

# **Utveckling av upphängning för skördaraggregats rotator**

Victor Lind

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Maskin- och produktionsteknik

Vasa 2024

## EXAMENSARBETE

Författare: Victor Lind  
Utbildning och ort: Maskin- och produktionsteknik, Vasa  
Inriktning: Maskinkonstruktion  
Handledare: Tobias Ekfors & Henrik Lassander

Titel: Utveckling av upphängning för skördaraggregats rotator

---

Datum: 15.12.2024

Sidantal: 25

---

### Abstrakt

Detta examensarbete behandlar vidareutveckling av ett skördaraggregats rotators upphängning. Arbetet har utförts på uppdrag av Kone-Ketonen Oy i Kristinestad. Företaget tillverkar skördaraggregat och tillhörande rotatorer för skogsbruk.

Syftet med arbetet var att förbättra konstruktionen av upphängningen för att underlätta tillverkningen samt förbättra den färdiga produktens egenskaper. Målet med arbetet var att hitta en bra lösning för konstruktionen som leder till en tillverkningsbar produkt. Arbetet inleddes genom att studera befintliga liknande konstruktioner, teori om produktutveckling och olika tillverkningsmetoder. Sedan genererades olika koncept för konstruktionen med hjälp av en kravlista. Till slut utvärderades koncepten och dess lösningar internt på företaget och ett av koncept valdes.

Det valda konceptets konstruktion uppfyllde alla krav och majoriteten av önskemålen specificerade i kravlistan. Konstruktionen presenteras och diskuteras i resultatkapitlet. Arbetets mål uppnåddes och det kommer att tillverkas en prototyp av upphängningen för testning.

---

Språk: svenska

Nyckelord: konstruktion, produktutveckling, skördaraggregats rotator

## OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Victor Lind  
Koulutus ja paikkakunta: Kone- ja tuotantotekniikka, Vaasa  
Suuntautumisvaihtoehto: Konesuunnittelu  
Ohjaajat: Tobias Ekfors & Henrik Lassander

Nimike: Harvesteripään rotaattorin riipukkeen kehitys

---

Päivämäärä: 15.12.2024

Sivumäärä: 25

---

### Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö käsittelee harvesteripään rotaattorin riipukkeen kehitystä. Työ on suoritettu Kone-Ketonen Oy:lle Kristiinankaupungissa. Yritys valmistaa harvesteripäitä ja niihin liittyviä rotaattoreita metsätalouteen.

Työn tarkoitus oli parantaa riipukkeen rakennetta helpottaakseen tuotantoa ja parantaa valmiin tuotteen ominaisuuksia. Työn tavoitteena oli löytää hyvä ratkaisu rakenteelle, mikä johtaisi valmistettavaan tuotteeseen. Työ aloitettiin tutkimalla samankaltaisia käytössä olevia rakenteita, opiskelemalla teoriaa tuotekehityksestä ja eri tuotantomenetelmistä. Tämän jälkeen luotiin eri konsepteja rakenteelle vaatimuslistan avulla. Lopuksi konseptit ja niiden ratkaisut arvioitiin sisäisesti yrityksessä ja yksi konsepti valittiin.

Valittu konsepti täytti kaikki vaatimukset ja suurimman osan toiveista, jotka oli määritetty vaatimuslistassa. Rakenne esitellään ja siitä keskustellaan tulosluvussa. Työn tavoite saavutettiin ja prototyyppi riipukkeesta valmistetaan testaukseen.

---

Kieli: ruotsi

Avainsanat: suunnittelu, tuotekehitys, harvesteripään rotaattori

## **BACHELOR'S THESIS**

Author: Victor Lind  
Degree Programme: Mechanical and production engineering, Vaasa  
Specialisation: Machine construction  
Supervisors: Tobias Ekfors & Henrik Lassander

Title: Development of harvester heads rotator link

---

Date: 15.12.2024

Number of pages: 25

---

### **Abstract**

This thesis covers the development of a harvester heads rotator link. The work was done on behalf of Kone-Ketonen Oy in Kristinestad. The company manufactures harvester heads and accompanying rotators for forestry.

The purpose of the work was to improve the rotators links design to facilitate manufacturing and improve the final product properties. The goal with the work was to find a good design solution which leads to a manufacturable product. The work began with analyzing similar existing designs, studying product development and various manufacturing techniques. Then different concepts for the design were generated with the help of a requirements list. Finally, the concepts and their solutions were analyzed internally at the company and a concept was chosen.

The chosen concepts design met all requirements and most of the wishes specified in the requirements list. The design is presented and discussed in the results chapter. The works goal was achieved, and a prototype of the link will be made for testing.

---

Language: Swedish

Key words: design, product development, harvester head rotator

## Innehållsförteckning

1	Inledning .....	1
1.1	Bakgrund.....	1
1.2	Syfte och målsättning .....	1
1.3	Avgränsning .....	2
1.4	Företagsbeskrivning.....	2
2	Nuvarande lösningen.....	3
2.1	Skördaraggregats rotatorn .....	3
2.2	Upphängningen .....	4
3	Teori.....	6
3.1	Produktutvecklingsprocessen.....	6
3.2	Produktspecificering.....	7
3.3	Konceptgenerering .....	7
3.4	Tillverkningsmetoder.....	8
3.4.1	Spånskärande bearbetning.....	8
3.4.2	Termisk skärning.....	10
3.4.3	Gjutning .....	11
3.5	Hydraulkopplingar .....	12
4	Tillvägagångsätt .....	14
5	Resultat.....	15
5.1	Krav och önskemål.....	15
5.2	Tillverkningsmetod och hållfasthet .....	16
5.3	Koncept 1.....	17
5.4	Koncept 2.....	18
5.5	Koncept 3.....	19
5.6	Konceptval .....	21
5.7	Resultatdiskussion .....	22
5.8	Förslag till vidare utveckling .....	23
6	Diskussion .....	24
7	Källförteckning.....	25

# 1 Inledning

Detta examensarbete har gjorts åt Kone-Ketonen Oy i Kristinestad. Arbetet behandlar vidareutveckling av upphängningen för deras nya rotator Keto-KR50. Uppgiften blev aktuell under mitt sommararbete vid företag sommaren 2024. Diskussion om vidareutveckling av upphängningen uppstod efter att stora förändringar gjorts till resten av rotatorn. Av diskussionerna konstaterades att det krävs en vidareutvecklad variant av upphängningen.

## 1.1 Bakgrund

I skördaraggregatsindustrin är det viktigt att aggregaten är hållbara, lättserverade, driftssäkra och att de har en låg vikt samt är förmånliga, speciellt i den storlekskategorin denna rotator är ämnad för. Detta arbete fokuserar därför på att förbättra dessa egenskaper i denna specifika del av rotatorn. Konstruktionen har även haft andra brister som beskrivs vidare i kapitel 2.

En uppdatering av upphängningen skulle passa väldigt bra med tanke på att själva rotatorns konstruktion också blivit uppdaterad. Denna nya rotator är avsedd för skördaraggregat i samma storlek som Kone-Ketonens egna Keto Forst och Keto 51 serier. Tidigare har man använt en rotator avsedd för större skördaraggregat som Keto 150 serien till dessa mindre aggregat men de har nu fått sin egen rotator.

## 1.2 Syfte och målsättning

Syftet med detta arbete var att förbättra konstruktionen av upphängningen för den nya rotatorn KR-50 för att bättre anpassa den för maskinerna den är avsedd för och underlätta konstruktionens tillverkning.

Målet med arbetet är att hitta en bra lösning till konstruktionen, som leder till en tillverkningsbar produkt.

### 1.3 Avgränsning

Examensarbetet avgränsades till att omfatta utvecklingen av en förbättrad upphängning till KR-50 rotatorn. Som del av examensarbetet ingick 3D-modelleringen men 2D-detaljritningarna ingick inte som del av arbetet.

### 1.4 Företagsbeskrivning

Kone-Ketonen Oy är ett familjeföretag som grundades 1984 av Lauri Ketonen och specialiserar sig på skördaraggregat för skogsbruk. Företagets produktionsanläggning och kontor ligger än idag i Kristinestad där det grundades, produktionsutrymmen har stegvis byggts ut med tiden och är i dagsläget runt 7000 m<sup>2</sup>. I dagsläget sysselsätter företaget 22 personer. I produktsortimentet ingår skördaraggregat ämnade för gallring och slutavverkning med kortvirkesmetoden, aptering med helstamsmetoden samt även rotatorer med genomdragning för alla nödvändiga linjer till skördaraggregaten.

Kone-Ketonen tillverkar mellan 150–200 aggregat årligen och år 2023 hade de en omsättning på 6,1 miljoner euro. Ungefär 85 % av företagets omsättning består av export med största kunderna i Japan, Sverige, Kanada och centrala Europa. I dagsläget har företaget återförsäljare i 21 olika länder runtom världen.



Figur 1. Keto-150 Karate P i Japan 2023.

Inom Europa installeras skördaraggregaten främst på hjuldrivna skogsmaskiner ämnade för gallring eller slutavverkning med kortvirkesmetoden. Utanför Europa används Kone-Ketonens skördaraggregat nästan alltid på olika typer av grävmaskiner oberoende vilken av apteringsmetoderna som används.

## **2 Nuvarande lösningen**

I detta kapitel presenteras först Kone-Ketonens rotator 140-1-6 samt KR50 kort. Efter detta presenteras rotatorernas tillhörande upphängnings konstruktion och kapitlet avslutas med en kort beskrivning av konstruktionens nackdelar.

### **2.1 Skördaraggregats rotatorn**

För skördaraggregat används ännu i dagsläget främst rotatorer utan genomdragning till aggregatet. Detta innebär att slangarna till skördaraggregaten oftast hänger fritt från lyftkranen, vilket leder till att rotationen begränsas av slang längden. För att lösa detta problem har Kone-Ketonen utvecklat egna patenterade rotatorvarianter med genomdragning för alla nödvändiga vätske- och CAN-linjer till skördaraggregatet.

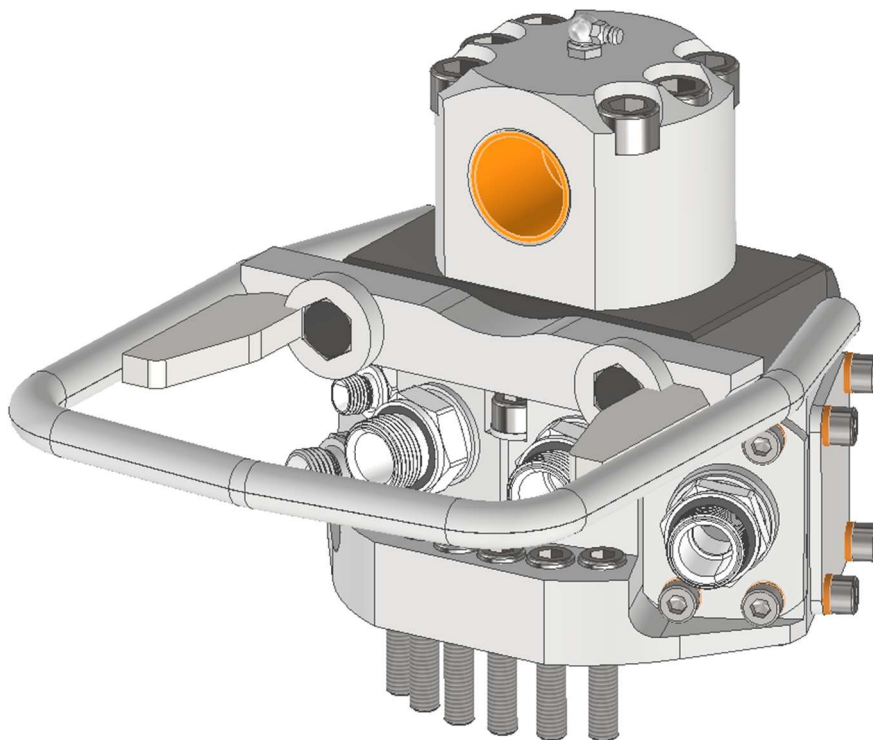
Kone Ketonen har nyligen utvecklat en ny rotatorvariant Keto-KR50 ämnad till skördaraggregat i samma storleksklass som Keto-Forst och Keto-51 serierna. Denna är baserad på en äldre rotator Keto 140-1-6 för en större storleksklass av skördaraggregat. Hittills har inga Keto-Forst aggregat levererats med dessa rotatorer men i några fåtal fall har det utrustats aggregat från Keto-51 serien med Keto 140-1-6 varianten (figur 2).



Figur 2. Sampo Rosenlews HR46x med Keto-51 Eco LD3 och Keto 140-1-6.

## 2.2 Upphängningen

I figur 3 syns den nuvarande konstruktionen för upphängningen. Den har fem kanaler för genomdraging av linjer till rotatorn: trycklinje, returlinje, överflöde, stubbehandling, och CAN-linje. Upphängningen består av sex huvudkomponenter: ramen, öglan, slangskyddsfästet, slangskyddet, CAN-linjens anslutningsplatta och CAN-linjens lock. Konstruktionens totalvikt utan skruvar och anslutningsnipplar är 12,3 kg och den har en höjd på 138 mm från botten till länkens upphängningstapps centrum. Alla dessa komponenter är tillverkade genom bearbetning med undantag för slangskyddet och standardkomponenterna.



**Figur 3. 3D-modell av nuvarande upphängning.**

Ursprungligen var upphängningens ögla inte löstagbar utan tillverkad i ett stycke. Konstruktionen ändrades så att ögla blev löstagbar för att minska på bearbetningen genom att tillverka ögla separat från en mindre axel. Samtidigt tillverkades även en variant av ögla med splines för att möjliggöra användning av Black Bruins länkbroms. Efter detta har det kommit önskemål från kunder att tillsätta ett skydd för slangarna till konstruktionen. Eftersom dessa blivit tillagda till konstruktionen i efterhand har lösningen inte varit optimal. Genom att ha dessa i tanke redan vid konstruktion av ramen för upphängningen skulle resultatet troligtvis bli bättre. Hydraulanslutningarnas riktning till maskinens sida har även varit lite problematiska på grund av att alla anslutningar riktas i olika vinklar. Detta har lett till att hydraulslangarna kunnat ta i när man fört skördaraggregatet till trädet i vissa vinklar, i figur 2 syns hydraulslangarnas spridning.

Upphängningens ram har haft komplicerade kanaler och yttre form. Som exempel för att tillverka överflödes- samt stubbehandlings-kanalerna kräver båda borrning från tre olika håll. CAN-linjens kanal kräver även fräsning från fyra olika riktningar. Hittills har ramen tillverkats i företagets egna 4 axlade Nicolas Correa Prisma 20 fräsmaskin. I denna har det krävts totalt 6 olika infästningar för att bearbeta ramen.

## 3 Teori

I detta kapitel behandlas den teori som varit som grund till detta examensarbete. Till först behandlas produktutvecklingsprocessen och dess olika skeden. Efter detta följer olika relevanta tillverkningsmetoder för konstruktionen och kapitlet avslutas med en kort beskrivning av hydraulkopplingar.

### 3.1 Produktutvecklingsprocessen

Produktutveckling är en process att skapa nya produkter eller förbättra befintliga produkter. Den kan vara antingen teknikdriven eller marknadsdriven. Med teknikdriven produktutveckling anser man produkter med ny teknik som inte tidigare funnits på marknaden medan marknadsdriven utveckling baseras på att effektivt utnyttja och kombinera känd och beprövad teknik. (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013, ss. 25-28).

Produktutvecklingen är en process med flera inblandade parter där alla bör vara insatta i hur processen ska framskrida och vilka arbetssätt, metoder och verktyg används för att uppnå ett framgångsrikt produktutvecklingsarbete.

I produktutvecklingsprocessens delprocess, konstruktion och design, ingår det att:

- "Utarbeta detaljerade kriterier
- Utveckla lösningskoncept
- Analysera, verifiera och välja lösningskoncept
- Utarbeta slutliga detaljlösningar
- Analysera, verifiera och validera slutlig lösning" (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013, s. 61)

### **3.2 Produktspecificering**

Målet med produktspecificeringen är att slå fast vad man vill åstadkomma med produktutvecklingen. Den ska göras så att den kan användas som utgångspunkt senare i konceptgenerering samt även i utvärderingen av den slutliga produkten. Produktspecificeringen kan även uppdateras och utvecklas under arbetets gång när kunskapen om produkten utvecklas. Att göra en produktspecificering handlar om att beskriva alla kriterier som är relevanta för produkten. Kriterier kan vara relaterade till produktens förväntade funktion eller sätta gränser för tillåtna produktionslösningar.

Konstruktionskriterier kan delas upp i krav och önskemål. Krävda kriterier måste alltid uppfyllas fullständigt medan önskemål kan uppfyllas endast delvis eller inte alls, dock strävar man alltid till att även uppfylla alla önskemål. (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013, ss. 117-118).

### **3.3 Konceptgenerering**

I konstruktionssammanhang avser begreppet koncept en första ansats till lösning av ett konstruktionsproblem. I konceptgenererings skedet söker man olika lösningar till konstruktionskriterierna definierade i produktspecificeringen. Detta görs genom att ta fram och utveckla olika skisser och förslag till lösningar som sedan analyseras och utvärderas.

Genom att göra en funktionsanalys där man ser hur konstruktionens delfunktioner samverkar till dess totala funktion kan man dela upp konstruktionsproblemet i ett antal färre delproblem. Detta underlättar konceptgenereringen eftersom det är lättare att lösa färre delproblem stegvis i stället för att direkt hitta en totallösning för konstruktionen. När ett bra koncept hittats för var och en av delfunktionerna sätts delkoncepten ihop till ett fullständigt koncept för konstruktionen. Vid konceptval utvärderas och jämförs de med varandra. Detta kan göras på flera olika sätt som till exempel med poängbaserade system, teoretiska- och experimentella jämförelser. Under processen kan det även uppstå nya idéer och koncept till lösningen.

Vid konceptval kan man även använda sig av stöd metoder för utvärderingen som till exempel enkla beräkningar, fysiska prototyper eller virtuella prototyper med hjälp av CAD-program. Genom att modellera koncepten i CAD-program kan konstruktionen studeras ifrån olika vinklar utan att bygga någon fysisk prototyp och enklare se ifall det kommer att fungera. Det finns även möjlighet att uppskatta och studera konstruktionens rörliga mekaniska system eller fysiska egenskaper. (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013, ss. 119-125).

### **3.4 Tillverkningsmetoder**

Konstruktörer och designers behöver ha en grundläggande förståelse för de vanligaste metoderna inom tillverkning för att kunna utveckla nya produktkoncept. Det är viktigt att redan i ett tidigt skede av produktutvecklingsprocessen ta hänsyn till både produktionsaspekter och materialval. Produktens konstruktiva utformning måste anpassas för tillverkning utifrån faktorer som kravprofil, materialval, seriestorlek och val av produktionsmetod. Dessutom kan utformning av verktyg och fixturer kräva betydande konstruktionsarbete. (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013, s. 458).

#### **3.4.1 Spånskärande bearbetning**

Spånskärande bearbetning är en gruppering av flera tillverkningsmetoder som används för att forma material till önskade dimensioner genom att avlägsna oönskat material från ett arbetsstycke med hjälp av ett skärverktyg, antingen genom att skärverktyget eller arbetsstycket roterar. Sådana metoder är till exempel borrar, fräsning, svarvning och sågning. Dessa metoder är i dagsläget väldigt snabba och effektiva tillverkningsmetoder med hög noggrannhet när de kombineras med CNC-styrning. (TEMA Skärande bearbetning, u.d.).

Manuell styrning av verktygsmaskiner används sällan mera i dagsläget med undantag för prototypverkstäder och laboratorier. I dagsläget har CNC, Computer Numerical Control, tagit över, och beredningsarbete som till exempel utläggning av fräsbanor och val av skärdata utförs idag i stor utsträckning med hjälp av CAD/CAM-miljö, computer aided design / computer aided manufacturing.

Bearbetning sker ofta i flera steg, där grovbearbetning följs av finbearbetning. Den optimala skärhastigheten bero på till exempel bearbetningsmetod, verktygsmaterial, arbetsstyckets material och önskad ytjämnhet.

Vid svarvning roterar arbetsstycket medan verktyget matas linjärt längs dess yta. Detta begränsar svarvningens resultat till rotationssymmetriska geometrier. Vid fräsning är verktyget roterande i stället för arbetsstycket. I figur 4 är ett exempel på hur fräsning kan se ut. Fräsverktyg finns i många olika geometrier till exempel skivfräs, pinnfräs, valsfräs, ändplanfräs och även speciella profilfräs för till exempel kuggfräsning. (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013, ss. 466-468).



Figur 4. Fräsning av detalj. (SyBridge Technologies, n.d.).

Vid fräsning kan man använda sig av flera olika fräsmetoder för att uppnå samma resultat. Vissa metoder är mer optimala än andra för ett visst resultat men fräsmetoden begränsas ofta av maskinen. Fräsar delas oftast upp enligt mängden förflyttbara axlar verktyget har i förhållande till arbetsstycket. I en 3-axlad fräs kan verktyget eller arbetsstycket endast flyttas i x-, y- och z-riktning medan i 4- och 5-axlade fräsar kan ytterligare även verktyget eller arbetsstycket roteras. Till exempel kan planfräsningar, fräsning mot skuldra eller spårfräsningar utföras med 3-axliga maskiner medan det krävs 4- eller 5-axliga maskiner för att fräsa tredimensionella profiler. (Sandvik Coromat, u.d.).

### **3.4.2 Termisk skärning**

Termisk skärning innebär en skärprocess som använder en värmekälla för att värma upp materialet till dess smältningstemperatur och mekaniskt blåsa bort det smälta materialet för att bilda ett skärnitt. Materialet blåses bort med en gas som kan vara antingen inert eller aktiv beroende på vilken värmekälla som används. En fördel med termisk skärning är att det inte påverkas av materialets hårdhet vilket betyder att det går lika bra att skära ett höghållfast stål som ett mjukstål.

Det finns tre olika typer av värmekällor:

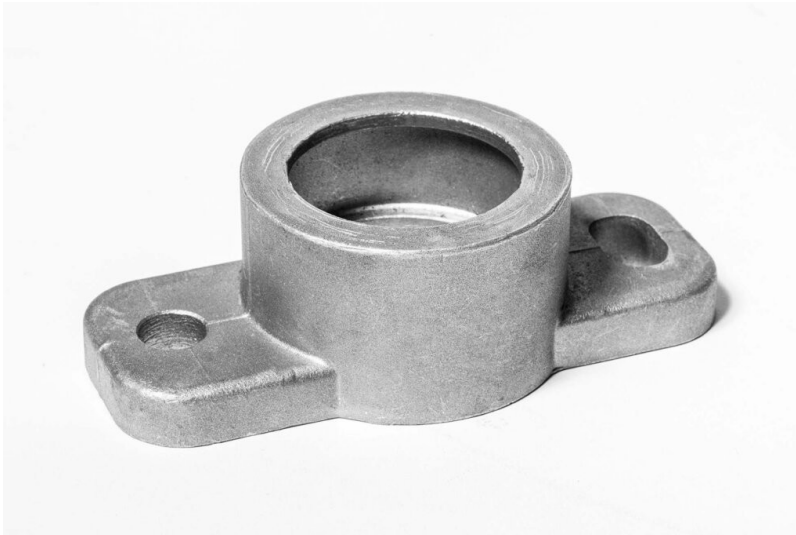
1. Gaslåga = gasskärning
2. Ljusbåge = plasmaskärning
3. Laserstråle = laserskärning

Vilken av dessa metoder man väljer att använda beror främst på materialtjocklek men även på kvalitén av skärnitt. (SSAB, 2010, s. 6:6).

Laserskärning ger högsta kvalitén på skärnitt samt minst värmeöverförel i arbetsstycket av dessa metoder men lämpas bäst till tunnare plåt och har en materialtjockleksgräns på c. 25–30 mm. Plasmaskärning däremot passar till materialtjocklekar upp till 50 mm och har en högre skärhastighet än laserskärning från c. 15 mm och uppåt vilket gör det en billigare metod med aningen lägre skärnittskvalité. För plåtar över 50 mm rekommenderas gasskärning även om denna metod kan medföra att arbetsstyckets egenskaper förändras på grund av hög värmeöverförel, gasskärning ger även ett relativt grovt skärnitt. Ett annat alternativ för att undvika gasskärningens nackdelar vid högre materialtjocklekar är vattenskarning men den är i sin tur en dyrare metod. (Velling, 2021).

### 3.4.3 Gjutning

Gjutning möjliggör tillverkning av detaljer med mycket komplex geometri i ett enda stycke. Processen innebär att flytande metall hålls i en form, vars hålrum motsvarar den färdiga detaljens form. När metallen stelnar i formen bildas detaljen. Formarna kan vara både engångsformar och permanentformar beroende på gjutningsmetoden som används. Exempel på dessa metoder är sandgjutning, kokillgjutning, pressgjutning och precisionsgjutning. Formarna kan även bestå av olika material som sand, keramiska skal och gips. I figur 5 kan man se en gjuten detalj i metall.



Figur 5. Gjuten detalj i metall. (TFG USA, u.d.).

Gjutgodsets mekaniska egenskaper som hållfasthet, ytjämnhet och toleranser varierar beroende på gjutmetod och material. Vid konstruktion av gjutna detaljer är det viktigt att ta i beaktande materialets krympning, restspänningar, gasblåsor och inneslutningar. Gjutgods kräver oftast även efterbearbetning för att avlägsna ytdefekter som gjutskägg. Ofta bearbetas även plana ytor, hål och gängor för att uppnå önskade toleranser. (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013, ss. 464-465).

### 3.5 Hydraulkopplingar

I dagsläget finns det många olika varianter av hydraulkopplingar och för att välja rätt koppling samt säkerställa dess funktion är det viktigt att känna till olika typer av kopplingar och hur dessa fungerar. Oftast fästes inte hydraulslangar eller hydraulrör direkt till komponenten utan en koppling används mellan dessa. Hydraulkopplingar delas upp i två huvudgrupper, gängade kopplingar och flänskopplingar.

Gängade kopplingar använder sig oftast av gängor som BSP, BSPT, M, NPTF eller UNF. En del gängor är avsmalnade som BSPT medan andra är normala parallella gängor som BSP. Flänskopplingar däremot är oftast tillverkade enligt SAE-standarderna men det finns undantag såsom DIN- och CETOP-standarderna. I figur 6 syns ett exempel på en SAE-flänskoppling.



Figur 6. SAE-flänskoppling. (Hydraulic SAE Flanges, u.d.).

För att tätta anslutningen mellan kopplingen och komponenten används antingen metalltätningar, elastiska tätningar, USIT-tätningar som är en kombination av både metall och elastiskt material eller koniska gängor som skär in i materialet. För att tätta anslutningen mellan kopplingen och slangen finns det däremot betydligt flera alternativ. Dessa kan vara både av engångstyp och återanvändbara som oftast består av gängor med olika koniska delar som skär fast eller ytor som svetsas ihop. (Kauranne, Kajaste, & Vilenius, 2013, ss. 423-429).

## 4 Tillvägagångsätt

Projektet inleddes genom att bekanta sig med ämnet genom interna diskussioner på företaget om tidigare och nuvarande versioner av upphängningar för olika rotatorer med bland annat konstruktörer, bearbetare och montörer. Efter att ämnet var bekant studerades teori om produktutvecklingsprocessen, olika relevanta tillverkningsmetoder och hydraulkopplingar. Till följande beslöts det att göra upp en kravlista med olika krav och önskemål gällande konstruktionen för att underlätta konceptgenereringsprocessen. Utifrån de krav och önskemål som beskrevs i kravlistan genererades olika koncept för upphängningen.

Modelleringen för koncepten inleddes genom att rita upp nedre delen med kanalerna och bultförbanden som fästes till rotatorn för att få en grund till upphängningen. Efter detta utvecklades i tur och ordning lösningar till olika delfunktioner. Förutom kravlistan användes även befintliga lösningar samt diskussioner med företagets anställda som inspiration under utvecklingen. Efter att delkoncepten utvecklades sattes de in i en sammanställning för att kontrollera helheten och när man hade ett fullständigt koncept utvärderades det tillsammans med några personer inom företaget.

## 5 Resultat

I detta kapitel presenteras till först kravlistan och en kort beskrivning av tillverkningsmetoder och konstruktionens hållfasthet. Efter detta presenteras de tre genererade koncepten för konstruktionen. Till slut presenteras det valda konceptet med en resultatdiskussion och förslag till vidare utveckling.

### 5.1 Krav och önskemål

För att underlätta konceptgenereringen sammanställdes en kravlista gällande funktioner, egenskaper och tillverkning. Kraven och önskemålen har definierades utifrån interna diskussioner på Kone Ketonen. Listan har blivit uppdaterad under processens gång efter att nya önskade egenskaper framkommit.

**Tabell 1. Kravlista.**

#### **Krav**

---

Behålla egenskaper för kanaler och infästningar från nuvarande version

Skydd för slangar

Lägre vikt än nuvarande upphängning

Möjligt att tillverka med företagets egna maskiner

Kompatibel med Black Bruins länkbroms

Stoppare för tiltning

Utbytbar ögla för anpassning till olika maskiners kranar

Anslutningar till maskinen i samma vinkel

#### **Önskemål**

---

Låg höjd

Enkel form och inga sneda ytor/borrningar

Minska på produktionskostnader

Möjlighet att efterspanna skruvförband/kopplingar när den är monterad

Skyddad 6-pin deutsch-anslutning för CAN-linjen

Till följande beskrivs kanalernas samt bultförbandens egenskaper som man vill behålla för att upphängningen ska passa på rotatorn samt de vanligaste skogsmaskinerna utan att det krävs ändringar varken till rotatorn eller skogsmaskinen.

Tryck- och returlinjen bör vara 20 mm i diameter där de ansluts till rotatorn och ha R  $\frac{3}{4}$  gänga utåt till maskinens kopplingar. Dessa två ska vara utbytbara sinsemellan och de kommer att ha ett arbetstryck på c. 150 bar med ett maxtryck på c. 300 bar. Överflödeslinjen ska vara 12 mm i diameter till rotatorn med en R  $\frac{1}{2}$  gänga ut till maskinen. Kanalen för CAN-buss linjen bör vara 15 mm i diameter vid anslutningen till rotatorn och ha en R  $\frac{3}{4}$  gänga ut till maskinen. Kanalen för stubbehandling ska ha en diameter på 8 mm till rotatorn och en gänga ut till maskinen på R  $\frac{1}{4}$ . En lämplig o-ring med försänkt spår används för alla dessa kanaler mellan upphängningen och rotatorn. Alla anslutningar till maskinen sker via respektive anslutningsnippel med USIT tätning. Själva upphängningen bultas fast till rotatorns kugghjul med 12st. M12x1,75 10,9 bultar och 3st. M12x1,75 10,9 bultar till rotatorns axel. Hittills har även upphängningens ögla som ansluter upphängningen till länken varit bultat till upphängningen med 6st. M14 10.9 bultar, men detta kan ändras vid behov i samband med detta arbete.

## 5.2 Tillverkningsmetod och hållfasthet

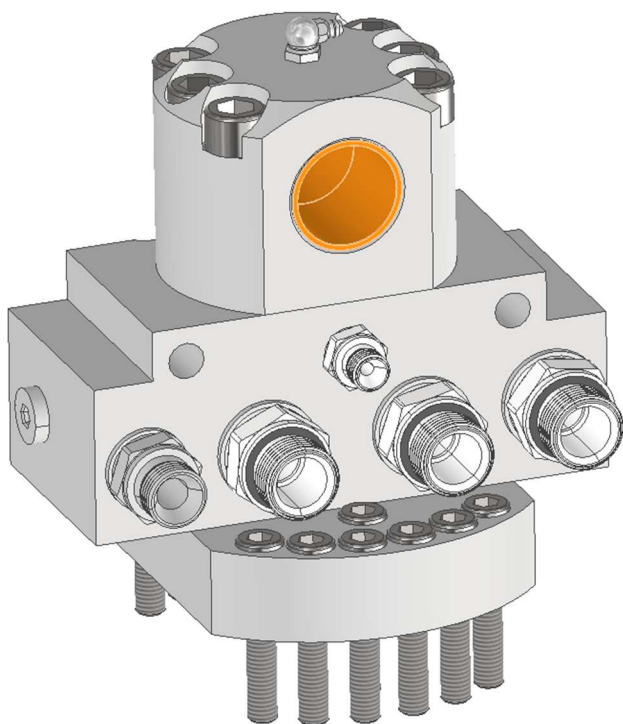
Bearbetning valdes i detta skede som huvudsaklig tillverkningsmetod för upphängningen. Beslutet togs efter interna diskussioner på företaget och grundar sig främst på osäkerheten om försäljningsvolym. Genom att huvudsakligen tillverka konstruktionen genom bearbetning kunde man till en början producera små serier med företagets egna maskiner enligt behov. Gjutning som huvudsaklig tillverkningsmetod diskuteras vidare i kapitlet förslag till vidare utveckling.

I detta arbete valdes att inte göra några dimensioneringsberäkningar eftersom konstruktionens hållfasthet antogs ha liten förändring jämfört med tidigare version. Upphängningens uppbyggnad/koncept ändras inte betydligt med tanke på hållfasthet och skruvförband som ingår i konstruktionen behålls till stor del oförändrande, ifall dessa ändras kommer de att förstärkas. Materialvalet för komponenterna förblir också detsamma som i tidigare konstruktion.

### 5.3 Koncept 1

Första konceptet för upphängningen som visas i figur 6 har en simpel fyrkantig form med allt integrerat i själva ramen utan några extra komponenter förutom anslutningar och en platta på baksidan som täcker utrymmet för CAN-linjens kablar. Den behåller den nuvarande öglan som fäster upphängningen till själva maskinens bom. Alla anslutningar går även i samma riktning från samma ytnivå mot lyftkranen. Den har två långa hål på varsin sida för att fästa ett skydd för slangar. För att få den kompatibel med Black Bruins länkbroms skulle man byta ut öglan mot en modell med splines tillverkade med ett specialverktyg. Modellen skulle även behöva vara aningen högre för att ge rum till friktionsbromsen i länken.

Totala vikten för detta koncept skulle bli cirka 11,4 kg utan bultar eller anslutningsnipplar vilket skulle ge en viktminskning från den nuvarande upphängningen på endast 0,9 kg. Höjden från botten till tappens mittpunkt skulle bli 138 mm.



Figur 7. Koncept 1.

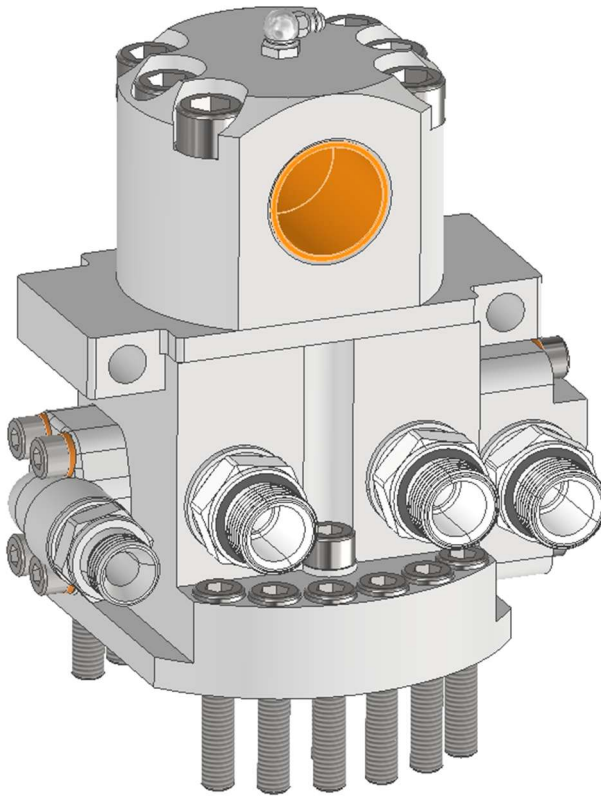
Fördelarna med konceptet är den enkla formen vilket skulle göra det möjligt att bearbeta ramen för upphängningen med endast två infästningar i en fräsmaskin samt låga antalet nya delar som skulle spara på lagerutrymme. Alla hydraulanslutningar är också riktade i samma vinkel så att slangarna inte sprider på sig till maskinen. Det skulle även vara möjligt att tillverka en låsningsplatta för de tre mittersta anslutningarna vilket skulle lösa efterspänningsproblemet med anslutningarna. Det skulle endast vara nödvändigt att spänna överflödes- samt CAN-linjens anslutningar eftersom de tre mittersta skulle vara fastlåsta.

Konceptet hade dessvärre flera nackdelar som till exempel ett trångt utrymme för CAN-linjens kablar och inte tillräckligt med utrymme för en deutsch-anslutningen, hög höjd till tappens mittpunkt, relativt liten viktförminskning samt höga bearbetningskostnader på grund av mängden material som skulle bearbetas bort på grund av formen.

#### **5.4 Koncept 2**

Andra konceptet för upphängningen som visas i figur 7 har en liknande form som första konceptet dock smalare genom att överflödes- samt CAN-linjens kanaler leds ut till sidorna av ramen och har skilda komponenter mellan ramen och anslutningsnipplarna. Detta skulle minska på bearbetningen ifall en axel används som råmaterial. För CAN-linjen bearbetas en egen låda men för överflödet skulle det vara möjligt att använda en standardiserad flänskoppling av typen SAE Code 61. Det finns även mera rum på framsidan för att stubb-behandlingens kanal har flyttats till baksidan. Denna kanal skulle gå rakt igenom från botten och slangen skulle dras från baksidan av upphängningen till maskinen.

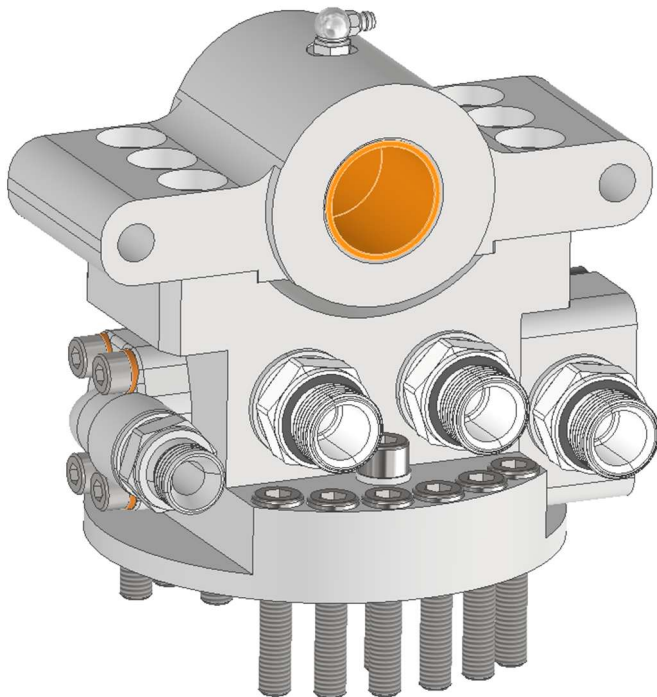
Totala vikten för detta koncept skulle bli cirka 9,3 kg utan bultar eller anslutningsnipplar vilket skulle ge en viktminskning från den nuvarande upphängningen på 3 kg. Höjden från botten till länkens upphängningstapps mittpunkt skulle bli 146 mm. Det skulle även vara möjligt att tillverka denna variant av 150 mm axel.



Figur 8. Koncept 2.

### 5.5 Koncept 3

Tredje konceptet som visas i figur 8 är en vidareutveckling av koncept 2 med en annan typ av utbytbar ögla. Bultarna för ögla har flyttats utåt för att minska på bultarnas klämlängd och förstärka förbandet samt samtidigt minska på konstruktionens totala höjd. Samtidigt skulle man även få stoppare till tiltningen och fästen för slangskyddet genom denna lösning. Den nya ögla tillverkas med gasskärning från 80 mm plåt varefter endast hålen och ytorna som är i direkt kontakt med ramen bearbetas. Själva ramens tjocklek har även ändrats från 80 till 70 mm så att hålet på framsidan som leder till rotatorns axel kan göras med vanlig borrh.



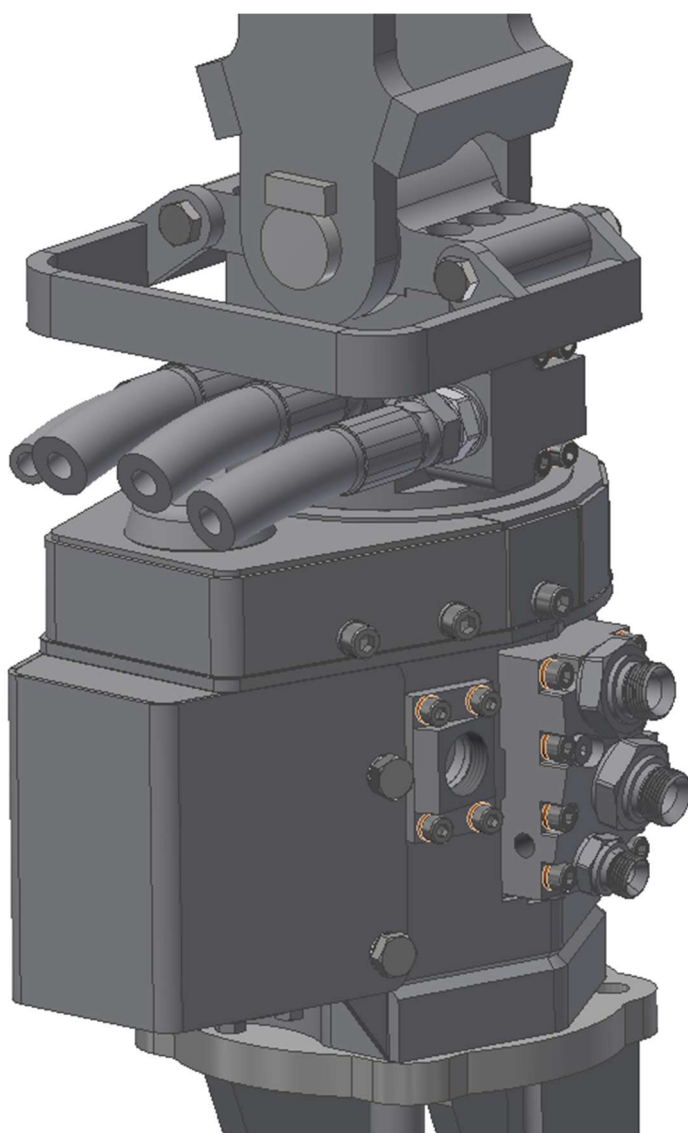
**Figur 9. Koncept 3.**

Totala vikten för detta koncept skulle bli cirka 9,07 kg utan bultar eller anslutningsnipplar vilket skulle ge en viktminskning från den nuvarande upphängningen på 3,23 kg. Höjden från botten till länkens upphängningstapps mittpunkt skulle bli 116,5 mm. Det skulle även vara möjligt att tillverka denna variant av 150 mm axel.

Som i första konceptet skulle även denna variants ram vara möjlig att bearbeta med endast två infästningar i fräsen. Det borde även vara möjligt att efterspanna alla anslutningar med en modifierad nyckel utan att avlägsna något annat än slangskyddet. Utrymmet för CAN-linjen har rum för en deutsch-anslutning samt tillräckligt med utrymme för kablar för att uppnå en nödvändig kabellängd vid montering. CAN-linjens låda har även rum för att montera en dragavlastare gängad till insidan av anslutningsnippeln. I gängan för anslutningsnippeln fräses även små spår för att kunna föra deutsch-anslutningen genom det gängade hålet. För att använda Black Bruins länkbroms med detta koncept byter man ut öglan till en liknande variant med invändiga splines i stället för hålet med bussningar som syns i figur 8. Centrumet för dessa invändiga splines skulle även flyttas 10 mm högre för att göra rum för friktionsbromsen.

## 5.6 Konceptval

Efter att alla koncept utvärderats internt på företaget ansågs koncept 3 som det lämpligaste eftersom det uppfyllde alla specificerade krav och majoriteten av önskemålen. Till det slutliga konceptet gjordes endast justering till utgående kanalernas höjd. Överflödenslinjens SAE-flänskoppling vinklades 5° uppåt och CAN-linjens hydraulkopplings gängade hål flyttades 7 mm uppåt. I figur 9 presenteras det slutliga konceptvalet i en sammanställning med ett exempel på en lyftkrans länk fäst till öglan, riktgivande slangar för upphängningen och den nya tillhörande rotatorn. Lyftkranens länk som syns i figur 9 är endast riktgivande, eftersom tiltningens stoppare inte är ämnade för denna upphängning.



Figur 10. 3D-modell med koncept 3 monterat till rotatorn.

## 5.7 Resultatdiskussion

Det slutliga konceptet för upphängningen uppfyller alla krav samt även majoriteten av önskemålen definierade i kravlistan. Det har egentligen inte skett några stora förändringar i grundkonceptet på hur upphängningen är uppbyggd fast den ser helt annorlunda ut jämfört med den nuvarande versionen. Den har inte heller fått några revolutionerande fördelar över den nuvarande versionen utan det handlar mera om flera små förbättringar inom flera områden som lett till en bättre konstruktion. Några exempel är att vikten minskat med cirka 25 %, höjden med cirka 15 %, råmaterialet för ramen har gått från 180 mm till 150 mm axel och antalet infästningar vid fräsning av ramen har minskat från sex till två på grund av enkla formen och kanalerna.

Konceptet kan tillverkas med företagets egna maskiner vilket gör tillverkningen av en prototyp smidig. Upphängningens kanaler och skruvförband till rotatorn hålls oförändrade och när en prototyp av konceptet blivit tillverkad kan den direkt monteras till rotatorn för testning.

Till överflödeslinjen kunde en standardiserad flänskoppling enligt SAE Code 61 användas. Dock för CAN-linjens låda hittades ingen färdig köpbar komponent utan det ansågs vara nödvändigt att tillverka en egen genom bearbetning främst på grund av att infästningen var väldigt begränsad. Slangskyddets infästning till upphängningen kunde ha gjorts på ett bättre sätt genom att svänga bultarnas riktning vinkelrätt mot öglans upphängningstapp så att de skruvas in från sidorna. Med denna förändring skulle man inte behöva svetsa fästen till slangskyddet utan skyddet skulle kunna vara en bockad plåt. Detta skulle dock kräva att man breddar på öglan lite för att skydda slangarna tillräckligt.

## 5.8 Förslag till vidare utveckling

Ifall rotatorns årliga försäljningsvolym ökar i framtiden kunde man utveckla en gjuten variant med minimal bearbetning. Detta skulle troligtvis minska på produktionskostnaderna ifall gjutna serien hade en tillräckligt stor volym. Enligt att försäljningsvolymen ökar kunde man beställa större serier av en gjuten variant som ytterligare skulle sänka totala produktionskostnader.

Ett andra förslag för att vidare utveckla konstruktionen är att undersöka ifall det vore möjligt att ta bort kravet för en utbytbar ögla. Genom att integrera ögla i upphängningens ram skulle behovet av de sex gängade hålen och materialet runt dessa försvinna. Detta skulle i sin tur ytterligare minska på vikten och produktionskostnaderna. Dock skulle detta kräva en ny lösning för slangskyddet samt för stoppare till tiltningen.

## 6 Diskussion

Projektet lyckades och målet att hitta en bättre lösning för konstruktionen uppnåddes. Som följande kommer en prototyp att tillverkas för testning. Jag kommer själv vara med och kontrollera prototypen i framtiden i monteringskedet ifall den skulle kräva några slutliga finjusteringar före testning.

Jag tyckte själv att konstruktionen fick en ganska unik men välfungerande design i slutändan. Konkurrenter inom samma område använder sig främst av gjutna varianter för sina upphängningar men gjutning var inte ett alternativ ännu enligt tidigare nämnda orsaker. Förhoppningsvis ändrar detta i framtiden, för jag tror att det skulle bli ett ganska intressant och lönsamt projekt som även kan tillämpas till andra rotatormodeller inom företaget.

Den största utmaningen med projektet var det begränsade utrymmet i upphängningen. Pusslet att få rum för alla kanaler och skruvförband utan att väggjockleken blev för tunn eller att kanaler gick in på varandra samtidigt som man försökte minimera onödigt material och minska på konstruktionens storlek.

Examensarbete har varit en lärorik uppgift som gett en god insikt i produktutvecklingsprocessen inför arbetslivet. Det har också lärt mig hur en relativt simpel del kan bli mycket mera ingående än tänkt. Jag vill tacka Kone-Ketonen Oy för möjligheten till examensarbetet och alla personer hjälpt mig under arbetets gång.

## 7 Källförteckning

*Hydraulic SAE Flanges.* (u.d.). Hämtat från RFS Hydraulics:  
<https://www.rfshydraulics.com/sae-flanges.html>

Johannesson, H., Persson, J.-G., & Pettersson, D. (2013). *Produktutveckling : effektiva metoder för konstruktion och design.* Stockholm: Liber.

Kauranne, H., Kajaste, J., & Vilenius, M. (2013). *Hydrauliteknikka.* Helsinki: Sanoma Pro.

*Sandvik Coromat.* (u.d.). Hämtat från Vad är framgångsrik fräsning?:  
<https://www.sandvik.coromant.com/sv-se/knowledge/milling>

SSAB. (2010). *Plåthandboken : att konstruera och tillverka i höghållfast stål (2 uppl.).* Borlänge: SSAB EMEA.

SyBridge Technologies. (u.d.). *3-Axis vs. 5-Axis CNC Machining — What you Need to Know.* Hämtat från SyBridge Technologies: <https://sybridge.com/3-axis-vs-5-axis-cnc-machining/>

*TEMA Skärande bearbetning.* (u.d.). Hämtat från Gnosjöregionen:  
<https://www.gnosjoregion.se/tema-skarande-bearbetning>

*TFG USA.* (u.d.). Hämtat från What is metal casting?: <https://www.tfgusa.com/what-is-metal-casting/>

Velling, A. (den 27 1 2021). *How Plasma Cutting Works? Advantages & Disadvantages.* Hämtat från Fractory: <https://fractory.com/plasma-cutting/>