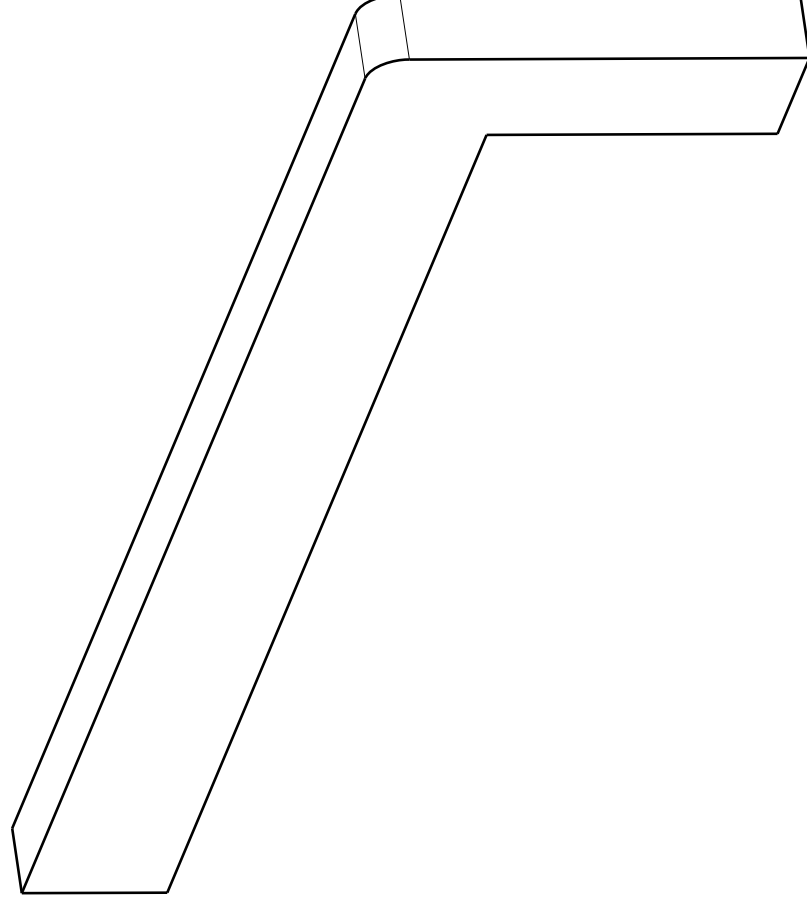
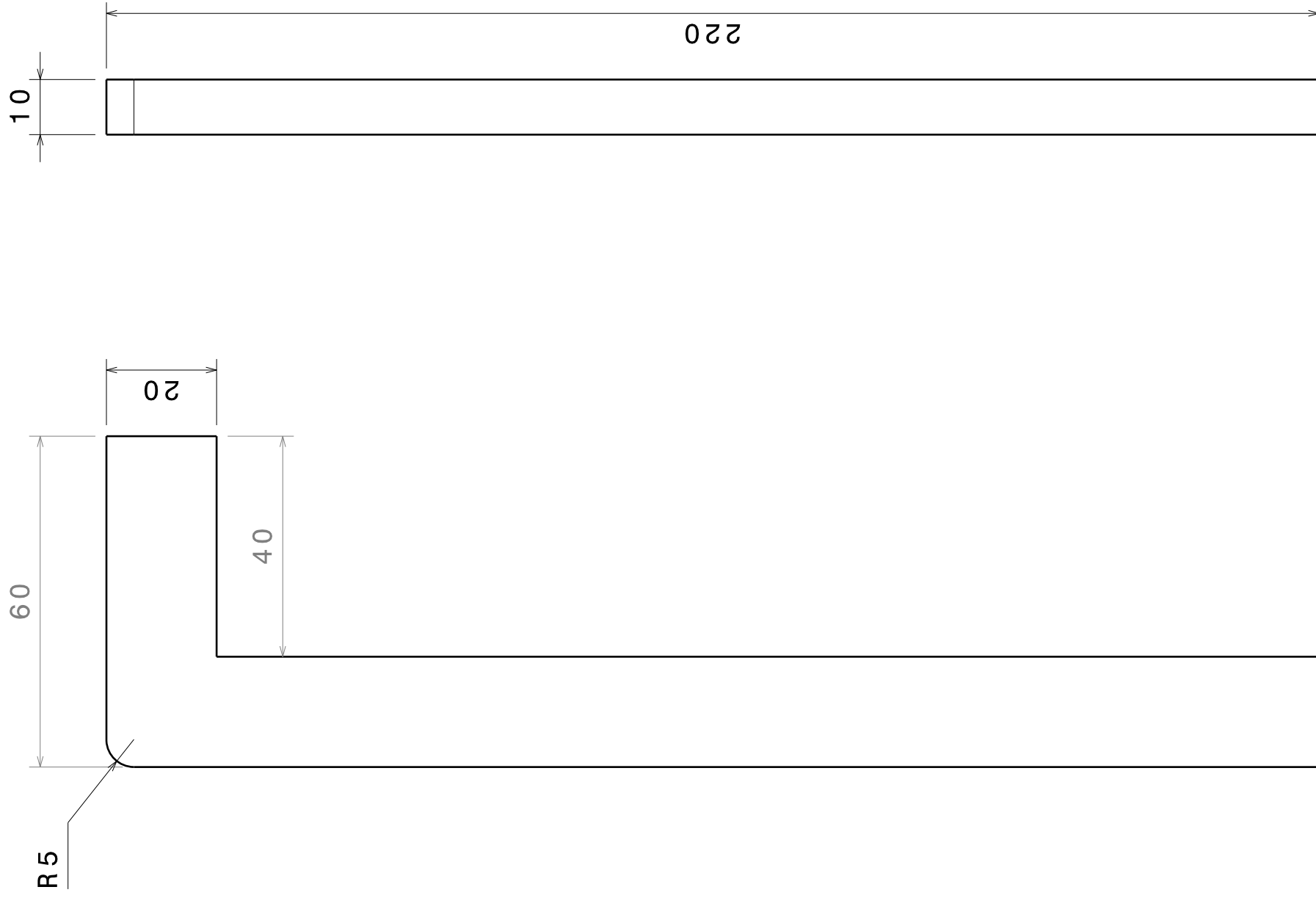
Detalj	Antal	Titel/Namn, material, dimension etc		Artikel Nr./Referens
Konstruerad av <b>N.R, O.S</b>		Godkänd av <b>M.E</b>	Reviderad - datum <b>15/5-14</b>	Filnamn <b>5/5-14</b>
Ägare	Titel/Namn <b>Nitator AB Nedjada Ribic Oscar Sjöström</b>		Skala <b>1:5</b>	Skala <b>1:5</b>
		Ritningsnummer <b>2.1</b>	Utgåva <b>1</b>	Utgåva <b>1</b>
				Blad <b>2</b>

RevNr	Revision notering	Datum	Signatur	Kontroll.
-------	-------------------	-------	----------	-----------



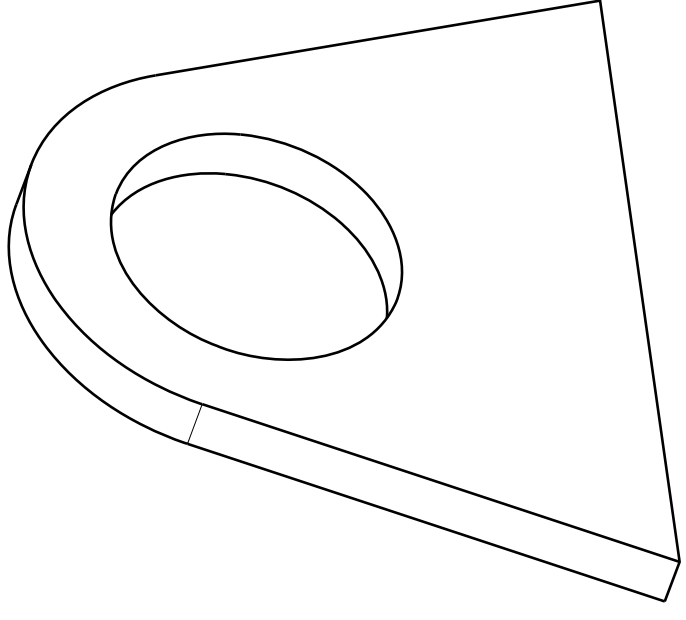
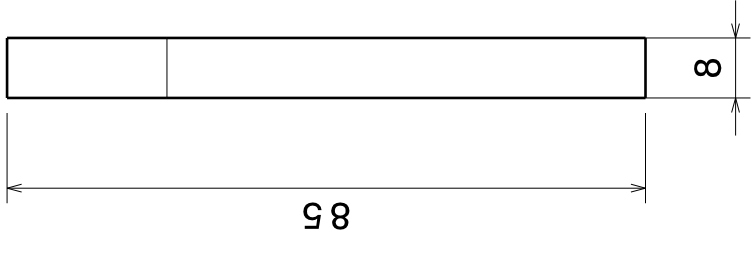
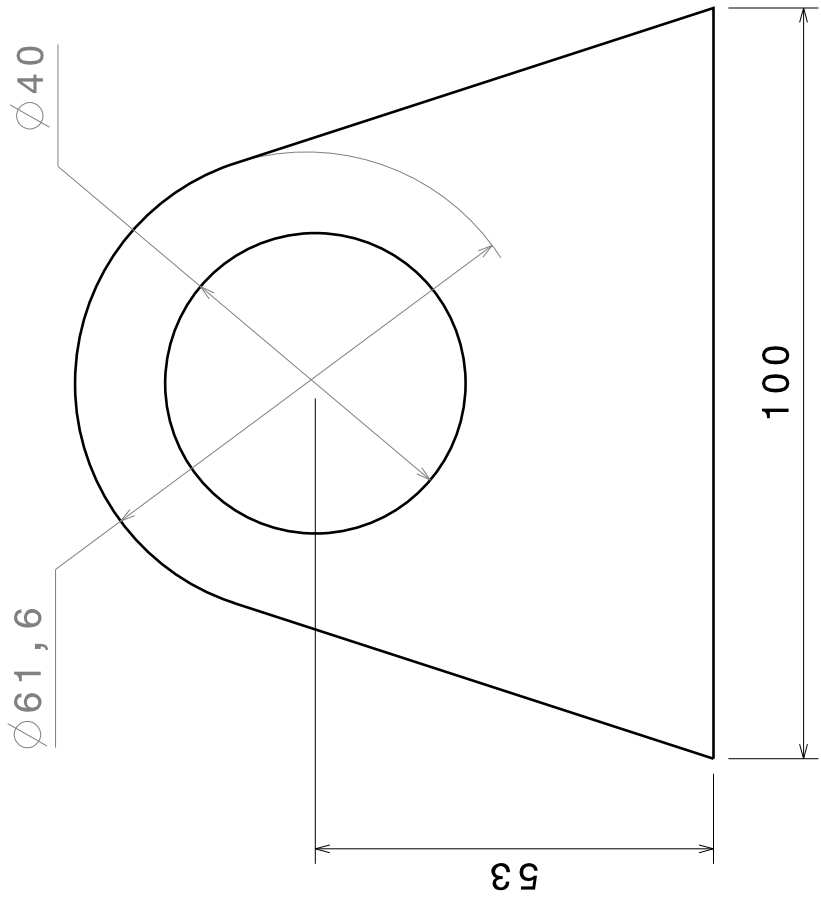
Detalj	Antal	Titel/Namn, material, dimension etc		Artikel Nr./Referens
Konstruerad av	1	Godkänd av	S275	Datum
N.R, O.S		M.E	15/5-14	5/5-14
Reviderad - datum				
Titel/Namn	Infästningsarm		Skala	1:1
Ägare	Nitator AB		Utplacering	
	Nedjada Ribic		Ritningsnummer	2.2
	Oscar Sjöström		Utgåva	1
			Blad	3

RevNr	Revision notering	Datum	Signatur	Kontroll.
-------	-------------------	-------	----------	-----------



Detalj	Antal	Titel/Namn, material, dimension etc		Artikel Nr./Referens	
Konstruerad av	1	Godkänd av	S355	Filnamn	Datum
N.R, O.S		M.E	15/5-14	Låsningarm	5/5-14
Ägare	Nitator AB		Reviderad - datum	Titel/Namn	Skala
	Nedjada Ribic			Låsningarm	1:1
	Oscar Sjöström			Ritningsnummer	Vyplacering
				2.3	Utgåva
					Blad
					4

RevNr	Revision notering	Datum	Signatur	Kontroll.
-------	-------------------	-------	----------	-----------



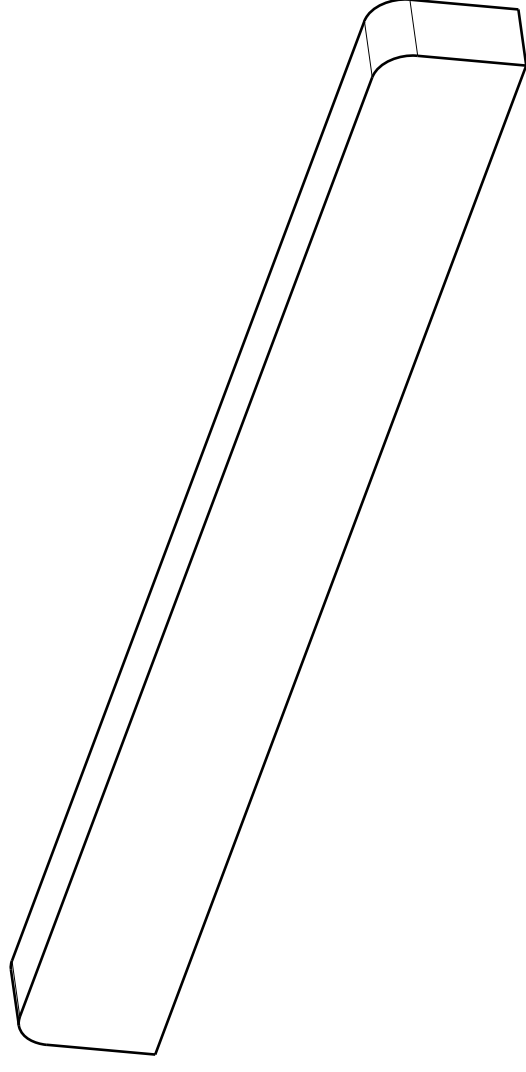
Detalj	Antal	Titel/Namn, material, dimension etc		Artikel Nr./Referens
Konstruerad av		Godkänd av	Reviderad - datum	Datum
<b>N.R, O.S</b>	<b>1</b>	<b>M.E</b>	<b>15/5-14</b>	<b>5/5-14</b>
Ägare	Titel/Namn		Skala	Skala
<b>Nitator AB</b>	<b>Lyftögla</b>		<b>1:1</b>	<b>1:1</b>
<b>Nedjada Ribic</b>	Ritningsnummer		Vylacering	
<b>Oscar Sjöström</b>	<b>2.4</b>	<b>Utgåva 1</b>	Blad <b>5</b>	

RevNr	Revision notering	Datum	Signatur	Kontroll.

10

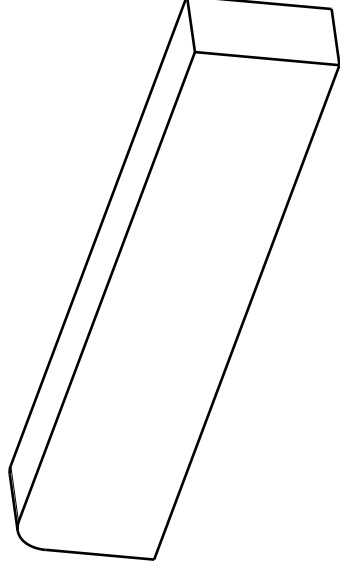
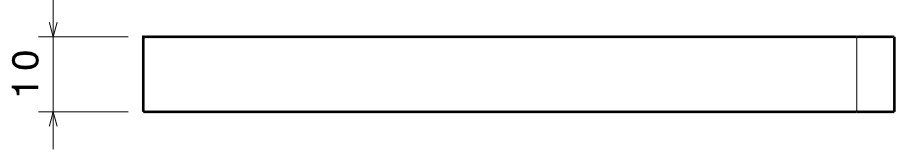
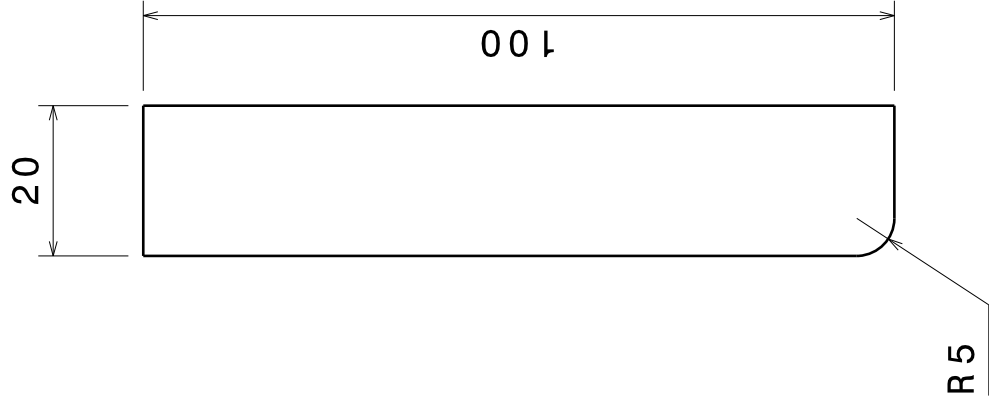
2x R5

200



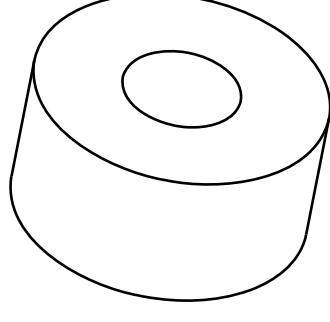
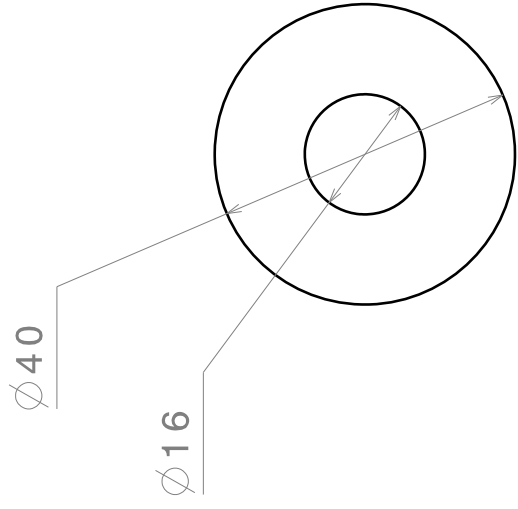
Detalj	Antal	Titel/Namn, material, dimension etc		Artikel Nr./Referens
Konstruerad av	1	Godkänd av	S275	Datum
N.R, O.S		M.E	15/5-14	5/5-14
Ägare	Titel/Namn		Titel/Namn	Skala
Nitator AB	Nitator AB		Lång förstärkning	1:1
Nedjada Ribic	Ritningsnummer		2.5	Vyplacering
Oscar Sjöström	Utgåva		1	Blad
				6

RevNr	Revision notering	Datum	Signatur	Kontrol.
-------	-------------------	-------	----------	----------



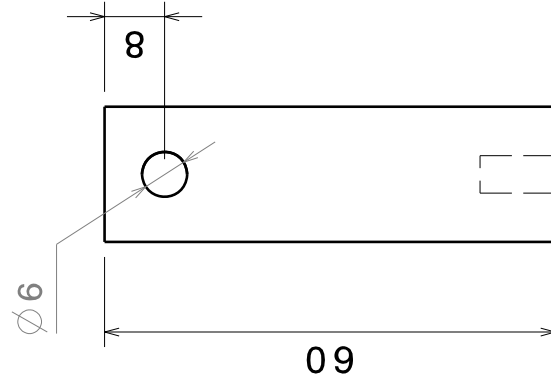
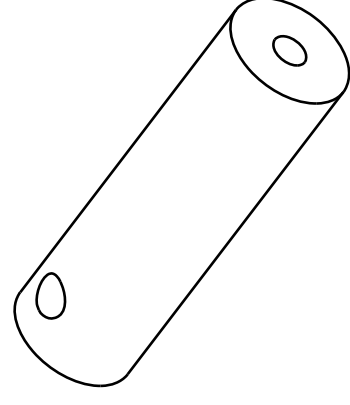
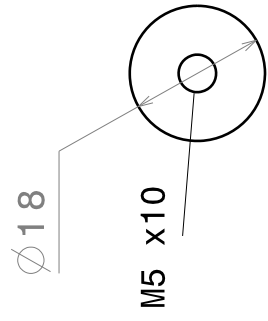
Detalj	Antal	Titel/Namn, material, dimension etc		Artikel Nr./Referens
Konstruerad av	1	Godkänd av	S275	Datum
N.R, O.S		M.E	15/5-14	5/5-14
Reviderad - datum				
Titel/Namn	Kort förstärkning		Skala	1:1
Ägare	Nitator AB		Utgåva	7
	Nedjada Ribic		Blad	7
	Oscar Sjöström		Ritningsnummer	2.6
			Utgåva	1

RevNr	Revision notering	Datum	Signatur	Kontroll.
-------	-------------------	-------	----------	-----------



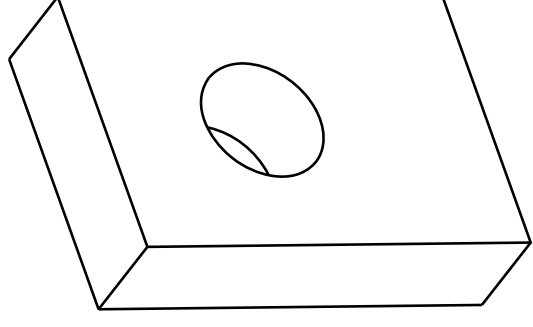
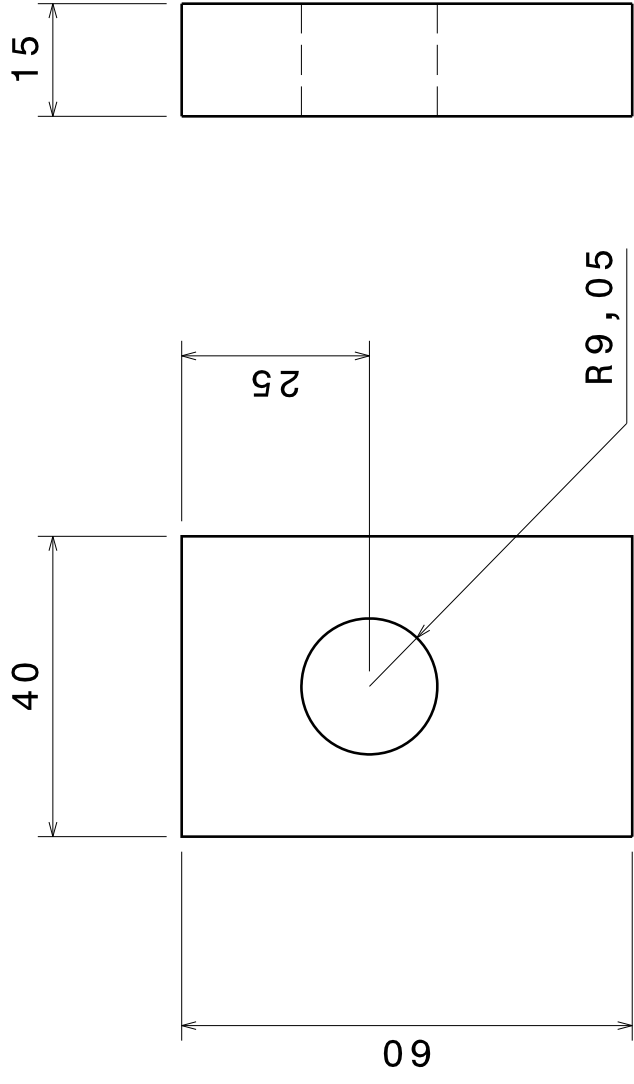
Detalj	Antal	Titel/Namn, material, dimension etc		Artikel Nr./Referens
Konstruerad av	Godkänd av	Reviderad - datum	Filnamn	Datum
N.R, O.S	M.E	15/5-14	Ring	5/5-14
Ägare	Titel/Namn		Skala	Skala
Nitator AB	Ring		1:1	1:1
Nedjada Ribic	Ritningsnummer		Vyplacering	Vyplacering
Oscar Sjöström	2.7	Utgåva	Blad	Blad
		1	8	8

RevNr	Revision notering	Datum	Signatur	Kontroll.



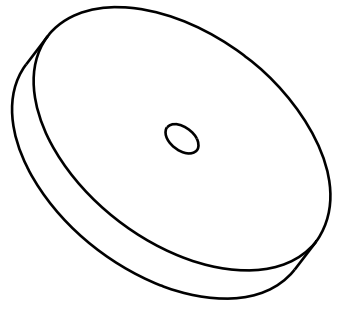
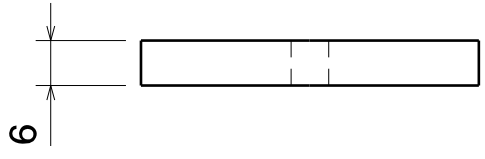
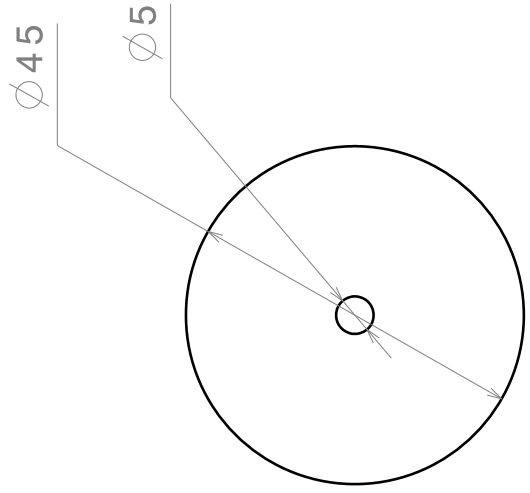
Detalj	Antal	Titel/Namn, material, dimension etc		Artikel Nr./Referens
Konstruerad av	1	Godkänd av	S275	Datum
N.R, O.S		M.E	15/5-14	5/5-14
Reviderad - datum				
Titel/Namn	Sprint, pinne			
Ägare	Nitator AB			
	Nedjada Ribic			
	Oscar Sjöström			
Ritningsnummer	2.8		Utgåva	1
Skala	1:1		Skala	1:1
Vyplacering			Vyplacering	
Blad	9		Blad	9

RevNr	Revision notering	Datum	Signatur	Kontroll.
-------	-------------------	-------	----------	-----------

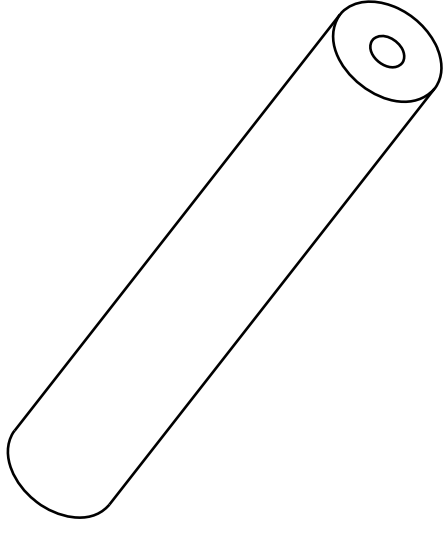
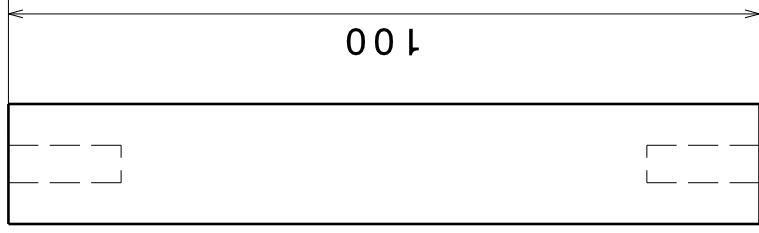
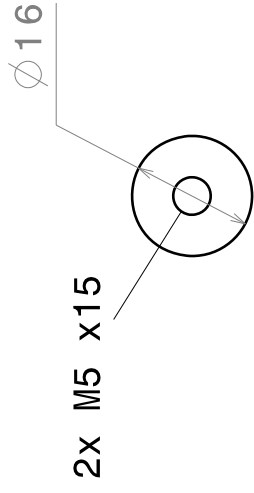


Detalj	Antal	Titel/Namn, material, dimension etc		Artikel Nr./Referens
Konstruerad av		Godkänd av	Reviderad - datum	Datum
<b>N.R, O.S</b>	<b>2</b>	<b>M.E</b>	<b>15/5-14</b>	<b>5/5-14</b>
Ägare	Titel/Namn		Skala	Skala
	<b>Nitator AB</b>		<b>1:1</b>	<b>1:1</b>
	<b>Nedjada Ribic</b>		Ytplacering	
	<b>Oscar Sjöström</b>		Ritningsnummer	Blad
		<b>Infästning</b>	<b>2.9</b>	<b>10</b>
			Utgåva	<b>1</b>

RevNr	Revision notering	Datum	Signatur	Kontroll.
-------	-------------------	-------	----------	-----------

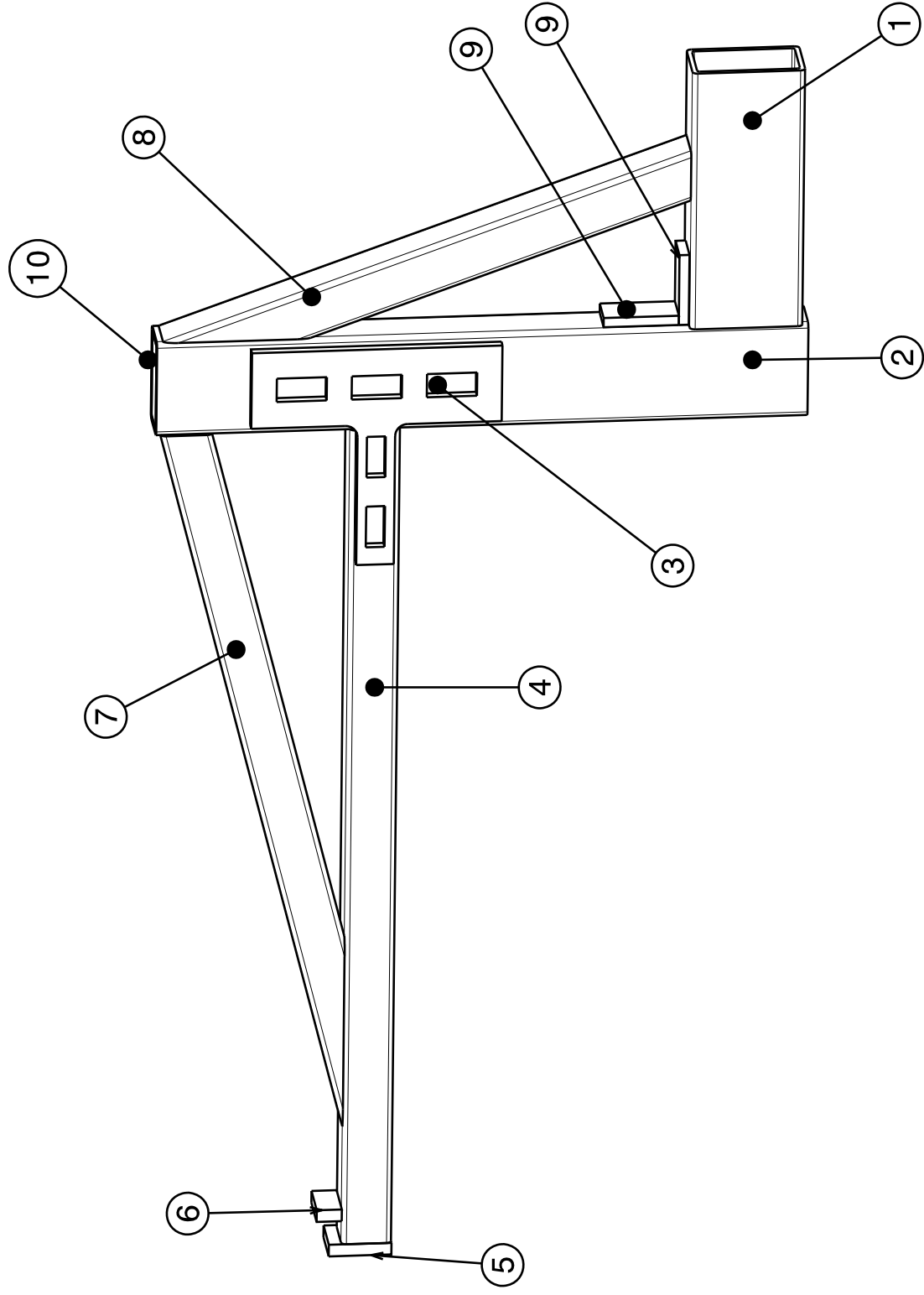


Detalj	Antal	Titel/Namn, material, dimension etc		Artikel Nr./Referens
Konstruerad av	1	Godkänd av	S275	Datum
N.R, O.S		M.E	15/5-14	5/5-14
Reviderad - datum				Skala
				1:1
Titel/Namn	Titel/Namn		Vytillagning	
Nitator AB	Sprint, handtag		Blad	
Nedjada Ribic	Ritningsnummer	2.10	Utgåva	11
Oscar Sjöström				
RevNr	Revision notering	Datum	Signatur	Kontroll.



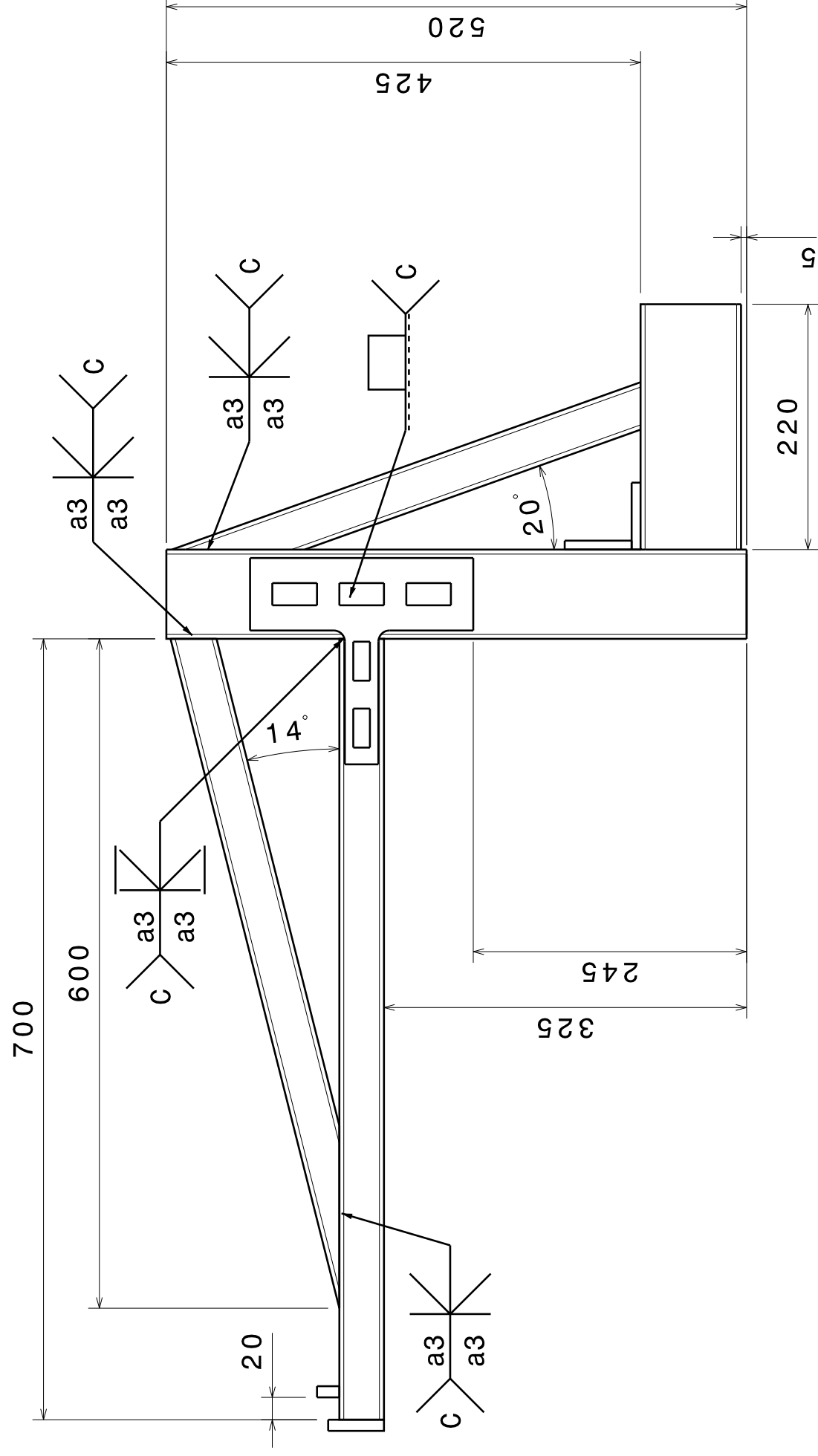
Detalj	Antal	Titel/Namn, material, dimension etc		Artikel Nr./Referens
Konstruerad av	1	Godkänd av	S275	Datum
N.R, O.S		M.E	15/5-14	5/5-14
Reviderad - datum				
Titel/Namn	Titel/Namn		Skala	1:1
Nitator AB	Led		Vyplacering	
Nedjada Ribic			Ritningsnummer	2.11
Oscar Sjöström			Utgåva	1
				Blad
				12

RevNr	Revision notering	Datum	Signatur	Kontroll.



10	2	Lock	S275	72x32x8 r2	Enl. ritn.	3:1
9	2	Förstärkningsplatta	S275	30x60x8	Enl. ritn.	3:1
8	1	Bakre stödarm	EN 10219, S355	40x40x4	Enl. ritn.	3:1
7	1	Stödarm	EN 10219, S355	40x40x4	Enl. ritn.	3:1
6	1	Bakre stopp	S275	40x20x10	Enl. ritn.	3:1
5	1	Främre stopp	S275	40x50x10	Enl. ritn.	3:1
4	1	Lyftarm	EN 10219, S355	40x40x4	Enl. ritn.	3:1
3	2	T-förstärkning	S275		Enl. ritn.	3:2
2	1	Basarm	EN 10219, S355	40x80x4	Enl. ritn.	3:1
1	1	Infästningsarm	EN 10219, S355	50x90x4	Enl. ritn.	3:1
Detalj	Antal	Titel/Namn, material, dimension etc		Artikel Nr./Referens		
Konstruerad av		Godkänd av		Reviderad - datum	Filnamn	Skala
O.S, N.R		M.E		15/5-14	7/5-14	1:5
Ägare		Titel/Namn		Lyftverktyg		Vyplacering
Nitator AB		Oscar Sjöström		Ritningsnummer		Blad
Nedjada Ribic				3		1
Utgåva		Datum		Skala		
1		7/5-14		1:5		

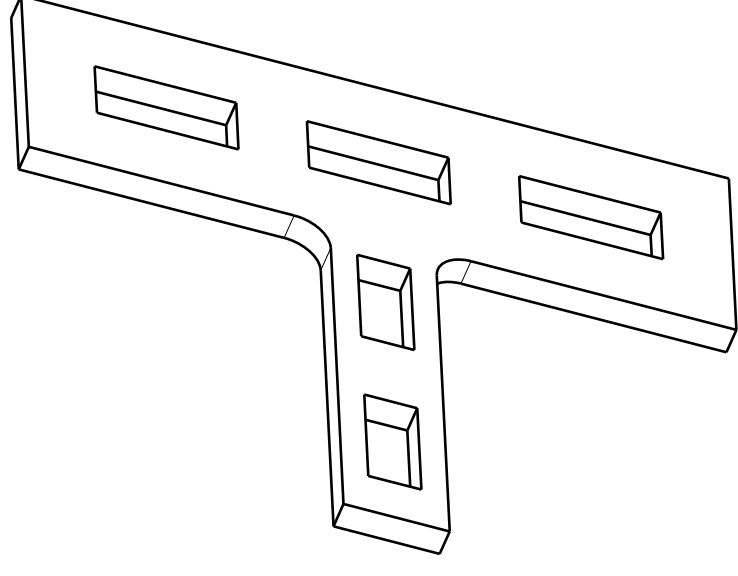
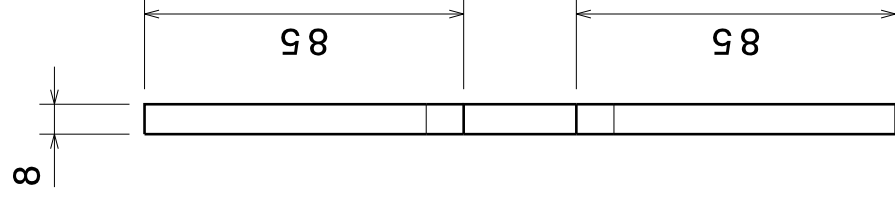
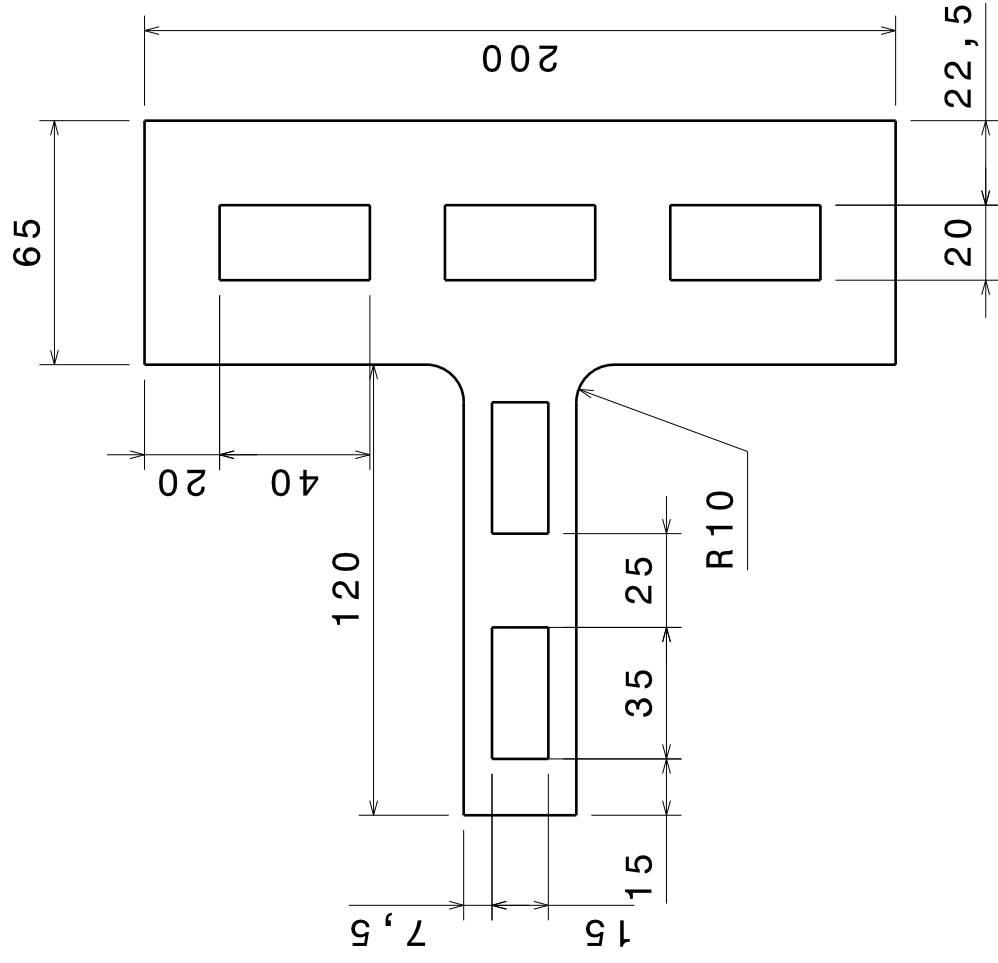
RevNr	Revision notering	Datum	Signatur	Kontroll.
-------	-------------------	-------	----------	-----------



Kälfog a3 gäller om inget annat anges

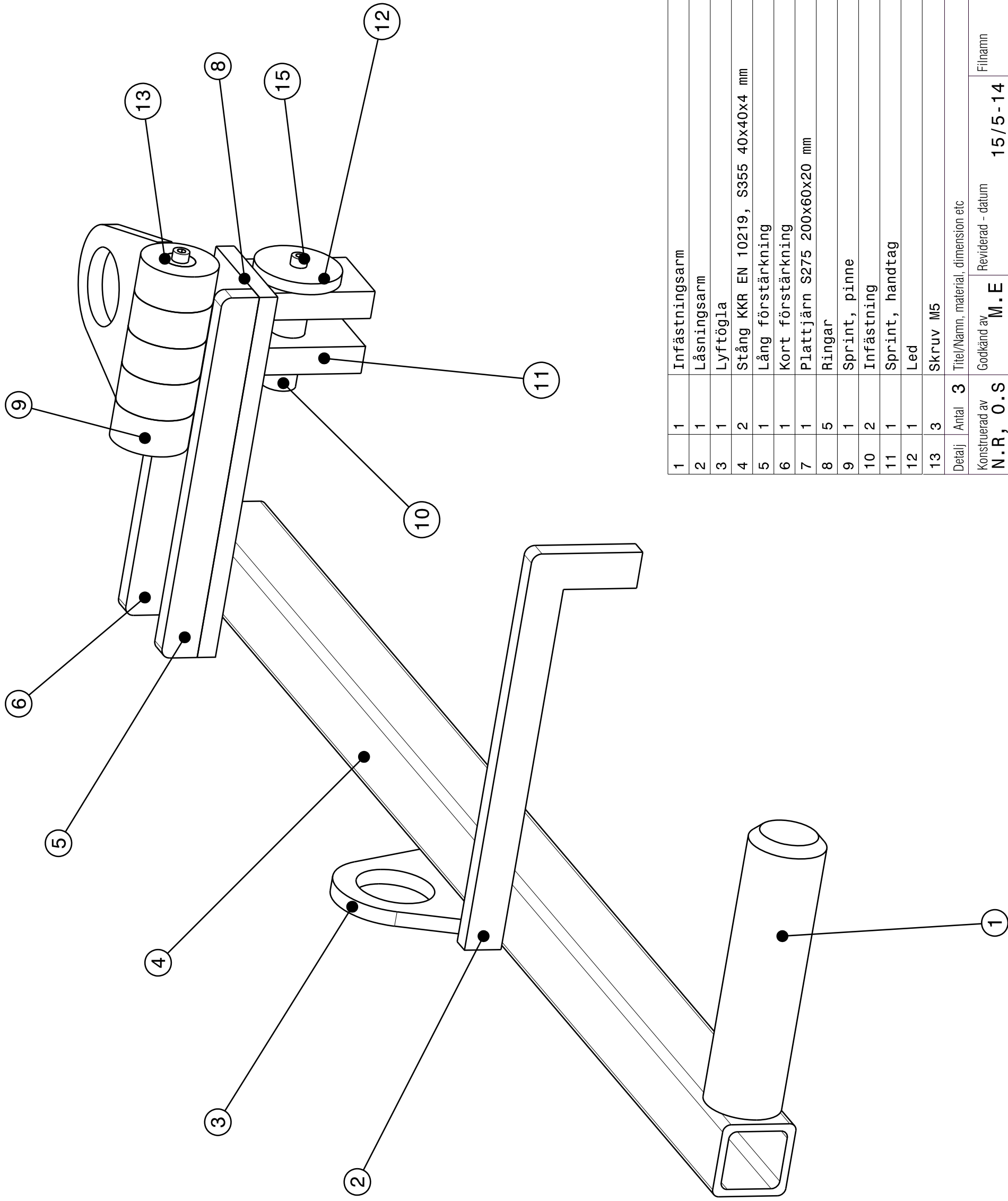
Detalj	Antal	Titel/Namn, material, dimension etc		Artikel Nr./Referens
Konstruerad av	O.S, N.R	Godkänd av	M.E	Reviderad - datum
Ägare	Nitator AB Oscar Sjöström Nedjada Ribic		15/5-14	Filnamn
			Titel/Namn	Positionering
			Ritningsnummer	3:1
			Utgåva	1
			Skala	1:5
			Vyplacering	
			Blad	2

RevNr	Revision notering	Datum	Signatur	Kontroll.
-------	-------------------	-------	----------	-----------



Detalj	Antal	Titel/Namn, material, dimension etc		Artikel Nr./Referens
Konstruerad av	Godkänd av	Reviderad - datum	Filnamn	Datum
O.S, N.R	M.E	15/5-14		5/5-14
Ägare	Titel/Namn		Vylacering	
Nitator AB	T-förstärkning		1:2	
Oscar Sjöström	Ritningsnummer		Blad	
Nedjada Ribic	3:2		3	
	Utgåva		1	

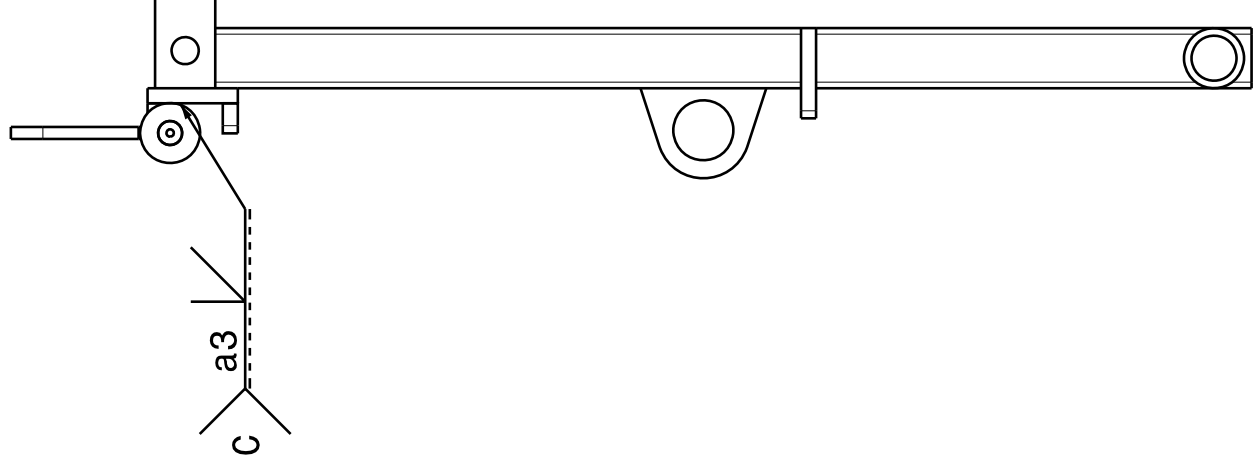
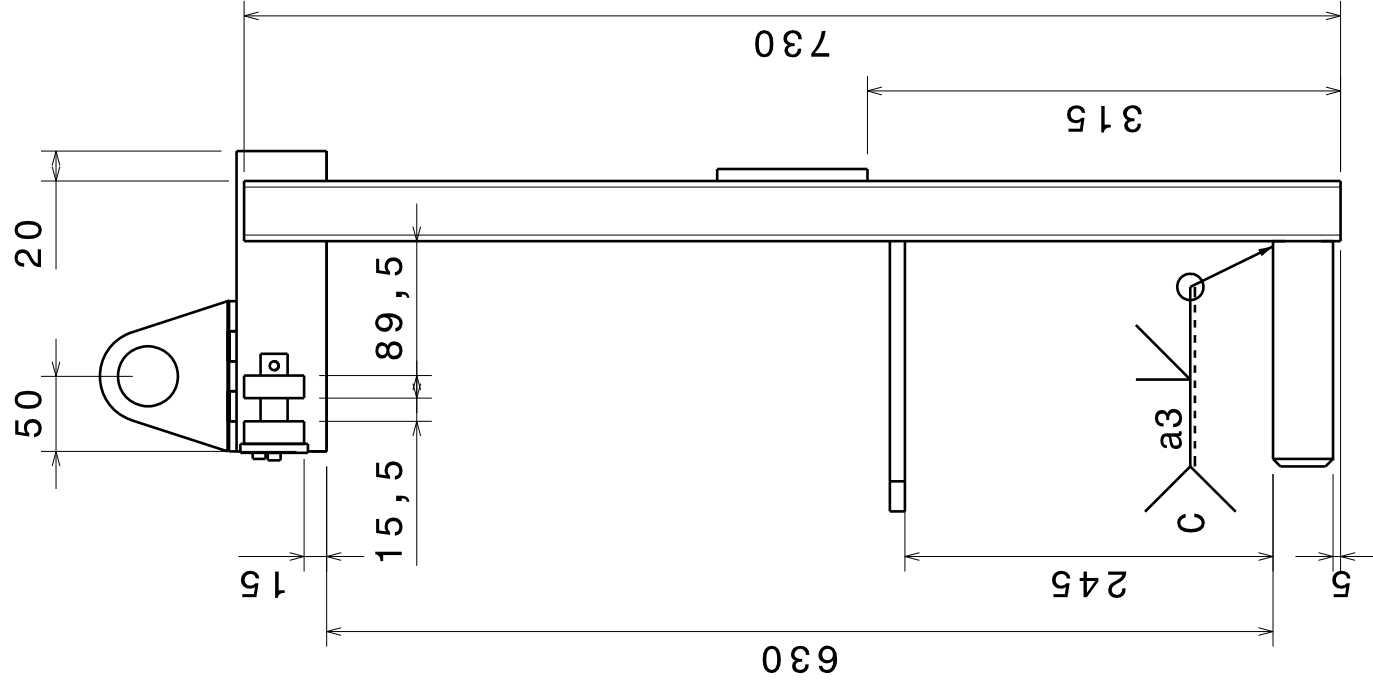
RevNr	Revision notering	Datum	Signatur	Kontroll.
-------	-------------------	-------	----------	-----------



1	1	Infästningsarm	Enl. ritn. 2.2
2	1	Låsningsarm	Enl. ritn. 2.3
3	1	Lyftögla	Enl. ritn. 2.4
4	2	Stång KKR EN 10219, S355 40x40x4 mm	Enl. ritn. 4.1
5	1	Lång förstärkning	Enl. ritn. 2.5
6	1	Kort förstärkning	Enl. ritn. 2.6
7	1	Plattjärn S275 200x60x20 mm	Enl. ritn. 4.1
8	5	Ringar	Enl. ritn. 2.7
9	1	Sprint, pinne	Enl. ritn. 2.8
10	2	Infästning	Enl. ritn. 2.9
11	1	Sprint, handtag	Enl. ritn. 2.10
12	1	Led	Enl. ritn. 2.11
13	3	Skruv M5	

Detalj	Antal	3	Titel/Namn, material, dimension etc	Artikel Nr./Referens
Konstruerad av	N.R., O.S		Godkänd av	M.E
			Reviderad - datum	15/5-14
			Filnamn	5/5-14
Ägare	Nitator AB		Titel/Namn	Fixtur
	Nedjada Ribic		Ritningsnummer	4
	Oscar Sjöström		Utgåva	1
			Skala	1:2
			Vyplacering	
			Blad	13

RevNr	Revision notering	Datum	Signatur	Kontroll.
-------	-------------------	-------	----------	-----------



Detalj	Antal	Titel/Namn, material, dimension etc			Artikel Nr./Referens	
Konstruerad av <b>N.R, O.S</b>		Godkänd av <b>M.E</b>	Reviderad - datum <b>15/5-14</b>	Filnamn	Datum	Skala
Ägare		Titel/Namn		Datum		Skala
		<b>Nitator AB</b>		<b>5/5-14</b>		<b>1:5</b>
		<b>Nedjada Ribic</b>				Vyplacering
		<b>Oscar Sjöström</b>				
		Ritningsnummer	Utgåva		Blad	
		<b>4.1</b>	<b>1</b>		<b>14</b>	

RevNr	Revision notering	Datum	Signatur	Kontroll.
-------	-------------------	-------	----------	-----------

Nedjada Ribic  
nana.ribic@gmail.com  
0762 11 16 43

Oscar Sjöström  
oscar\_sjostrom@hotmail.com  
0703 99 78 87



Besöksadress: Kristian IV:s väg 3  
Postadress: Box 823, 301 18 Halmstad  
Telefon: 035-16 71 00  
E-mail: [registrator@hh.se](mailto:registrator@hh.se)  
[www.hh.se](http://www.hh.se)