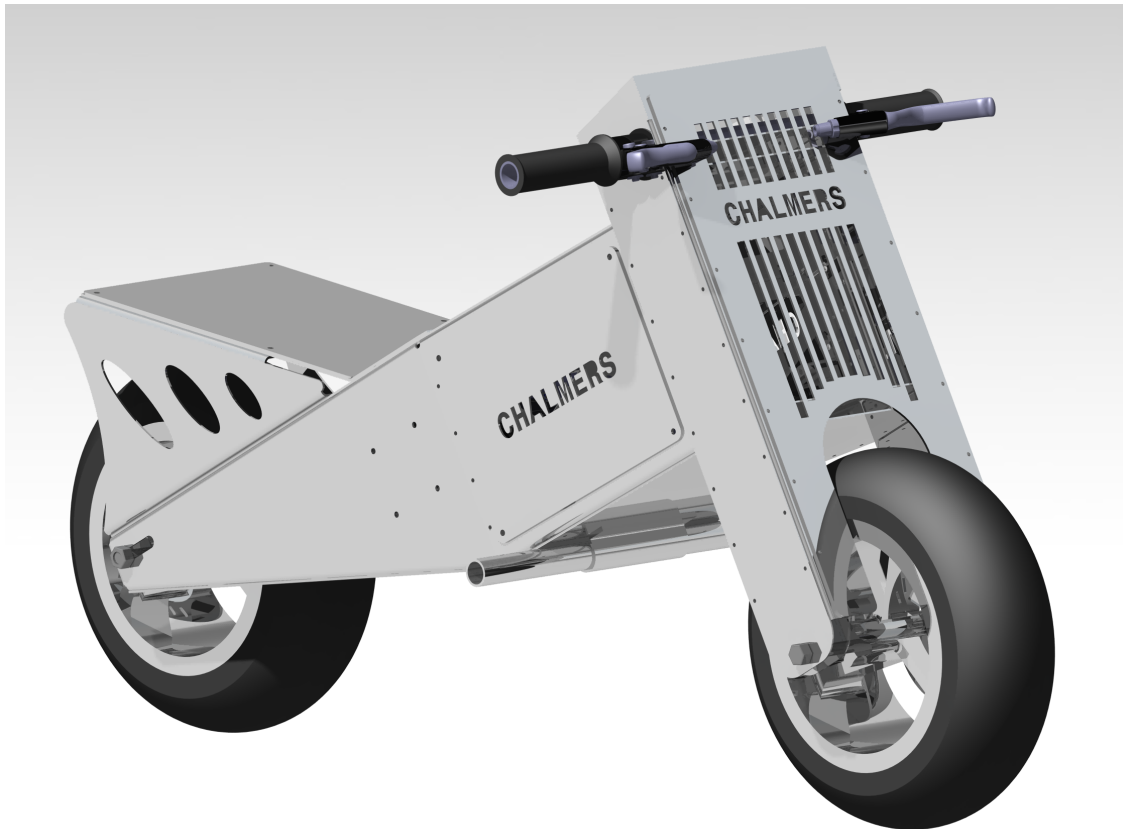




CHALMERS
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



Elektrisk Minimotorcykel

Kandidatarbete PPUX03-15-06

Simon Björkman, Lucia El-Achkar, Daniel Johansson, Isabella Lindholm, Emma Sjöstrand, Nils Svensson

KANDIDATARBETE PPUX03-15-06

Elektrisk minimotorcykel

Slutrapport

Simon Björkman
Lucia El-Achkar
Daniel Johansson
Isabella Lindholm
Emma Sjöstrand
Nils Svensson



CHALMERS
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Produkt- och produktionsutveckling
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2015

Konstruktion och tillverkning av en elektrisk minimotorcykel
Slutrapport

© Simon Björkman, 2015.

© Lucia El-Achkar, 2015.

© Daniel Johansson, 2015.

© Isabella Lindholm, 2015.

© Emma Sjöstrand, 2015.

© Nils Svensson, 2015.

Examinator: Lars Almefelt, Produkt- och produktionsutveckling
Handledare & uppdragsgivare: Reine Nohlborg, Produkt- och produktionsutveckling
Handledare & uppdragsgivare: Göran Stigler, Produkt- och produktionsutveckling

Kandidatarbete PPUX03-15-06
Produkt- och produktionsutveckling
Chalmers University of Technology
SE-412 96 Göteborg

Cover: ©Daniel Johansson
Typeset in L^AT_EX
Göteborg, Sverige 2015

Abstract

The content of this report concerns the design and construction of an electrically driven mini motorcycle. The main purpose of this project has been to investigate advantages and disadvantages of designing prototypes using water jet cutting and sheet metal bending as well as enhance awareness of electrical vehicles. This has been done at the work shop, Prototyplaboratoriet, located at Chalmers University of Technology. Welding can be both expensive and complex, and therefore the mini motorcycle has been constructed with a minimum number of welds. The main goal has been to demonstrate the previously mentioned manufacturing techniques.

The team has through different product development methods such as Kesselring-, Pugh-, elimination- and morphological matrixes constructed a frame, a mechanical and an electrical system. A functional mini motorcycle, with an aluminum body, has been completely constructed in bent sheet metal with a BLDC motor and a control system. By the end of the project the minimotorcycle has been approved as a demonstrator for Prototyplaboratoriet.

Sammandrag

Innehållet i denna rapport behandlar konstruktion och tillverkning av en elektriskt driven minimotorcykel. Det huvudsakliga syftet med projektet har varit att undersöka för- och nackdelar med att konstruera produkter i bockad plåt, samt att stärka Chalmers kultur inom eldrivna fordon. Svetsning kan vara både dyrt och komplicerat och därför har minimotorcykeln konstruerats med ett minimalt antal svetsfogar. Detta har gjorts i Prototyplaboratoriet på Chalmers Tekniska Högskola med hjälp av en vattenskärare och en kantpress. Huvudmålet har varit att demonstrera de nämnda tillverkningsteknikerna.

Gruppen har genom olika produktutvecklingsmetoder såsom Kesselring-, Pugh-, eliminerings- och morfologiska matriser konstruerat en ram, ett mekaniskt och ett elektriskt system. En fungerande minimotorcykel med en aluminiumram, helt tillverkad i bockad plåt utan svetsfogar har kombinerats med bland annat en BLDC-motor och en motordrivare. Denna har i slutet av projektet godkänts som demonstrator för Prototyplaboratoriets vattenskärare och kantpress.

Nyckelord: elektrisk minimotorcykel, minimoto, kantpressning, vattenskärning, konstruktion, produktutveckling, eldrivna fordon

Förord

Detta kandidatarbete har utförts i syfte att uppmärksamma Chalmers Prototyplaboratoriums mångfasetterade möjligheter till praktiskt utförande av teoretiska kunskaper. Syftet har varit att testa tekniker för vattenskärning och bockning med mål att tillverka en fungerade prototyp av en eldriven minimotorcykel som ska fungera som demonstrator för de nämnda tillverkningsteknikerna. En elmotor och tillhörande elsystem används för att på sikt kunna stärka Chalmers kultur inom eldrivna fordon.

Särskilda tack riktas till examiner Lars Almefelt samt handledare Göran Stigler och Reine Nohlborg som handlett kandidatgruppen genom arbetet. Övriga tack riktas till institutionen för Energi och miljö på Chalmers för tips om de elektriska delarna av minimotorcykeln och Benjamin Vedder som har utvecklat motordrivaren samt hjälpt gruppen med implementering.

PPUX03-15-06, Göteborg, Maj 2015

Innehåll

Figurer	x
Tabeller	xii
1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	2
1.3 Mål & problemformulering	2
1.4 Avgränsningar	2
1.5 Metod	3
2 Teori	5
2.1 Tillverkningsteknik	5
2.1.1 Vattenskrining	5
2.1.2 Kantpressning	5
2.2 Teori mekaniskt system	7
2.3 Teori elektriskt system	8
2.3.1 Motorer	9
2.3.2 Motordrivare	11
2.3.3 Energikälla	11
3 Metod	13
3.1 Kompetensuppbyggnad	13
3.2 Funktionsanalys	14
3.3 Kravspecifikation	14
3.4 Konceptval	14
3.4.1 Beskrivning av matriser	15
3.4.1.1 Morfologisk matris	16
3.4.1.2 Elimineringssmatris	16
3.4.1.3 Pugh-matris	16
3.4.1.4 Kesselring-matris	17
3.5 Konstruktion & tillverkning	17
3.6 Testning & validering	17
3.7 Demonstration	17

4	Kravspecifikation	19
4.1	Funktionsanalys	19
4.2	Resultat av kravspecifikation	20
5	Konceptval	23
5.1	Val av ramkoncept	23
5.1.1	Pugh-matris för ramkoncepten	24
5.1.2	Kesselring-matris för ramkoncepten	25
5.2	Val av mekaniskt system	26
5.2.1	Morfologisk matris för mekaniska systemet	26
5.2.2	Elimineringsmatris för mekaniska systemet	27
5.2.3	Pugh-matris för mekaniska systemet	28
5.2.4	Kesselring-matris för mekaniska systemet	29
5.3	Val av elsystem	30
5.3.1	Morfologisk matris för elsystemet	30
5.3.2	Elimineringsmatris för elsystemet	31
5.3.3	Pugh-matris för elsystemet	32
5.3.4	Kesselring-matris för elsystemet	33
5.3.5	Konceptval av batteri	34
5.3.5.1	Elimineringsmatris för batterier	34
5.4	Val av hela systemet	36
6	Konstruktion & prototyp tillverkning	37
6.1	Konstruktion av ram	37
6.2	Konstruktion av mekaniskt system	39
6.2.1	Bromsar	39
6.2.2	Hjul	40
6.2.3	Transmission	40
6.2.4	Framgaffel	41
6.2.5	Kylsystem	42
6.2.6	Fjädring	42
6.2.7	Sadel	42
6.2.8	Övriga komponenter	43
6.3	Konstruktion av elsystem	43
6.3.1	Dimensionering och val av motor	43
6.3.2	Styrning av motorn	46
6.3.3	Dimensionering av batterier	47
6.3.4	Säkerhet	48
6.4	Placering av komponenter	50
7	Slutprodukt & testning	53
7.1	Testning & validering	55
8	Diskussion	57
8.1	Diskussion kring tillverkningsmetoderna	57
8.2	Diskussion kring elsystemet	58
8.3	Diskussion kring testning	58

8.4	Vidareutveckling	59
8.4.1	Vidareutveckling av konstruktion	59
8.4.2	Vidareutveckling av åtkomlighet	59
8.4.3	Vidareutveckling av montering	59
8.4.4	Vidareutveckling av elsystemet	60
8.4.5	Skydd av elektriska komponenter	60
9	Slutsats	61
	Bibliography	63
A	Appendix: Beskrivning av kravspecifikationens ingående element	I
B	Appendix: Ramkoncept	III
B.1	Lådkoncept	III
B.1.1	Rätblock	III
B.1.2	Osten	IV
B.1.3	Sporthoj med flygplansvinge	IV
B.1.4	Vinklad låda	V
B.1.5	Delkoncept: Inbyggd drivlina	VI
B.2	Balkkoncept	VI
B.2.1	Klassisk raceminimoto	VII
B.2.2	Upphängning	VIII
B.2.3	Enkel cykel	IX
B.2.4	Eka	X
B.2.5	Ram med bottenplatta	X
B.2.6	Cykel	XI
B.2.7	Moped	XII
B.3	Kombinerade balk- och ramkoncept	XII
B.3.1	Motocross	XIII
B.3.2	Sporthoj med balkar	XIII
B.3.3	Triangellåda med I-balk	XIV
B.3.4	Motocross med hål	XIV
B.3.5	Motocross med taggar	XV
B.3.6	Trekanten	XVI
C	Appendix: Beskrivning av kriterier för Pugh- och Kesselringmatriserna för ramkoncept	XVII
D	Appendix: Beskrivning av kriterierna för morfologisk matris hos mekaniska systemet	XIX
E	Appendix: Beskrivning av kriterierna för morfologisk matris hos elsystemet	XXV
F	Appendix: Beräkning av krävt bromsmoment	XXIX
G	Appendix: Beräkningar för dimensionering och val av motor	XXXI

H Appendix: Detaljritning

XXXV

Figurer

2.1	Spänningar och återfjädring[7]	6
2.2	Schematisk bild av Cone900[8]	6
2.3	Restriktioner vid bockning av U-profil	7
2.4	Restriktioner vid dubbelbockning i Cone900	7
2.5	Illustrerande bild av gaffelvinkel och försprång[10]	8
2.6	Blockschema över elektriskt drivet fordon	9
2.7	Elmotorns uppbyggnad	10
2.8	Schema med några av de vanligaste typerna av elmotorer	11
2.9	Uppbyggnad av en battericell	12
3.1	Processdiagram för projektets arbetsgång	13
3.2	Processdiagram för konceptvalsmetoden	15
3.3	Systemstruktur för minimotorcykeln	15
4.1	Funktionsanalys för minimotorcykeln	20
5.1	Skiss av triangellåda med I-balk	26
5.2	Val av batteri	35
6.1	Spänningskoncentrationer vid bakaxeln och sadeln	38
6.2	Kraftigt förstärkt utböjning kring den kryssformade förstärkningen	38
6.3	Spänningar i ramen kring den kryssformade förstärkningen	38
6.4	Ramens utformning	39
6.5	a) Effektivspänning i framgaffeln b) Kraftigt förstärkt utböjning i framgaffeln	41
6.6	Fästnanordning för styrpinne	42
6.7	Sadel med avtagbar lucka.	43
6.8	Krafter som påverkar minimotorcykeln[12]	44
6.9	Turnigy RotoMax 50 cc Size Brushless Outrunner Motor	45
6.10	Motordrivaren	47
6.11	Gashandtaget	47
6.12	Huvudströmbrytare	49
6.13	Automatsäkring	49
6.14	Kretsschema för hur säkringarna sitter placerade i kretsen	50
6.15	Montering och demontering av batterier	50
6.16	Montering och demontering av motor	51

7.1	Hela den slutgiltiga prototypen	53
7.2	Framgaffel på den slutgiltiga prototypen	54
7.3	Sprängbild av den slutgiltiga modellen	54
7.4	Validering av kravspecifikation	55
B.1	Ramkoncept Rätblock	III
B.2	Ramkoncept Osten	IV
B.3	Ramkoncept Sporthoj med flygplansvinge	IV
B.4	Ramkoncept Vinklad låda	V
B.5	Delkoncept Inbyggd drivlina	VI
B.6	Ramkoncept Klassisk raceminimoto	VII
B.7	Sammanfogning av balkar hos koncept Klassisk raceminimoto	VII
B.8	Ramkoncept Upphängning	VIII
B.9	Ramkoncept Enkel cykel	IX
B.10	Ramkoncept Eka	X
B.11	Ramkoncept Ram med bottenplatta	X
B.12	Ramkoncept Cykel	XI
B.13	Ramkoncept Moped	XII
B.14	Ramkoncept Motocross	XIII
B.15	Ramkoncept Sporthoj med balkar	XIII
B.16	Ramkoncept Triangellåda med I-balk	XIV
B.17	Ramkoncept Motocross med hål	XIV
B.18	Ramkoncept Motocross med taggar	XV
B.19	Ramkoncept Triangel	XVI

Tabeller

4.1	Kravspecifikation	22
5.1	Pugh-matris för ramkoncepten	24
5.2	Kesselring-matris för ramkoncepten	25
5.3	Morfologisk matris för det mekaniska systemet	27
5.4	Resultat av den morfologiska matrisen för det mekaniska systemet . .	27
5.5	Elimineringsmatris för det mekaniska systemet	28
5.6	Pugh-matris för det mekaniska systemet	29
5.7	Kesselring-matris för det mekaniska systemet	30
5.8	Morfologisk matris för elsystemet	31
5.9	Resultat för den morfologiska matrisen för elsystemet	31
5.10	Elimineringsmatris för elsystemet	32
5.11	Pugh-matris för elsystemet	33
5.12	Kesselring-matris för elsystemet	34
5.13	Elimineringsmatris för batterierna	35

Förkortningslista

AC Alternate Current - Växelström

Ah Ampere hour - Amperetimme

BLDC Brushless Direct Current - Borstlös likströmsmotor

cc Cubic centimeters - Kubikcentimeter

DC Direct Current - Likström

EMK Elektromotorisk kraft

MMK Magnetomotorisk kraft

PM Permanentmagnet

PMSM Permanent Magnet Synchronus Machine - Permanentmagnetiserad Synchronmotor

RC Radio control - Radiostyrd

rpm Rotations per minute - Rotationer per minut

Wh Watt hour - Wattimme

1

Inledning

Det inledande kapitlet introducerar projektets bakgrund, syfte och mål. En kort beskrivning av metod och relevant bakgrundsfakta redogörs tillsammans med avgränsningar för projektet.

1.1 Bakgrund

En minimotorcykel, även kallad minimoto, är en liten roadracing-motorcykel som är cirka 100 cm lång, 50 cm hög och väger cirka 25 kg. De har traditionellt en förbränningsmotor på cirka 50 cc och kan uppnå en toppfart på cirka 50 km/h. På grund av motorcykelns relativt enkla konstruktion lockar det många att själva tillverka dem. Ett problem är dock att ram och andra delar ofta svetsas, vilken är en tidskrävande process. Chalmers Prototyplaboratorium har köpt in en ny kantpress och vattenskrävningsmaskin som ska användas till att forma och skära plåt.

Minimoto blev en populär motorcykel att tävla med i Italien för cirka 15 år sedan och är idag en vanlig sport inom roadracing. De svenska tävlingarna i minimoto arrangeras idag i samarbete med Svenska Motorcykel- och Snöskoterförbundet, Svemo[1]. Det är även Svemo som tar fram regler och krav för hur minimoton måste se ut vid tävling.

En övervägande del av alla motorcyklar och fordon använder fortfarande förbränningsmotorer. Elektriskt drivna fordon blir dock allt vanligare inom den kommersiella industrin, där man kan se ökad försäljning av elektriskt drivna mopeder, cyklar och bilar[2]. Teknologin inom detta område blir allt mer sofistikerad och eldrivna fordon börjar kunna konkurrera mot förbränningsfordon med avseende på acceleration, fart, hållbarhet och pris[3]. En elmotor avger inga direkta utsläpp och har en högre verkningsgrad i förhållande till förbränningsmotorn. Alternativen för energilagring är dock dyra vilket hämmar utbredningen av elfordon. Som en del av Chalmers långsiktiga arbete för hållbarhet bedrivs utveckling av elektriskt drivna fordon. Valet av elektrisk drivning på minimotorcykeln står därför i linje med Chalmers framtidsvision inom området.

1.2 Syfte

Projektet har huvudsakligen två syften. Det första är att undersöka för- och nackdelar med att konstruera produkter i bockad plåt. Med hjälp av kantpressning, vattenskarving och nitning ska ett alternativ till svetsning utredas. Det andra syftet är att stärka Chalmers kultur inom eldrivna fordon.

1.3 Mål & problemformulering

Projektets huvudsakliga mål är att konstruera och bygga en fungerande prototyp av en eldriven minimotorcykel. Minimotorcykeln ska byggas i Chalmers Prototyplaboratorium och fungera som en demonstrator för Prototyplaboratoriets vattenskarvare och kantpress.

Mer specifikt ska motorcykelns ram tillverkas av vattenskuren tunnplåt som sedan ska bockas och sammanfogas utan svetsning. Ramen ska vara välkonstruerad där hållfasthet och layout måste beaktas, samtidigt som enkelhet i konstruktionen eftersträvas.

En drivlina måste konstrueras där ett krav från uppdragsgivaren är att denna ska vara eldriven. Väsentliga problem är att hitta en lämplig motor med rätt dimensionering för drivning av en minimotorcykel, förmåga att kunna styra och reglera denna samt att finna en tillfredsställande energikälla. Här bör även elsäkerhet tas i beaktning.

Ytterligare ett mål är att minimotorcykeln även uppfyller framtagna kravspecifikation. Detta innebär bland annat att fordonet ska ha väl fungerande bromsar och kunna manövreras på ett tillfredsställande sätt. Se kapitel 4.2, kravspecifikation, för full lista på krav. Följande målformulering definierar projektet:

“Under vårterminen kommer en fullständig prototyp av en eldriven minimotorcykel tas fram, vars ram ska visa vattenskarvarens och kantpressens potential, med slutdatum den 28:e maj. Slutprodukten skall demonstrera en minimotorcykel med ett robust elsystem och visa på möjligheterna att tillverka prototyper i Chalmers Prototyplaboratorium”

1.4 Avgränsningar

Ett antal avgränsningar har tagits fram för att förtydliga ramverket för projektet. En relevant avgränsning berör egentillverkning av komponenter till minimotorcykeln då endast 400 arbetstimmar per person fanns att disponera. För att spara tid kom därför inte alla komponenter att egentillverkas. Således kom batteri, elektronik, motor, gashandtag, hjul, bromssystem samt drivsystem att köpas in. Fokus låg istället på tillverkning av ram och chassi samt att ta fram ett välfungerande elsystem.

För att rymmas inom tidsramen kom endast *en* fullskalig prototyp av det valda kon-

ceptet att byggas. Eftersom motorcykeln ska fungera som en demonstrator behövde tillverkningen av motorcykeln ej vara anpassad för massproduktion.

Prototypen tillverkades i Chalmers Prototyplaboratorium. Här uppkom vissa fysiska restriktioner, främst kantpressens och vattenskrärens kapacitet. Kantpressens begränsningar är geometriberoende och hur samt i vilken ordning plåten bockas är avgörande för dess begränsningar. Detta medförde att många tester har utförts i Prototyplaboratoriet. Bredden på en plåt som kan bockas i Prototyplaboratoriets maskin, Cone 900, begränsas till 868 mm. Ytterligare bockrestriktioner kan utläsas i avsnitt 2.1.2. Vattenskrären har en areabegränsning på 1000×1000 mm och cirka 300 mm i tjocklek. Om inga goda skäl fanns skulle enbart en sorts plåt, med avseende på både material och tjocklek, användas.

Arbetstider för prototyp tillverkning i verkstaden var begränsat till specifika tillfällen utsatta för kandidatarbeten. Det fanns ingen uttalad begränsning för projektets budget men det skall eftersträvas att hålla kostnader nere i största möjliga mån.

1.5 Metod

För att genomföra projektet har ett antal metoder för produktutveckling applicerats ur boken The Value Model. De metoder som använts är bland annat morfologisk-, eliminerings-, Pugh- samt Kesselringmatriser för att gynna en strukturerad och kreativ produktutveckling[4].

En litteraturstudie om elektriskt drivna fordon har genomförts för att avgöra vilka komponenter som är lämpliga för minimotorcykeln samt ge en djupare förståelse av dessa. Detta har tillsammans med beräkningar i MATLAB, konstruktion i CAD, simuleringar i ANSYS och tillverkning av prototyp utgjort majoriteten av projektet. Prototypen har kontinuerligt testats genom olika delprototyper som använts för vidareutveckling.

För vidare fördjupning av metoden, se avsnitt 3.

2

Teori

Teoriavsnittet behandlar information gällande tillverkningsteknik av vattenskärning och kantpressning. Centrala delar rörande en minimotorcykels traditionella konstruktion och komponentuppbyggnad berörs i avsnitt 2.2. Teori bakom hur ett el-drivet fordon och dess elektriska komponenter fungerar introduceras i avsnitt 2.3.

2.1 Tillverkningsteknik

I projektet används främst två tekniker för tillverkning av ram och mekaniska detaljer. Dessa tekniker utgörs av vattenskärning och kantpressning och förklaras nedan.

2.1.1 Vattenskärning

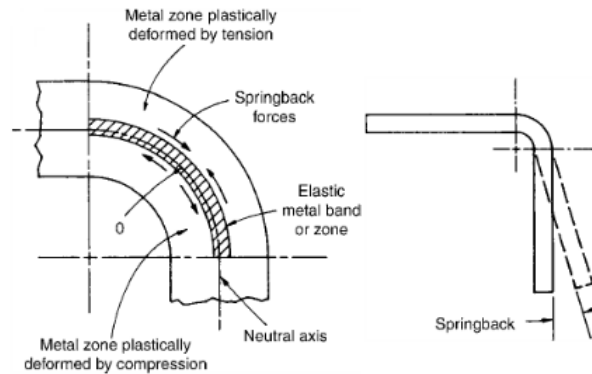
Ramen i detta projekt tillverkades i tunnplåt. En vattenskärare kan användas för att skära ut väldigt komplexa former i både plåt, tjockare metallstycken, keramer, polymerer och många andra material. Vattenskärning fungerar genom att en blandning av vatten och finkornig sand forceras igenom ett litet munstycke, vilket ger upphov till en stråle med ett tryck från ungefär 2400 bar[5]. Med denna vattenstråle är det möjligt att skära ut profiler med hög detaljnivå i upp till 300 mm tjocka metallbitar. Med en modern vattenskärare kan digitala ritningar enkelt realiserar.

Fördelarna med vattenskärning är många. Till skillnad från laserskärning värms inte materialet upp under bearbetningen och materialet behåller sin härdning. Det bearbetade materialet påverkas inte heller av någon oönskad plastisk deformation. Ytråheten går att med abrasiv vattenskärning få ner till 3,2 μm vilket gör att man i många fall inte behöver efterbehandla materialet. Den största nackdelen är att de flesta vattenskärare enbart skär i två dimensioner. Detta utgör dock inget större problem när tunnplåt bearbetas.

2.1.2 Kantpressning

Kantpressning är en plastisk kallbearbetning av plåt. Resultatet av denna metod är oundvikligen inbyggda spänningar där materialet plasticerar, se figur 2.1. På insidan av boken uppstår tryckspänningar och på utsidan dragspänningar. Detta resulterar i att sprödare material kräver större bockningsradie för att materialet ska kunna

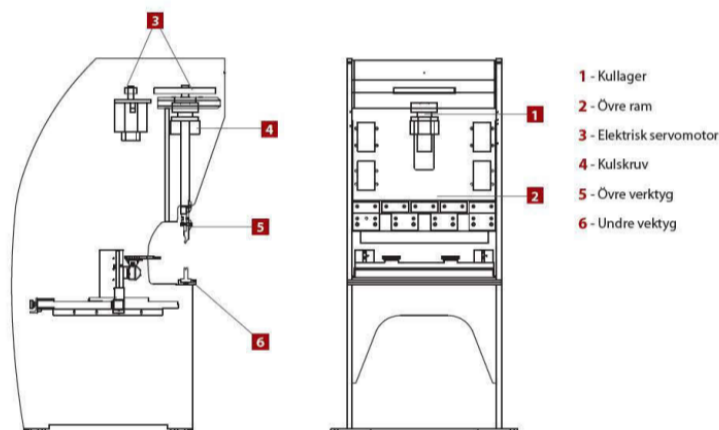
deformeras utan att brott uppstår. En annan effekt av bockning är att materialet återfjädrar, se figur 2.1. Materialets elasticitetsmodul är direkt kopplad till vilken återfjädring man får av bocken[6]. Andra faktorer som påverkar hur stor återfjädringen blir är plåtens valsriktning och tjocklek. För att kompensera för detta överbockar man varje bockning några enstaka grader beroende på materialegenskaperna.



Figur 2.1: Spänningar och återfjädring[7]

Till projektets förfogande finns en datorstyrd kantpress, Cone 900. Restriktionerna i denna kantpress påverkar hur plåtar kan bockas. Till exempel måste hänsyn tas till hur plåten rör sig under bockning. Maskinen har en precision på en hundraedels millimeter på övre pressverktyget. Maskinens precision möjliggörs tack vare avsaknaden av temperaturberoende hydraulisk fluid. Energiförbrukningen blir även upp till 50% lägre jämfört med hydrauliska kantpressar[8]. Vilka profiler som kan tillverkas beror till stor del av vilket övre och undre verktyg som används i maskinen. Även vilken tjocklek arbetsmaterialet har påverkat resultatet. För att få en uppfattning av kantpressens komponenter, se figur 2.2.

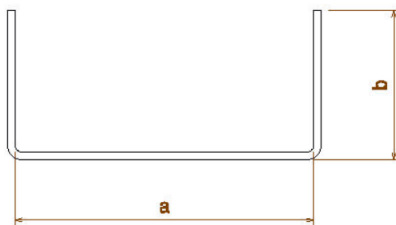
Teknisk data



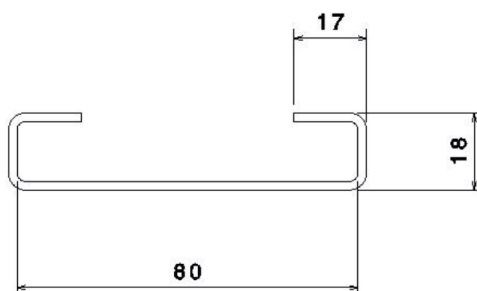
Figur 2.2: Schematisk bild av Cone900[8]

Vid bockning av en U-profil får höjden på bocken inte vara för hög, ty då riskerar

ena sidan att tryckas mot det övre verktyget eller ramen. Detta gör att långsidan måste vara dubbla längden av kanten som ska bockas för undvika kontakt med det övre verktyget. Alltså $a > 2 \times b$ i figur 2.3.



Figur 2.3: Restriktioner vid bockning av U-profil



Figur 2.4: Restriktioner vid dubbelbockning i Cone900

För att göra en dubbelbock krävs att avståndet mellan innerbockarna är minst 80 mm, annars tar plåtstycket i det övre verktyget eller övre ramen, se figur 2.2. Bockarnas yttermått får inte understiga 17 respektive 18 mm, enligt figur 2.4.

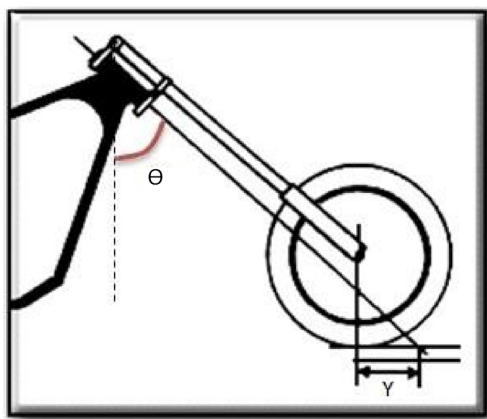
2.2 Teori mekaniskt system

Inga tillförlitliga studier om vilka komponenter som oftast förekommer på en minimotorcykel har funnits. Därför har en undersökning genomförts hos olika återförsäljare för att konstatera vilka komponenter som vanligtvis påträffas. Det mekaniska systemet hos minimotorcyklar består vanligtvis av bromsar, fjädring, kylsystem, framgaffel samt transmission mellan motor och hjul. Bromssystemet består oftast av skivbromsar men på större motorcyklar förekommer även andra bromstyper, till exempel trumbromsar.

Vanligtvis har minimotorcyklar inte någon fjädring då den elastiska deformationen i ramen ofta utgör tillräcklig stötdämpning. Fjädring förekommer dock, både framgaffel och ram kan vara utrustad med till exempel spiralfjädrar eller tryckluftsdämpare.

För kylning av motor och övriga värmegenererande komponenter i minimotorcyklar är luftkylning vanligt förekommande. Hos andra fordon såsom bilar är vattenkylning vanligt[9]. För minimotorcyklar anses vattenkylning ofta vara överflödigt eftersom ett mindre kylbehov krävs.

För riktningsändring används nästan uteslutande en framgaffel med ett monterat styre. För att svängar och kurvor ska vara lättmanövrerade måste gaffeln vara korrekt utformad. Här har försprång och gaffelvinkel stor betydelse, se figur 2.5. Försprång är avståndet, Y , från framdäckets kontaktyta till den punkt på marken gaffelns rotationsaxel pekar. Gaffelvinkel, θ , definieras som vinkeln mellan vertikalplanet och styraxelns riktning.



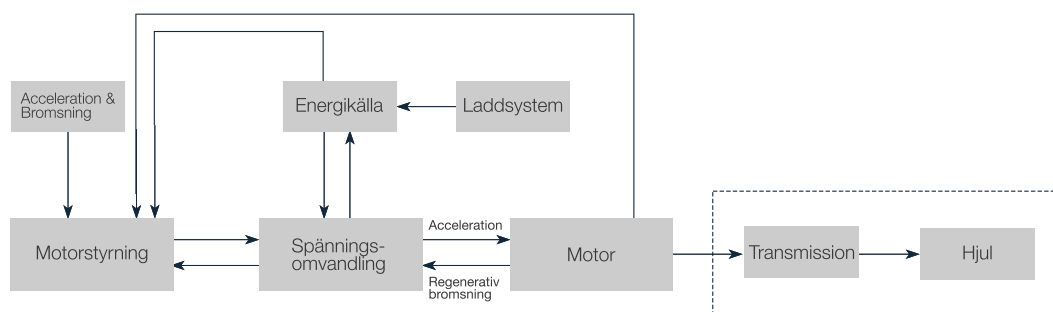
Figur 2.5: Illustrerande bild av gaffelvinkel och försprång[10]

Försprånget gör att motorcykeln antingen blir enkel att manövrera eller stabil i höga hastigheter. Då axeln pekar framför hjulet blir motorcykeln stabil i högre hastigheter men svårare att manövrera i låga hastigheter. En lämpligt längd på försprång är 50 till 100 milli för en vanlig motorcykel. Gaffelvinkeln har betydelse för vad försprånget blir. Försprånget beror även på avstånd och vinkel mellan gaffelbenen och rotationsaxeln[11].

För att överföra kraft samt variera vinkelhastigheten mellan motorn och hjul används någon typ av transmission. Vanligtvis används en kedja på minimotorcyklar, men remdrift förekommer på många olika produkter. Remmar har vanligen en verkningsgrad mellan 89-98%[13] medan kedjor kan ha en verkningsgrad på upp till 100% vid ideala förhållanden[14].

2.3 Teori elektriskt system

Ett elektriskt fordons elsystem består huvudsakligen utav motor, motorstyrning, spänningsomvandling och energikälla. Motorstyrning och spänningsomvandling bildar tillsammans motordrivaren[9]. Ett övergripande blockschema av huvudkomponenter i ett eldrivet fordon visas i figur 2.6.



Figur 2.6: Blockschema över elektriskt drivet fordon

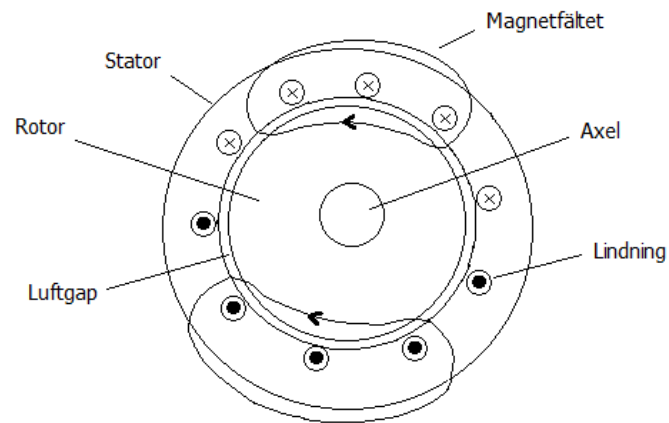
2.3.1 Motorer

Motorn är en maskin som roterar för att omvandla elektrisk energi till mekanisk energi och vice versa. Följaktligen kan en elektrisk maskin fungera både som en motor och en generator. Orden motor och maskin kommer användas synonymt genom detta teoriavsnitt.

Motorn består av två delar: en stationär del och en roterande del. Den roterande delen kallas rotor och den stillastående delen kallas stator. De två delarna består ofta av en järnkärna med någon typ av metallindningar i exempelvis koppar. Uppbyggnaden av rotor respektive stator kan se olika ut beroende på motortyp men grundprincipen är många gånger densamma[15].

När statorlindningarna tillförs el bildas ett magnetiskt kraftfält i statorn. Detta gör att ett magnetiskt flöde genereras genom ett luftgap som finns mellan stator och rotor[9]. Riktningen för det magnetiska flödet visas i figur 2.7.

Kraftfältet i statorn kommer påverka rotorlindningar så att det även i rotorn bildas ett magnetiskt kraftfält[15]. Då de två fälten börjar samverka kommer rotorn och dess anslutna motoraxel rotera.

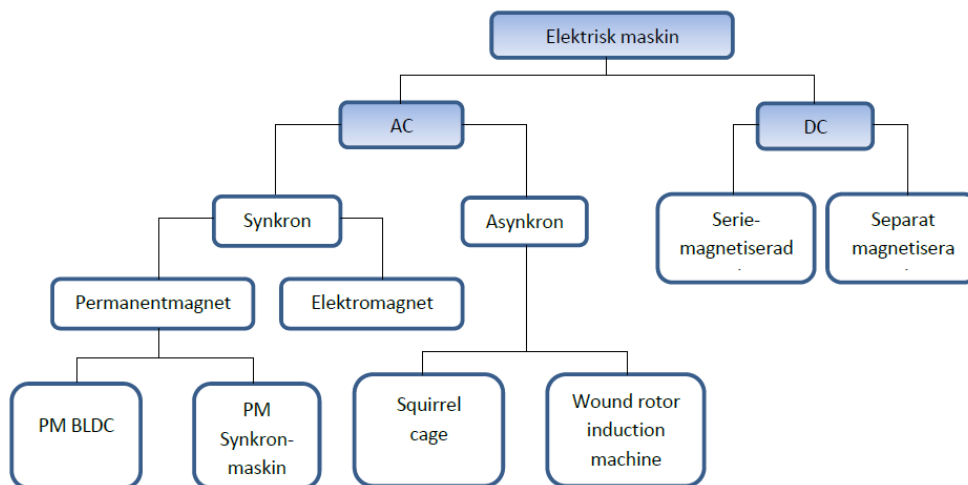


Figur 2.7: Elmotorns uppbyggnad

Det finns flera olika typer av elektriska motorer. Förenklat kan de delas upp i antingen DC- eller AC-maskiner. Fördelen med DC-motorer är att de har enkel konstruktion och är lätta att styra. DC-motorer är vanligtvis seriemagnetiserade eller separatmagnetiserade. När lindningarna i statorn och rotorn får elektricitet från två separata källor är motorn kallad separatmagnetiserad. Nackdelen med dessa två DC-motorer är att de har borstar som släpar mot delar i motorn vilket gör att slitage kan förekomma med tiden och således kräva underhåll[15].

AC-motorer kan delas upp i synkrona och asynkrona motorer. Asynkronmaskiner kan i sin tur delas upp i två typer av motorer, Squirrel cage och Wound rotor. Squirrel cage är billiga, robusta och används flitigt på marknaden idag[9], medan Wound rotor fungerar bra där det behövs högt startmoment. Denna har dock, precis som DC-motorer, borstar som kräver underhåll[16].

Synkronmaskiner kan delas upp i permanentmagnetiserade motorer och elektromagnetiserade motorer. De elektromagnetiserade maskinerna används ofta vid generering av elektricitet inom elkraft och är stora vilket inte är passande för att ha i ett fordon[9]. De permanentmagnetiserade motorerna kan delas upp i permanentmagnetiserade synkronmaskiner, PMSM, och borstlösa likströmsmotorer, BLDC. Fördelen med dessa motorer är att de är billiga och lätta att använda. BLDC-motorer är AC-motorer men kallas borstlösa likströmsmotorer för att styrningen fungerar som hos DC-motorer[3]. Ett förenklat schema över vanliga typer av elektriska maskiner visas i figur 2.8.



Figur 2.8: Schema med några av de vanligaste typerna av elmotorer

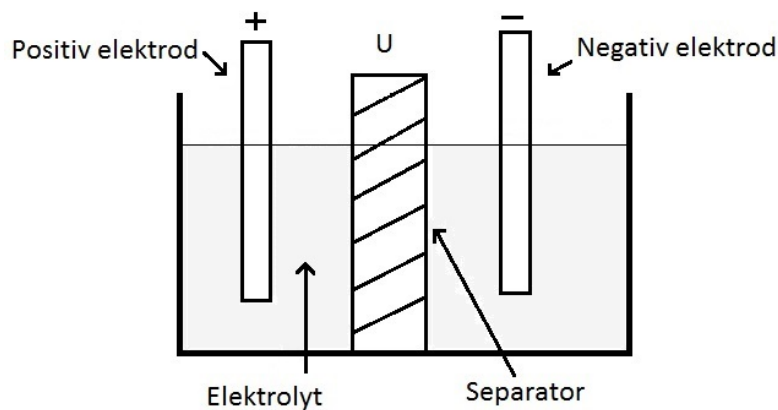
2.3.2 Motordrivare

För att kunna styra motorn behövs en motordrivare, vilken varierar beroende på motortyp. En motordrivare är en typ av mikroprocessor eller digital signalprocessor som tillsammans med spänningsomvandling kan styra motorn. Genom användning av olika metoder kan parametrar som hastighet och position av rotor bestämmas. Denna information används för att kunna styra ström och moment till motorn. Metoden som används är beroende av motortyp. Spänningsomvandling omvandlar elektrisk energi från en spänning till en annan med hjälp av signaler från styrenheten. Spänningsomvandlare består huvudsakligen utav kraftelektronik som transistorer, dioder och motstånd. De olika typer av omvandlare är DC/DC, DC/AC, AC/DC och AC/AC. En vanlig typ av DC/AC-omvandling är pulsbreddsmodulation, PWM, som används i BLDC-motorer. PWM innebär att skapa en varierbar spänning genom att styra bredden på en spänningspuls, istället för att styra amplituden[17].

2.3.3 Energikälla

En energikälla syftar i sammanhanget på lagrad energi som vid behov kan utnyttjas för att uträtta arbete[18]. Några energikällor för elektriskt drivna fordon kan vara batterier, bränsleceller, svänghjul eller ultrakondensatorer. Svänghjul är ett sätt att lagra mekanisk energi, men används dock inte kommersiellt än och ultrakondensatorer används än så länge mest i elhybridfordon. Batteriet är den mest förekommande energikällan i elektriskt drivna fordon men bränsleceller förekommer också. Dessa är dock dyrare[9].

Ett batteri består utav flera battericeller som kan seriekopplas för att få önskad spänning och parallellkopplas för att få ut önskad ström. En battericell består utav en elektrolyt, en anod, en katod och en separator[9]. Detta visas i figur 2.9.



Figur 2.9: Uppbyggnad av en battericell

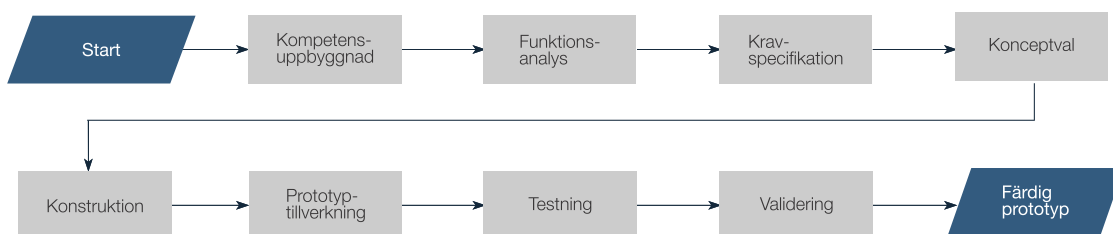
Batterier är uppdelade i primära och sekundära batterier. Primära batterier går endast att använda en gång medan sekundära batterier är uppladdningsbara. De mest förekommande batterierna är Nickel-metallhydrid (NiMH), Litium-jon (Li-jon) samt Litium-polymer (LiPo) som är sekundära [9]. Orden batteri och batteripaket kommer användas synonymt genom hela rapporten.

Några vanliga parametrar för batterier är kapacitet och C-konstant. Batteriets kapacitet är den laddning som frigörs av en elektrod vid urladdning av batteriet. Detta mäts i amperetimmar, Ah. C-konstanten är ett mått på batteriets maximala säkra urladdningshastighet. 1 C innebär att ett batteri på 5 Ah släpper ifrån sig en maxström på $1 \cdot 5 = 5$ A. 2 C innebär att batteriet kan släppa ifrån sig en ström på $2 \cdot 5 = 10$ A [9].

3

Metod

Avsnittet nedan beskriver den metod som använts för utvecklingen av minimotorcykeln. Följande processdiagram erbjuder en överblick av de metoder som utgör arbetsgången. Dessa olika metoder förklaras sedan närmre i varje metoddel. Metoderna har använts eftersom de anses viktiga för en systematisk och innovativ produktutveckling.



Figur 3.1: Processdiagram för projektets arbetsgång

Hela produktutvecklingsprocessen kan utläsas ur figur 3.1. Det första steget i produktutvecklingen innebar att bygga upp kompetens inom ämnet minimotorcykel och dess komponenter. Utifrån kompetensuppbyggnaden samt krav från uppdragsgivaren kunde sedan en kravspecifikation samt funktionsanalys sammanställas. Dessa lade grunden för konceptvalet och konstruktionen av minimotorcykeln. Efter att prototypen färdigställts har minimotorcykeln testats och validerats mot kravspecifikationen för att sedan kunna användas som demonstrator för Prototyplaboratoriet.

3.1 Kompetensuppbyggnad

Ett första viktigt steg i produktutvecklingen var att bygga upp en kompetens inom tillverkningsteknik, eldrift samt minimotorcyklar. Detta för att skapa en uppfattning om projektets delproblem och omfattning.

Minimotorcyklars konstruktion har studerats samt restriktioner gällande användningen av dessa. Denna information ligger som grund för teoriavsnittet 2.2. Utöver detta har möjligheter och begränsningar för de tillgängliga maskinerna i Prototyplaboratoriet undersökts tillsammans med handledarna. Detta har skett via fysiska tester av bland annat vattenskräparen och kantpressen. Speciellt bockning kan vara

komplicerat, vilket gör testerna till en viktig del av kompetensuppbyggnaden. Fakta som rör elsystemet har främst införskaffats genom litteraturstudier för att avgöra vilka komponenter som lämpar sig för projektet samt hur dessa fungerar.

3.2 Funktionsanalys

En funktionsanalys av minimotorcykeln utfördes för att framhäva fordonets delsystem samt att få en helhetsbild av produkten. Detta för att underlätta skapandet av en kravspecifikation. Funktionsanalysen utformades med hänsyn till både önskade och onönskade delfunktioner. De olika delfunktionerna arbetar i synergi för att tillsammans åstadkomma produktens huvudfunktion. Utifrån funktionsanalysen identifierades de funktioner där kundvärdet kunde ökas.

3.3 Kravspecifikation

En kravspecifikation utformades för att klargöra vilken prestanda och olika målvärden produkten ska uppfylla. I kravspecifikationen ska kraven vara kvantifier- samt verifierbara[19]. Det ska även framgå vilka målvärden som gäller för respektive krav samt vem som ställt kraven. I kravspecifikationen, figur 4.1, definieras vem som är kravställare under kolumnen referens. Kravställaren är exempelvis en kund, lagstiftare, uppdragsgivare eller projektgruppen. Kravspecifikationen utgör stommen för hela projektet och kan komma att utvecklas allt eftersom ny kunskap tas in.

3.4 Konceptval

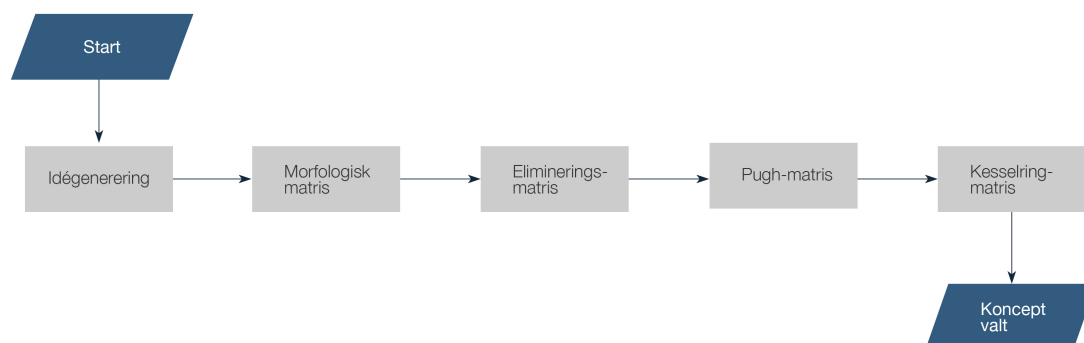
Ett antal metoder ur The Value Model har applicerats vid konceptval. Enligt The Value Model bör kundvärdet av produkten stå i fokus. I detta fall har kunden setts som handledarna vid institutionen för Produkt- och produktionsutveckling. I figur 3.2 visas en rad moment som varit centrala för konceptvalets utfall.

Här har målet varit att ta fram så många lösningar för varje delsystem som möjligt. Under konceptgenereringen är det av stor vikt att ha ett öppet sinne inom produktutvecklingsgruppen. En tillbakahållande kultur riskerar medföra att idéer, som potentiellt skulle kunna vara nyckeln i projektet, förbises. Det har även legat fokus på att inte låsas vid idéer för tidigt, utan vara öppen för att bättre idéer ska kunna tillkomma längre fram i genereringen.

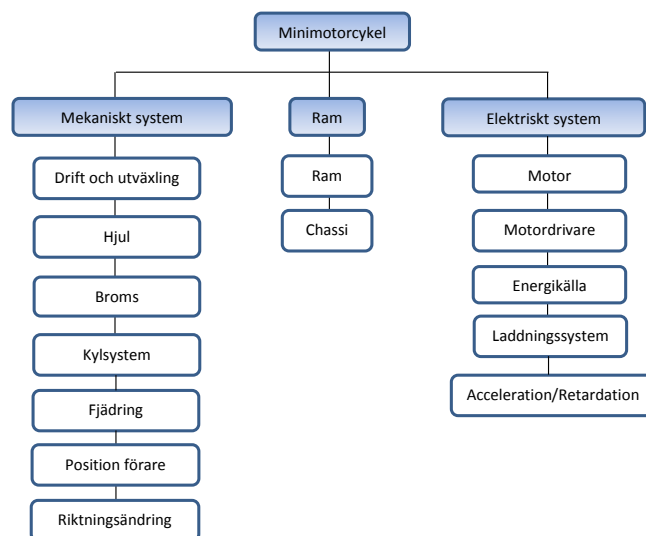
För att tydligt systematisera urvalsprocessen av de olika koncepten har minimotorcykeln delats in i tre delar; ram, mekaniskt- samt elektriskt system. Se figur 3.3 för systemets uppbyggnad. Fyra typer av matriser har applicerats för att generera beslutsunderlag för konceptvalet. Först har en morfologisk matris tagits fram för att sedan sälla ut koncept med en elimineringsmatris och därefter betygsätta de resterande koncepten med en Pugh- och Kesselring-matris. Detta görs för att på ett

så objektivt sätt som möjligt betygssätta koncepten och därmed få beslutsunderlag som stödjer de antaganden som gjorts. Arbetsgången illustreras i 3.2.

Avslutningsvis analyserades de tre delsystemen för att säkerhetsställa att det tre vinnande koncepten från varje delsystem faktiskt utgjorde det tillsammans bästa resultatet. Här betraktades även layout för motorcykelns inre, framförallt placering av motor och komponenter men även åtkomlighetsmöjligheter etc.



Figur 3.2: Processdiagram för konceptvalsmetoden



Figur 3.3: Systemstruktur för minimotorcykeln

3.4.1 Beskrivning av matriser

För att generera koncept och sälla bland dessa har följande matriser använts. Notera dock att alla matriser inte nödvändigtvis behöver användas för alla delsystem i produkten. Upplevs inte matriserna tillföra något mervärde kan vissa av dem väljas bort. Följande matriser är baserade på hur de beskrivs i The Value Model[4].

3.4.1.1 Morfologisk matris

Som inledande steg i konceptvalet idégenereras lösningar fram. De olika lösningarna uttrycks sedan i form av text och eventuellt skiss samt sammanställs till en morfologisk matris för respektive delsystem. Den morfologiska matrisen används sedan för att ta fram så många unika lösningar på problemet som möjligt. På den vertikala axeln i tabellen läggs delsystemen och på den horisontella axeln läggs de olika lösningarna. De olika lösningarna för delsystemen kan sedan kombineras och korsbefruktas för att generera ett antal koncept. En eller flera dellösningar väljs för varje delsystem. Dessa koncept stoppas därefter in i en elimineringsmatris.

3.4.1.2 Elimineringsmatris

En elimineringsmatris har använts för att ta bort de koncept som faller utanför projektets ram. Ifall ett koncept inte uppfyller något av kraven i kravspecifikationen kommer det ej vidareutvecklas. Likväl kommer koncept som upplevs ligga utanför projektbeskrivningen, eller som inte är möjliga att tillverka i Prototyplaboratoriet, att sällas bort. I detta steg har alltså antalet koncept reducerats vilket bidrar till ett mer lättöverskådligt utfall av resultat i kommande matriser. I matrisen testas varje koncept mot kravspecifikationens krav i tur och ordning. Kan kravet uppfyllas skrivs "Ja" in i matrisen och kan det inte uppfyllas skrivs "Nej" in. Ifall ett koncept inte kan uppfylla ett krav så utvärderas inte heller resterande krav eftersom konceptet inte kan realisera kravspecifikationen. Önskemålen i kravspecifikationen är inte kriterier i elimineringsmatrisen.

För att underlätta den fortsatta sällningen av koncept användes Kesselring- och Pugh-matriser. Båda matriserna utvärderar systematiskt lösningsförslag och poängsätter dessa där syftet är att underlätta för en objektiv process. Ramen, det mekaniska systemet och elsystemet utvärderas var för sig och bästa möjliga koncept utses för respektive delsystem.

3.4.1.3 Pugh-matris

Pugh-matrisens syfte är att jämföra de genererade koncepten med ett referenskoncept. Olika kriterier ställs upp och utvärderas för var och ett av koncepten. Kriterierna bygger på krav och önskemål för minimomotorcykeln och är baserade på kravspecifikationen. De olika koncepten jämförs sedan med referenskonceptet och betygsätts. Varje koncept och varje kriterium kommer jämföras mot referenskonceptet. Koncepten får för varje kriterium betyget +, - eller S, vilka indikerar att konceptet ses som bättre, sämre eller lika bra på det kriteriet. Poängen summeras sedan där + ger 1, - ger -1 och S ger 0 poäng. S står för "samma". Efter summeringen av poängen kan koncepten jämföras mellan varandra och rangordnas. Ifall något eller några koncept får betydligt sämre resultat än övriga kan dessa sällas bort inför nästa steg i konceptvalet.

3.4.1.4 Kesselring-matris

Eftersom de olika kriterierna i matriserna kan ha olika signifikans för slutresultatets utgång kan Pugh-matrisen ge en orättvis bild av rangordningen mellan koncepten. För att utvärdera det kvarstående koncepten ytterligare skapades således en Kesselrings-matris. Kriterierna är viktade med en faktor w mellan ett och fem utifrån dess betydelse för produkten. Koncepten jämförs till skillnad från Pugh-matrisen med ett idealt koncept som har högsta poäng på alla punkter.

Varje koncept jämförs med det ideala konceptet för varje kriterium och betygssätts i en heltalsskala mellan ett och fem. Poängen kallas v . Dessa multipliceras sedan med vikten w , och bildar totala poängen t , det vill säga $t = v \times w$. Slutligen summeras poängen för alla kriterier för var och ett av koncepten för att därefter rangordna dem. För att underlätta rangordningen beräknas en relativ poäng, där konceptets poäng jämförs med det ideala konceptet enligt $P_{rel} = P_{koncept} / P_{idealtkoncept}$ där P är varje koncepts totala poäng.

Resultatet ifrån Pugh- och Kesselrings-matrisen kan sedan användas som beslutsunderlag för konceptvalet.

3.5 Konstruktion & tillverkning

Prototypstillverkningen har varit en central del av projektet och mycket tid har därför lagts i Prototyplaboratoriet. För att ha en kreativ process och stärka kommunikationen kring konceptidéer har olika prototyper tillverkats under tidens gång, dels i papper och wellpapp men även i metall. Pappersprototyperna beskriver på ett enkelt sätt olika koncept.

Konstruktionen och prototypstillverkningen har löpt parallellt under projektet. Eftersom många mått för till exempel ramen bygger på inköpta komponenter har det varit nödvändigt att vara flexibel i produktutvecklingen och konstruktionen.

3.6 Testning & validering

En testning av produkten har genomförts, för att säkerställa att krav och önskemål uppfyllts. Utfallen från testerna analyserades och produkten förädlades genom att bearbeta brister i konstruktionen. Testning, validering och optimering repeterades tills en tillfredsställande slutprodukt uppnåts.

3.7 Demonstration

Eftersom huvudmålet med projektet är att åskådliggöra Chalmers Prototyplaboratoriums kantpress och vattenskarare är demonstrationen av produkten central. Prototypen ska vara uppseendeväckande, fungerande samt estetiskt tilltalande. Detta

3. Metod

ska delvis uppnås genom att prototypen ska finnas kvar i Prototylaboratoriet efter att slutprodukten är klar för att visas upp för studenter och besökare.

4

Kravspecifikation

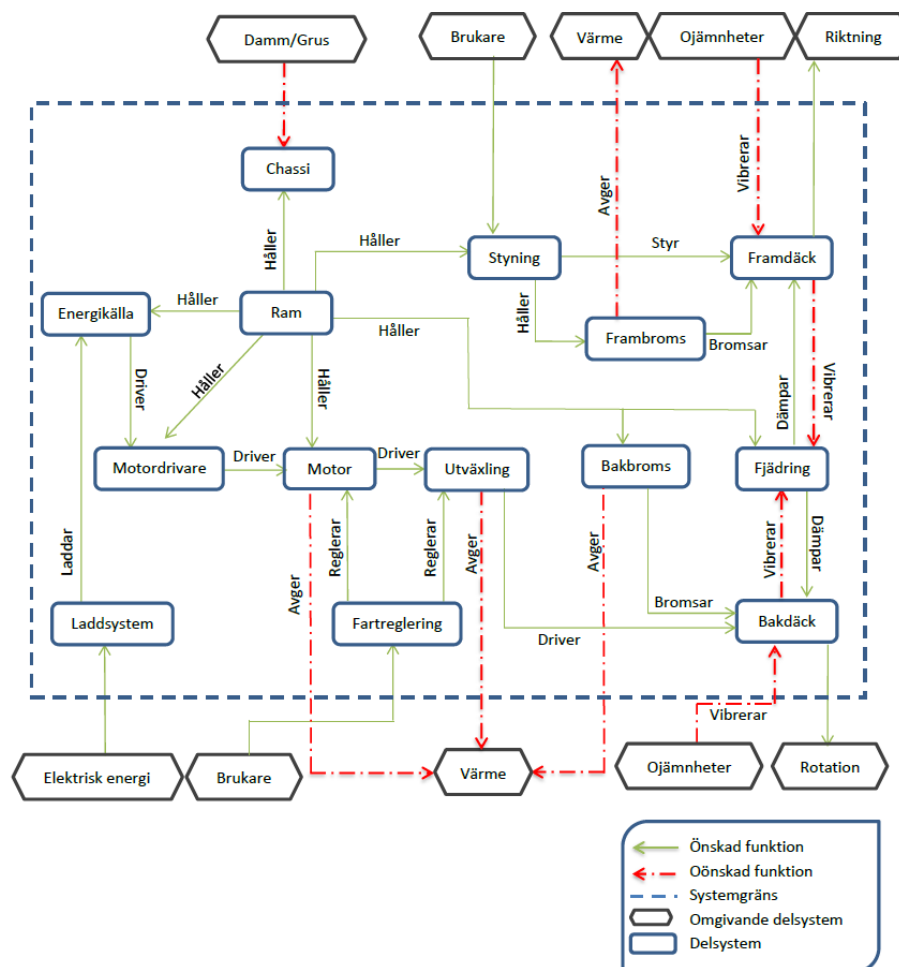
Som inledande fas under projektet utformades en kravspecifikation. Denna baserades på en utförd funktionsanalys och diskussion med uppdragsgivaren.

4.1 Funktionsanalys

Efter kompetensuppbyggnadsfasen genomfördes en funktionsanalys för att visualisera hur de olika funktionerna i minimotorcykelns komponenter hänger samman. Exempelvis avges spillvärme från motor, energi som istället skulle kunna återanvändas i systemet och därmed öka fordonets energieffektivitet. Se figur 4.1 för funktionsanalysen.

Den streckade linjen definierar systemgränsen, det vill säga det område som beaktas, vilket här är minimotorcykeln. De gröna pilarna avser önskade funktioner som på något sätt ska maximeras eller optimeras, medan de röda pilarna är oönskade funktioner som ska minimeras eller helt uteslutas. De avrundade lådorna avser delsystem och de kantiga lådorna avser omgivande delsystem såsom vägdamm, brukare och värme.

Ur funktionsanalysen kan utläsas att värmeförluster från motor och bromsar bör minimeras samtidigt som verkningsgraden för exempelvis transmissionen ska maximeras. Utöver det ger funktionsanalysen en bra bild av vilka komponenter som måste sitta ihop och hur elsystemet måste integreras med det mekaniska.



Figur 4.1: Funktionsanalys för minimotorcykeln

4.2 Resultat av kravspecifikation

Uppdragsgivarnas främsta krav var att en minimomotorcykel skulle tillverkas i enkel konstruktion med så få svetsfogar som möjligt samt vara eldriven. Vid framtagningen av kravspecifikationen beaktades först funktionsanalysen och Svemos krav för minimomotorcykalr. Detta för att skapa ett grovt ramverk för motorcykelns utseende och egenskaper. Svemos krav avser minimomotorcyklar för tävlingsbruk och elektriska fordon accepteras ej, men dimensionerna är ändå relevanta för projektet i eftersom de utgör en grund för hur en minimomotorcykel bör se ut.

Kravspecifikationen har använts som stomme under hela produktutvecklingsfasen. Kravspecifikationen har dock modifierats och förfinats under arbetets gång, allteftersom nya problem uppenbarat sig. Detta för att framställa en så välfungerande slutprodukt som möjligt.

I kravspecifikationen finns det krav där praxis frångåtts då dessa ej kan anses vara kvantifierbara. Detta gäller kraven “Klara av framfart på grusväg”, “Lättmanövrerad”, “Elektriskt driven”, “Laddningsbara batterier”, “Minimal användning av

svets”, “Lättåtkomligt” samt “Estetiskt tilltalande”. Dessa krav anses vara så pass viktiga för projektets utfall att de likväl återfinns i kravspecifikationen. Dessa krav bör kunna verifieras på andra sätt genom olika test samt granskning av konstruktionen. Detsamma gäller för de önskemål som inte har kvantifierbara verifieringsmetoder. Se appendix A för förklaringar av de ingående elementen i kravspecifikationen.

Eftersom projektet har som mål att fungera som demonstrator ligger kravet “Estetiskt tilltalande” under rubriken “Demonstratorvärde”. Kravet innefattar både att prototypen ska se estetiskt tilltalande ut, men även att den ska kunna demonstrera de tillverkningsmetoder som är specificerade i projektets syfte.

Minimotorcykeln har som krav att klara minst 25 km/h på plan mark och 20 km/h i 5% backe. Utöver detta finns ett internt önskemål om 45 km/h på plan mark samt i 10% backe. Dessa krav verifieras genom mätning med till exempel lasermätare under testkörning. Eftersom säkerhet är av hög betydelse finns ett krav på en stoppsträcka på max 20 meter och ett önskemål på 15 meter vid inbromsning från maximal hastighet. Alla dessa krav avser körning på asfaltsväg i gott skick, vilken minimotorcykeln ska kunna köras på enligt kravet “Klara av måttliga mängder damm och grus vid framfart på asfalt”. Utöver det finns ett önskemål om att kunna framföra minimotorcykeln på grusväg, vilket kräver betydligt större krav på fordonet då inga komponenter får skadas på grund av damm.

Minimotorcykeln är elektriskt driven, vilket innebär att den kommer kräva en energikälla som genererar elektricitet. Drivmedlet ska vara återladdningsbart med en laddningstid under 12 timmar. Energikällan ska klara av att laddas minst 100 gånger och motorcykeln ska kunna köras i 25 km/h 10 km på en laddning. Att energikällan ska vara återladdningsbar är även en hållbarhetsfråga och går i linje med rubriken “Miljö/hållbarhet”. Denna säger att minimotorcykelns livslängd ska tillåta en total körsträcka på minst 1000 km samt vara tillverkad av minst 80% återvinningsbart material. Materialet ska kunna återvinnas direkt som metallskrot, eller genom komponenter som går att använda i andra applikationer. Minimotorcykeln får heller inte släppa ut några miljöfarliga partiklar under drift, vilket kan kopplas till Chalmers miljöprofil. Ett tekniskt önskemål för att minska energiförbrukningen är att vid motorbromsning ta till vara på rörelseenergin och återladda batterierna för att dryga ut den möjliga körsträckan.

Minimotorcykeln ska vara bekväm att köra och enkel att reparera. Alla komponenter måste vara lättillgängliga för montering och demontering. Enligt projektbeskrivningen ska antal svetsar minimeras och helst uteslutas, detta står som ett önskemål och krav under rubriken “Tillverkningsmetod”.

4. Kravspecifikation

Tabell 4.1: Kravspecifikation

Chalmers Tekniska Högskola Kravspecifikation Kandidatarbete: PPUx-03-15-06						
	Kriterier	Målvärde	Enhet	K/Ö	Verifieringsmetod	Referens
Prestanda	Hastighet	>25	km/h	K	Testas på raksträcka med t.ex. lasermätare	Internt
	Hastighet	>45	km/h	Ö	Testas på raksträcka med t.ex. lasermätare	Internt
	Hastighet i 5% backe	>20	km/h	K	Testas i backe med t.ex. lasermätare	
	Hastighet i 10% backe	>45	km/h	Ö	Testas i backe med t.ex. lasermätare	
	Maxlast	>100	kg	K	FE-beräkning, vägning	Internt
	Körsträcka utan laddning	>10	km	K	Beräkning, testkörning	Internt
	Körsträcka utan laddning	>50	km	Ö	Beräkning, testkörning	Internt
	Bromssträcka vid maximal hastighet	<20	m	K	Testkörning	Internt
	Bromssträcka vid maximal hastighet	<15	m	Ö	Testkörning	Internt
	Klara av måttliga mängder damm och grus vid framfart på asfalt			K	Kontrollera filter och andra kritiska delar efter testkörning	Internt
	Klara av framfart på grusväg			Ö	Kontrollera filter och andra kritiska delar efter testkörning på grusväg	Internt
	Möjlighet att ändra utväxling			Ö	Konstruktion	Internt
	Slaglängd, fjädring	100	mm	Ö	Mätning	Internt
Dimensioner	Lättmanövrerad			K	Testkörning på asfalt, mäta svängradie, tvärsnittsstudie	Internt
	Vikt	<40	kg	K	Vägning	Svemo
	Vikt	<30	kg	Ö	Vägning	Svemo
	Hjulbas	<730	mm	K	Mätning	Svemo
	Längd	<1060	mm	K	Mätning	Svemo
	Sitthöjd	<460	mm	K	Mätning	Svemo
	Totalhöjd	<620	mm	K	Mätning	Svemo
Drivmedel	Elektriskt driven			K	Verifiering	Uppdragsgivare
	Laddningsbar energikälla			K	Verifiering	Internt
	Livslängd energikälla	100	Antal laddningar	Ö	Anteckna varje laddtillfälle	Internt
	Laddtid	<12	h	K	Mäta tidsåtgång vid laddning	Internt
	Laddtid	<6	h	Ö	Mäta tidsåtgång vid laddning	Internt
Tillverkningsmetod	Minimal användning av svets			K	Mäta längden av svetsfog	Uppdragsgivare
	Sammanfogning med hjälp av svetsning	0	Antal svetsar	Ö	Mäta längden av svetsfog	Uppdragsgivare
Miljö/hållbarhet	Bestå av 80 % återvinningsbart material			Ö	Redovisning av material	Internt
	Livslängd	>1000	km	K	Simulering	Internt
	Energiåtervinning vid inbromsning			Ö	Mätning	Internt
	Utsläpp av miljöfarliga ämnen/partiklar under drift	0	g	Ö	Beräkning	Internt
Ergonomi	Bekväm att åka			Ö	Testkörning/ergonomisk bedömning	Internt
Reparationsmöjligheter	Lättåtkomligt			K	Tvärsnittsstudie	Internt
Demonstratorvärde	Estetiskt tilltalande			K	Bedömning från uppdragsgivare	Uppdragsgivare

5

Konceptval

Följande avsnitt presenterar vägen fram till det slutgiltiga konceptvalet för respektive delsystem. De tre delssystemen ram, mekaniskt- och elektriskt system behandlas separat och metoderna är baserade på The Value Model beskrivna i kapitel 3.4.1. Delsystemen är dock inte oberoende av varandra och ett avslutande stycke utreder hur väl koncepten interagerar med varandra och säkerställer att det bästa helhetskonceptet vidareutvecklas.

5.1 Val av ramkoncept

Ramkoncepten delas huvudsakligen upp i tre kategorier: “låda”, “balk” samt en kombination av de båda. Skisser av koncepten finns i appendix B.

Lådkoncepten innefattar en ram konstruerad som en ihålig behållare. Det finns gott om utrymme längs väggarna att fästa komponenter på både ut- och insida. Koncepten uppnår en bra hållfasthet men en något kantigare design medföljer. Framförallt är de enkla att tillverka och konstruera eftersom de består av få och stora plåtbitar.

Balk-koncepten omfattar en klassisk ramkonstruktion med någon typ av fackverksstruktur där balkar utgör motorcykelns stomme. Detta medför att en mindre mängd material krävs vilket gör minimomotorcykeln lätt och behändig. Den mer öppna konstruktionen talar även för en större och enklare luftkylning. Ramkoncepten väljs att konstrueras i aluminiumplåt. Materialvalet baserar sig på att vikten ska hållas låg. Denna plåt kan även bockas med de verktyg som finns och plåten finns tillgänglig. Ramverket talar även för att utvändigt klä motorcykeln med kåpor i en snygg färg för att skydda mot vägdamm samt ge motorcykeln ett snyggt och sportigt utseende. Nackdelen med balkkonstruktionerna uppstår framförallt då tillverkningsaspekter beaktas. Eftersom svetsning ska undvikas i allra högsta grad uppstår hållfasthetsproblem då stängerna skall fästas. Detta problem uppkommer inte i samma grad för lådkoncepten.

Koncepten som utgörs av en kombination av både “låda” och “balk” har många fördelar, men också nackdelar jämfört med de tidigare beskrivna kategorierna. De har möjligheten att få en hållfast konstruktion med gott om plats för fästning av komponenter. Riskfaktorn för att svetsning behöver appliceras är dock betydligt högre än för lådkoncepten och kylningen försämras jämfört med balkkoncepten.

5.1.1 Pugh-matris för ramkoncepten

Eftersom ramkoncepten, till skillnad från de mekaniska och elektriska systemen, enbart består av en komponent så valdes att inte göra en morfologisk eller elimineringsmatris. En morfologisk matris används för att kombinera fram helhetslösningar av flera olika komponenter vilket inte är möjligt när endast en komponent beaktas. Det bedömdes som tillräckligt att göra en Pugh- samt en Kesselring-matris.

Sällningen av ramkoncept startade med 17 konstruktionsförslag framtagna genom idégenerering. Konceptbeskrivningar återfinns i appendix C och Pugh-matrisens innehåll åskådliggörs i tabell 5.1. Kriterierna i Pugh-matrisen jämför framförallt konceptens kvalitéer inom miljö, prestanda, tillverkning och konstruktion och är baserad på den framtagna kravspecifikationen.

Tabell 5.1: Pugh-matris för ramkoncepten

	Kriterier	Rätblock	Ost	Sporthj- flygplans- vinge	Vinklad låda	Klassisk race- minimoto	Upp- hängning	Enkel cykel	Eka	Ram m. Botten- platta	Cykel	Moped	Moto- cross m. Balkar	Sporthj m. Balkar	Triangelldå m. I-balk	Moto- cross m. Hål	Moto- cross m. Taggar	Tre- kanten
Miljö	Återvinningsbar	R	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Prestanda	Styrning	e	S	S	S	S	S	S	S	S	+	+	S	S	+	S	S	S
	Vikt	f	-	-	-	-	S	S	-	-	S	-	-	-	-	-	-	-
Tillverkning	Spill	e	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Montering	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Konstruktion	Enkelhet i konstruktion	e	S	-	S	-	-	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hållfasthet	s	S	+	+	+	-	S	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Reparations- tillgänglighet		S	S	S	+	+	+	+	+	+	+	S	S	S	S	S	S
	Ergonomi		+	+	+	+	S	S	S	S	+	+	+	+	+	+	+	S
	Demonstrator		S	+	+	+	S	S	S	S	-	+	+	+	+	+	+	+
	Estetik		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Kostnad		S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nettovärde	0	-1	-1	0	0	-3	-1	-2	0	1	-1	-1	-1	0	-1	-1	-2
	Rangordning	2	3	3	2	2	5	3	4	4	2	1	3	3	2	3	3	4

Koncept "Rätblock" användes som referens och utifrån denna jämfördes alla koncept. Det är svårt att urskilja en solklar ledare utifrån resultatet, men i topp hamnade "Moped", "Rätblock", "Vinklad låda", "Klassisk race-minimoto", "Cykel" och "Triangelldå med I-balk". Observera att endast ett koncept fick bättre nettovärde än referenskonceptet. Detta beror till största del på att kriterierna inte är viktade och att mindre viktiga kriterier ger större utslag än de borde.

Det okonventionella konceptet "Upphängning" baseras på att motorn och batteriet hängs upp i en stor krok som utgör en del av ramen. Denna kräver en böjd balk vilket är svårt att tillverka i Prototyplaboratoriet. Tillsammans med konceptet "Trekant" bildar dem de två svagaste koncepten i Pugh-matrisen. Med detta som bakgrund elimineras de två koncepten. Övriga koncept på fjärde plats elimineras inte eftersom de ej kräver svetsfogar i lika hög grad. En elimineringsmatris ansågs onödigt eftersom endast "Upphängning" och "Trekant" skulle elimineras och resterande koncept uppfyller kravspecifikationens krav.

Generellt kan sägas att alla koncept var sämre än referenskonceptet i mån av spill, montering och enkelhet i dess konstruktion. Detta beror på att referenskonceptet är ett väldigt enkelt koncept som är svårslaget på dessa punkter men samtidigt har många andra nackdelar som inte görs rättvisa i Pugh-matrisen. En Kesselring-matris med viktade kriterier krävs.

5.1.2 Kesselring-matris för ramkoncepten

För att utvärdera det kvarstående koncepten ytterligare skapades en Kesselring-matris, se tabell 5.2.

Tabell 5.2: Kesselring-matris för ramkoncepten

	Kriterier	Ideal			Rättblock		Ost		Sporthoj-flygplansvinge		Vinklad låda		Klassisk race-minimoto		Enkel cykel		Eka		Ram m. Bottenplatta		Cykel		Moped		Motocross		Sporthoj m. balkar		Triangel-låda m. I-balk		Moto-cross m. Hål		Moto-cross m. Taggar	
		Benämning		w	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t
Miljö	Återvinningsbar	1	5	5	3	3	3	3	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2
Prestanda	Styrning	3	5	15	3	9	2	6	3	9	3	9	4	12	1	3	3	9	3	9	4	12	4	12	4	12	4	12	5	15	4	12	4	12
	Vikt	3	5	15	5	15	4	12	3	9	4	12	3	9	5	15	4	12	3	9	5	15	3	9	3	9	3	9	3	9	3	9	3	9
Tillverkning	Spill	1	5	5	4	4	4	4	3	3	4	4	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Montering	5	5	25	5	25	5	25	4	20	4	20	2	10	3	15	3	15	3	15	3	15	3	15	3	15	3	15	3	15	3	15	3	15
Konstruktion	Enkelhet i konstrukton	5	5	25	5	25	5	25	4	20	3	15	2	10	3	15	3	15	3	15	3	15	3	15	4	20	3	15	4	20	3	15	3	15
	Hållfasthet	3	5	15	2	6	2	6	4	12	3	9	3	9	3	9	3	9	4	12	3	9	3	9	4	12	4	12	5	15	4	12	4	12
	Reparations-tillgänglighet	3	5	15	1	3	1	3	1	3	1	3	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15	3	9	2	6	2	6	3	9	2	6	2	6
	Ergonomi	2	5	10	1	2	1	2	4	8	3	6	5	10	3	6	3	6	3	6	4	8	4	8	4	8	4	8	4	8	4	8	4	8
	Demonstrator	5	5	25	1	5	1	5	4	20	3	15	4	20	2	10	2	10	2	10	2	10	3	15	3	15	4	20	5	25	3	15	3	15
	Estetik	4	5	20	1	4	1	4	4	16	4	16	4	16	3	12	3	12	3	12	2	8	2	8	3	12	4	16	4	16	4	16	4	16
	Kostnad	2	5	10	3	6	3	6	3	6	3	6	2	4	3	6	4	8	4	8	3	6	3	6	3	6	3	6	3	6	3	6	3	6
	Total		60	185	34	107	32	101	39	128	38	118	38	119	36	111	38	116	38	116	39	118	35	110	37	119	38	123	44	143	37	118	37	118
	Rel. Total		1,00	1,00	0,57	0,58	0,53	0,55	0,65	0,69	0,63	0,64	0,63	0,64	0,60	0,60	0,63	0,63	0,63	0,63	0,65	0,64	0,58	0,59	0,62	0,64	0,63	0,66	0,73	0,77	0,62	0,64	0,62	0,64
	Medel		5,00	15,42	2,83	8,92	2,67	8,42	3,25	10,67	3,17	9,83	3,17	9,92	3,00	9,25	3,17	9,67	3,17	9,67	3,25	9,83	2,92	9,17	3,08	9,92	3,17	10,25	3,67	11,92	3,08	9,83	3,08	9,83
Median		5	15	3	5,5	2,5	5,5	3,5	9	3	9	3	10	3	9,5	3	9,5	3	9,5	3	9,5	3	9,5	3	9	3	10,5	3	10,5	3,5	12	3	10,5	
Rangordning					9		10		2		6		7		6		3		3		8		10		4		5		1		7		7	

Utfallet av Kesselring-matrisen skiljer sig något från resultatet i Pugh-matrisen. Det kan konstateras att koncept “Rätblock” och “Ost” hamnat betydligt längre ner i rangordningen än tidigare, detta förmodas bero på att kriterierna nu är viktade. Aspekter som estetik och ergonomi har fått en helt större relevans i matrisen för att kunna matcha projektets ändamål.

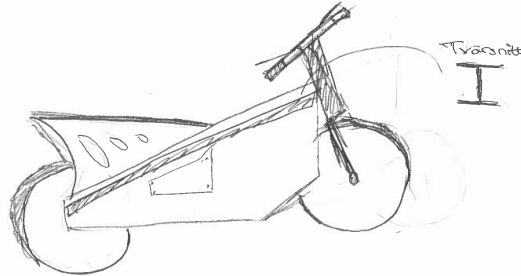
Kriterier för enkelhet i konstruktion, hållfasthet samt montering prioriteras högt i Kesselring-matrisen. Detta är svaga punkter för många av de framtagna balkkoncepten där hållfasthetsproblem ofta uppstår då stängerna ska fästas. Många poäng från den totala summan går därmed förlorade hos “Klassisk raceminimoto”, “Enkel cykel”, “Eka”, “Cykel” samt “Moped”. Det balkkoncept som sticker ut är “Ram med bottenplatta” där en hyfsad stark konstruktion ändå kan uppnås genom att fästa stänger i en bottenplatta. Konceptet hamnade tillslut på en tredjeplats och anledningen till att det inte vidareutvecklas ytterligare är framförallt dess mindre tilltalande estetik.

Allra bäst visade sig kombinationerna av låd- och balkkonstruktionerna vara med “Triangelldåda med I-balk” och “Sporthoj med flygplansvinge” i topp. Det slutgiltiga valet stod mellan dessa två. Koncept med rangordning tre till tio prioriteras bort eftersom de inte ansågs tillgodose kriterierna lika bra.

“Sporthoj med flygplansvinge” valdes tillslut bort på grund av de begränsade reparationsmöjligheterna i och med ribborna som korsar hela konstruktionen på flera ställen. I detta konceptuella projekt kan förändringar lätt uppstå vilket gör ett reparationsvänligt koncept mer praktiskt.

“Triangelldåda med I-balk” fick bäst betyg genom både Kesselring- och Pugh-matriserna

och kommer därför att vidareutvecklas. Konceptet har en stark konstruktion vilket talar för en lång livslängd. Även designen är estetiskt tilltalande och minmotorcykeln skulle därför fungera väl som demonstrator.



Figur 5.1: Skiss av triangellåda med I-balk

5.2 Val av mekaniskt system

Det mekaniska systemet definieras här som alla de komponenter som inte hör direkt till ramen eller det elektriska systemet. I matriserna i tabell 5.3 och 5.4 har de delats in i broms, hjul, transmission, kylsystem, drift, riktningsändring, fjädring samt position för förare.

5.2.1 Morfologisk matris för mekaniska systemet

Efter idégenerering togs en morfologisk matris fram, se tabell 5.3. Många av lösningarna i matrisen är svåra att genomföra och hamnar lätt utanför projektets ramar. De har dock tagits med i den inledande fasen av konceptgenereringen för att inte låsa tankegångar och fastna vid ett tidigt valt spår.

Tabell 5.3: Morfologisk matris för det mekaniska systemet

Komponent	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Broms	Elektrisk motorbroms	Skivbroms	Trumbroms	V-broms	Induktionsbroms	Magnetbroms	Handbromsdäck	Handbromsmark	
Hjul	Slang m. Alu.fälg	Slang m. Stålfälg	Solid gummi	Terräng	Larvfötter	Trähjul	Klot	Svävare	Assymetriskt
Utväxling	Kedja	Kuggrem	Kilrem	Planrem	Kugghjul	Kardanaxel	Växellåda		
Kylsystem	Luftkylning	Vattenkylning	Vätskekylning	Oljekylning	Fläktluft				
Drift	Bakhjulsdrift	Framhjulsdrift	Tvåhjulsdrift						
Rikttningsändring	Styre	Ratt	App	Gyro	Joystick	Knappar	Touchpad	Trackball	Ändra tyngpunkt
Fjädring	Endast ram	Delad ram	Lufttryck	Bra däck	Fjädrar	Fjädrad sadel	Magnet		
Position	Sadel	Stol	Liggplats	Stå	Chopper	Sportmotorcykel			

De olika komponenterna har genom den morfologiska matrisen kombinerats ihop till tio stycken koncept. Det är möjligt att få ut betydligt fler, men dessa tio bedömdes som mest genomförbara och representativa.

Tabell 5.4: Resultat av den morfologiska matrisen för det mekaniska systemet

Komponent	Koncept A	Koncept B	Koncept C	Koncept D	Koncept E	Koncept F	Koncept G	Koncept H	Koncept I	Koncept J
Broms	Elektrisk motorbroms + skivbroms	Elektrisk motorbroms	Trumbroms	V-broms	Skivbroms	Skivbroms	V-broms	Elektrisk motorbroms	Handbromsmark	Skivbroms
Hjul	Slang m. Alu.fälg	Solid gummi	Terräng	Slang m. Alu.fälg	Terräng	Slang m. Alu.fälg	Slang m. Alu.fälg	Trumbroms	Slang m. Alu.fälg	Handbromsdäck
Utväxling	Kedja	Kuggrem	Kuggrem	Kedja	Kuggrem	Kilrem	Kedja	Planrem	Kedja	Kedja
Kylsystem	Luftkylning	Vattenkylning	Vattenkylning	Luftkylning	Vätskekylning	Oljekylning	Luftkylning	Fläktluft	Luftkylning	Luftkylning
Drift	Bakhjulsdrift	Bakhjulsdrift	Tvåhjulsdrift	Tvåhjulsdrift	Tvåhjulsdrift	Slang m. Stålfälg	Tvåhjulsdrift	Bakhjulsdrift	Bakhjulsdrift	Bakhjulsdrift
Rikttningsändring	Styre	App	Joystick	Styre	Ratt	Styre	Styre	Styre	Styre	Styre
Fjädring	Endast ram	Endast ram	Fjädrar	Fjädrad sadel	Fjädrar	Delad ram	Fjädrad sadel	Delad ram	Endast ram	Endast ram
Position	Sadel	Sadel	Sadel	Sportmotorcykel	Sadel	Sadel	Sadel	Sportmotorcykel	Sadel	Sadel

I tabell 5.4 kan resultatet av kombinationerna från den morfologiska matrisen utläsas. Det som kan konstateras är att "Koncept A" är mer av klassiskt karaktär med bakhjulsdrift, vanligt styre, kedja, luftkylning med mera. Det som skiljer konceptet mot konventionella minimotorcyklar är främst elektrisk motorbroms som kombineras med skivbromsar för att öka säkerheten och minska energiförbrukningen. Övriga koncept är olika varianter av okonventionella komponenter för en minimotorcykel.

5.2.2 Elimineringssmatris för mekaniska systemet

Följande elimineringsmatris, tabell 5.5, togs fram för att sälla bort de koncept som faller utanför projektets ramar eller inte uppfyller något av kraven i kravspecifikationen. Kriterierna som är tillagda utöver kraven är frågeställningar vars svar utgör

beslutsunderlag för huruvida ett koncept bör vidareutvecklas eller inte. Är konceptet inom projektbeskrivningen, är det genomförbart i Prototyplaboratoriet och är det genomförbart inom tidsramen? För närmre beskrivningar om övriga frågeställningar i elimineringsmatrisen, se kravspecifikationen i kapitel 4.2.

Tabell 5.5: Elimineringsmatris för det mekaniska systemet

	Inom projektbeskrivningen?	Hastighet >25 km/h?	Hastighet i 5% backe >20 km/h?	Maxlast >100 kg?	Bromssträcka <15 m vid max. hastighet?	Klarar av mätliga mängder damm och grus vid framfart på asfalt?	Lättmanövrerad?	Inom Svemos dim.-krav?	Livslängd >1000 km?	Låttåtkomliga reparationsmöjligheter?	Genomförbar i Prototyplaboratoriet?	Genomförbar inom tidsramen?	Vidareutvecklas?	Kommentar
Koncept A	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Uppfyller alla krav
Koncept B	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej	Nej	Ej genomförbar under tidsramen eftersom den styrs mha en app
Koncept C	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej						Nej	Svårmanövrerad med joystick
Koncept D	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Uppfyller alla krav
Koncept E	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Uppfyller alla krav
Koncept F	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Uppfyller alla krav
Koncept G	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Uppfyller alla krav
Koncept H	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Uppfyller alla krav
Koncept I	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej								Nej	För lång bromssträcka med handbroms
Koncept J	Nej												Nej	Svävare utanför projektbeskrivningen

De koncept som inte vidareutvecklas är koncept B, C, I och J. Koncept B skulle vara för tidskrävande då en app för styrning av framhjulet måste utvecklas. Koncept C skulle bli svårmanövrerad då den innehåller en joystick för riktningsändring.

Att endast använda en handbroms som trycker direkt på hjulet är en alldeles för osäker bromsteknik och risken att bromssträcka överstiger 15 m är överhängande. Således elimineras koncept I. Att utveckla en minimotorcykel i form av en svävare ligger även det utanför projektbeskrivningen och därför elimineras koncept J. Resterande koncept uppfyller alla krav och vidareutvecklas.

5.2.3 Pugh-matris för mekaniska systemet

Efter att fyra koncept eliminerats sattes resterande koncept in i en Pugh-matris med koncept A som referenskoncept. Pugh-matrisen kan utläsas i tabell 5.6. Kriterierna är tagna från kravspecifikationen. För vidare beskrivning av kriterierna, se appendix C.

Tabell 5.6: Pugh-matris för det mekaniska systemet

	Kriterier	Koncept A	Koncept D	Koncept E	Koncept F	Koncept G	Koncept H
Miljö	Livslängd	R e f e r e n s	-	S	S	-	+
Prestanda	Bromssträcka		-	-	-	-	-
	Styrning		S	-	S	S	S
	Grepp mot marken		S	+	S	S	S
	Vikt		S	S	S	S	S
Tillverkning	Montering		S	S	S	S	S
Konstruktion	Antal komponenter		-	-	S	-	-
	Risk för överhettning		S	+	+	S	+
	Energieffektivitet		S	S	-	S	S
	Ergonomi		+	S	S	S	+
	Kostnad		S	-	-	-	S
	Nettovärde	0	-2	-1	-1	-4	1
	Rangordning	2	4	3	3	5	1

I matrisen kan utläsas att koncept H var vinnare och koncept G en tydlig förlorare. Koncept H var dock endast ett poäng bättre än referenskonceptet A och således ingen tydlig vinnare. Den är bättre ergonomiskt på grund av att den har en sittställning inspirerad av sportmotorcykel istället för konventionell sadel. Den har lägre risk för överhettning samt har en bättre livslängd på grund av ett bättre kylsystem bestående av en fläktanordning samt gummidäck.

Koncept G får sin låga poäng på grund av sämre bromsar, V-broms, samt tvåhjulsdraft. Tvåhjulsdraften medför fler komponenter än nödvändigt vilket i sin tur ökar sannolikheten för att något går sönder och förkortar därmed livslängden. Fler komponenter ökar även komplexiteten vilket ej är önskvärt.

Övriga koncept är så pass lika att viktningen av kriterierna i Kesselring-matrisen uppfattades som avgörande för konceptvalet.

5.2.4 Kesselring-matris för mekaniska systemet

Resultatet från matrisen, vilket kan utläsas ur tabell 5.7 styrker ytterligare fördelarna i Koncept A och H. Koncept D, E, F och G har sjunkit längre ner i rangordningen eftersom samtliga innehåller något mindre beprövade system för motorcyklar. Exempel på detta är tvåhjulsdraft och oljekylning vilka gör systemen svårare än nödvändigt att realisera.

Koncept H som enligt Pugh-matrisen var det vinnande konceptet har här rangordnats på en andra plats. Anledningen till att detta koncept inte vidareutvecklas beror framförallt på den komplexa fjädringsanordningen "Tvådelad ram", se appendix D för detaljerad information.

Koncept A har genomgående bra betyg i alla matriser och bedöms till det vinnande

konceptet för vidareutveckling. Konceptet är det minst komplexa och har många likheter med hur vanliga minimomotorcyklar brukar utformas. Alla komponenter som behöver beställas in finns dessutom tillgängliga på marknaden.

Tabell 5.7: Kesselring-matris för det mekaniska systemet

	Kriterier	Ideal			Koncept A		Koncept D		Koncept E		Koncept F		Koncept G		Koncept H	
	Benämning	w	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t
Miljö	Livslängd	3	5	15	4	12	4	12	4	12	4	12	2	6	4	12
	Bromssträcka	4	5	20	5	20	4	16	4	16	4	16	2	8	4	16
Prestanda	Styrning	3	5	15	4	12	4	12	2	6	4	12	4	12	4	12
	Grepp mot marken	3	5	15	3	9	3	9	4	12	3	9	3	9	3	9
Tillverkning	Vikt	3	5	15	4	12	3	9	3	9	2	6	4	12	3	9
	Montering	5	5	25	4	20	4	20	2	10	2	10	5	25	3	15
Konstruktion	Antal komponenter	3	5	15	4	12	4	12	2	6	2	6	4	12	3	9
	Risk för överhettning	3	5	15	3	9	3	9	4	12	5	15	3	9	5	15
	Energi-effektivitet	3	5	15	4	12	2	6	3	9	3	9	3	9	3	9
	Ergonomi	2	5	10	4	8	3	6	5	10	3	6	4	8	4	8
	Kostnad	2	5	10	4	8	3	6	3	6	2	4	4	8	3	6
	Total		55	170	43	134	37	117	36	108	34	105	38	118	39	120
	Rel. Total		1	1	0,782	0,788	0,673	0,688	0,655	0,635	0,618	0,618	0,691	0,694	0,709	0,706
	Medel		5	15,5	3,909	12,182	3,364	10,636	3,273	9,818	3,091	9,545	3,455	10,727	3,545	10,909
	Median		5	15	4	12	3	9	3	10	3	9	4	9	3	9
	Rangordning				1		4		5		6		3		2	

5.3 Val av elsystem

Matriserna för elsystemet är baserade på en utförd litteraturstudie om elektriskt drivna fordon, se teoriavsnitt 2.3 samt appendix E. Vid val av batterityp har separata matriser skapats för att förtydliga valprocessen.

5.3.1 Morfologisk matris för elsystemet

För elsystemet har en morfologisk matris tagits fram utifrån idégenerering, se tabell 5.8. För mer utförlig beskrivning av de ingående elementen se appendix E.

Tabell 5.8: Morfologisk matris för elsystemet

Delsystem	A	B	C	D	E	F	G
Motor	BLDC	PMSM	Squirrel cage	Wound rotor	Electromagnet	Serie-magnetiserad	Separat-magnetiserad
Energikälla	Batteri	Bränsleceller	Ultra-kondensator	Svänghjul			
Motordrivare	Benjamin Vedder	Tillhörande motordrivare	Arduino	Raspberry Pi			
Laddnings-system	Vägguttag	Externt laddsystem	Internt laddsystem	Mekanisk	Standardiserad laddstation	Induktions-laddning	Solceller
Acceleration/Retardation	Gashandtag	Knapp	Båttreglage	Pedal	Mixerbord	Joystick	

För att få en överskådlig process har dellösningar kombinerats för att få fram nio koncept, se tabell 5.9. Här har det tagits i beaktning att komponenterna ska kunna samverka. Flera av komponenterna måste byggas utifrån motorn och därav är koncepten namngivna efter vilken motortyp de använder.

Tabell 5.9: Resultat för den morfologiska matrisen för elsystemet

Komponent	Serie-magnetiserad	Separat-magnetiserad	BLDC	BLDC m. tillhörande motordrivare	PMSM	Squirrel Cage	Wound rotor	Electro-magnet	Wound rotor m. svänghjul
Motor	Serie-magnetiserad	Separat-magnetiserad	BLDC	BLDC	PMSM	Squirrel Cage	Wound rotor	Electro-magnet	Wound rotor
Energikälla	Batteri	Ultra-kondensator	Batteri	Batteri	Bränsle-celler	Ultra-kondensator	Batteri	Ultra-kondensator	Svänghjul
Motordrivare	Arduino	Raspberry Pi	Benjamin Vedder	Tillhörande motordrivare	Tillhörande motordrivare	Tillhörande motordrivare	Tillhörande motordrivare	Tillhörande motordrivare	Tillhörande motordrivare
Laddnings-system	Externt laddsystem	Solceller	Standardiserad laddstation	Vägguttag	Vägguttag	Internt laddsystem	Solceller	Externt laddsystem	Internt laddsystem
Acceleration /Retardation	Knapp	Joystick	Gashandtag	Pedal	Gashandtag	Gashandtag	Knapp	Mixer-bord	Båttreglage

Några komponenter kan konstateras vara en mer konventionell lösning för en eldriven minimotorcykel, exempelvis laddningsbara batterier, standardiserad laddningsstation och ett gashandtag. Några av komponenterna i de övriga koncepten är dock inte lika vanliga i ett elektriskt drivet fordon. Exempel på detta är svänghjul som inte används kommersiellt än och ultrakondensator som främst används i elhybridfordon. Det bör tas i beaktning att syftet med metoden i detta fall var att hålla ett öppet sinne för alla typer av lösningar.

5.3.2 Elimineringssmatris för elsystemet

För att sälla bland koncepten och komma fram till ett konceptval har en elimineringsmatris applicerats på de koncept som togs fram ur den morfologiska matrisen. I tabell 5.10 elimineras de koncept som inte uppfyller ett eller flera av kraven i kravspecifikationen. Utöver kraven uppskattas konceptens potential att kunna realiserats

inom tidsramen, ha rimlig kostnad samt hållas inom projektbeskrivningen.

Fem koncept eliminerades då de ansågs löpa en risk att ej uppfylla dessa krav. "PMSM" uteslöts då bränsleceller är relativt dyra jämfört med batterier. "Squirrel Cage" och "Wound rotor" eliminerades då de ansågs vara för tidskrävande samt på grund av att styrningen ansågs vara för komplex. Electromagnet togs bort då lösningen ej ansågs vara lämplig för fordon. "Wound rotor m. svänghjul" riskerar att hamna utanför viktkraven i kravspecifikationen. Övriga koncept ansågs kunna uppfylla elimineringsmatrisens kriterier.

Tabell 5.10: Elimineringssmatris för elsystemet

	Inom projektbeskrivningen?	Uppfyller miljö-och lagkrav?	Hastighet >25 km/h?	Hastighet i 5% backe >20 km/h?	Körsträcka utan laddning >10km?	Laddningsbar?	Laddtid <12h?	Klarar av måttliga mängder damm och grus vid framfart på asfalt?	Lättmanövrerad?	Livslängd >1000 km?	Inom rimlig kostnad?	Genomförbar inom tidsramen?	Vidareutvecklas?	Kommentar
Serie-magnetiserad	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Uppfyller alla krav
Separat-magnetiserad	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Uppfyller alla krav
BLDC	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Uppfyller alla krav
BLDC m. tillhörande motordrivare	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	ja	Ja	Uppfyller alla krav
PMSM	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej		Nej	Dyrt med bränsleceller
Squirrel cage	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej				Nej	För komplex styrning inom tidsramen
Wound rotor	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej				Nej	För komplex styrning inom tidsram
Electromagnet	Nej												Nej	Olämplig för fordon
Wound rotor m. svänghjul	Nej												Nej	Väger för mycket

5.3.3 Pugh-matris för elsystemet

Efter elimineringsmatrisen återstod fyra koncept för granskning i Pugh-matrisen, se tabell 5.11. Konceptet "Seriemagnetiserad" användes som referens vid värdering av koncepten.

Tabell 5.11: Pugh-matris för elsystemet

Kriterier	Serie-magnetiserad	BLDC	BLDC m. tillhörande motordrivare	Separat-magnetiserad
Verkningsgrad	R	+	+	S
Energitäthet	E	S	S	-
Livslängd	F	+	+	+
Styrning	E	S	S	S
Enkelhet	R	S	S	-
Vikt	E	+	+	+
Ljud	N	S	S	S
Maxhastighet	S	+	+	S
Robusthet		-	-	-
Kostnad		-	-	+
Kompetens		+	S	-
Nettovärde	0	3	2	-1
Rangordning	3	1	2	4

Utifrån Pugh-matrisen kan det utläsas att konceptet "BLDC" fick bäst resultat och konceptet "Separatmagnetiserad" fick sämst. "BLDC" överträffade referenskonceptet på flera kriterier, till exempel saknar BLDC-motorn borstar vilket minskar friktionen i motorn och ger en högre verkningsgrad, till skillnad från motorn i referenskonceptet[3]. Konceptet "Separatmagnetiserad" fick sämst resultat för att den innehåller en ultrakondensator som har sämre energitäthet och är svårt att enbart användas i ett eldrivet fordon. Konceptet "BLDC med tillhörande motordrivare" är ett färdigköpt kit. Detta koncept hamnade på andra plats då det fanns bättre möjlighet till stöd för motordrivaren Benjamin Vedder".

5.3.4 Kesselring-matris för elsystemet

Kesselring-matrisen ger genom viktade kriterier ett mer rättvist resultat. Även denna matris styrker konceptet "BLDC". Den avgörande faktorn till detta är att BLDC" har tillgång till lättåtkomligt stöd från utvecklaren. Med detta som underlag valdes konceptet BLDC att vidareutvecklas. En mer detaljerad förklaring kring komponenterna beskrivs i appendix E.

Tabell 5.12: Kesselring-matris för elsystemet

Kriterier	Ideal			Serie-magnetiserad		BLDC		BLDC m. tillhörande motordrivare		Separat-magnetiserad	
	w	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t
Verkningsgrad	2	5	10	2	4	4	8	4	8	2	4
Energitäthet	3	5	15	4	12	4	12	4	12	1	3
Livslängd	3	5	15	2	6	5	15	5	15	4	12
Styrning	4	5	20	4	16	4	16	4	16	4	16
Enkelhet	4	5	20	4	16	4	16	4	16	2	8
Vikt	2	5	10	2	4	4	8	4	8	4	8
Ljud	1	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4
Maxhastighet	3	5	15	3	9	5	15	5	15	3	9
Robust	4	5	20	4	16	3	12	3	12	2	8
Kostnad	3	5	15	5	15	3	9	3	9	5	15
Kompetens	3	5	15	2	6	5	15	2	6	1	3
Total		55	160	36	108	45	130	42	121	32	90
Rel. Total		1	1	0,655	0,675	0,818	0,813	0,764	0,756	0,582	0,563
Medel		5	14,545	3,273	9,818	4,091	11,818	3,818	11,000	2,909	8,182
Median		5	15	4	9	4	12	4	12	3	8
Rangordning				3		1		2		4	

5.3.5 Konceptval av batteri

Med underlag av tidigare matriser beslutades att batterier ska utgöra minimotorcykelns energikälla. Under valet av batteri uteslöts en morfologisk matris då det endast var en typ av komponent som utvärderades. De olika alternativen som har utretts är egentillverkade batteripaket, elcykel-batterier, bilbatterier och RC-batteripaket.

5.3.5.1 Elimineringsmatris för batterier

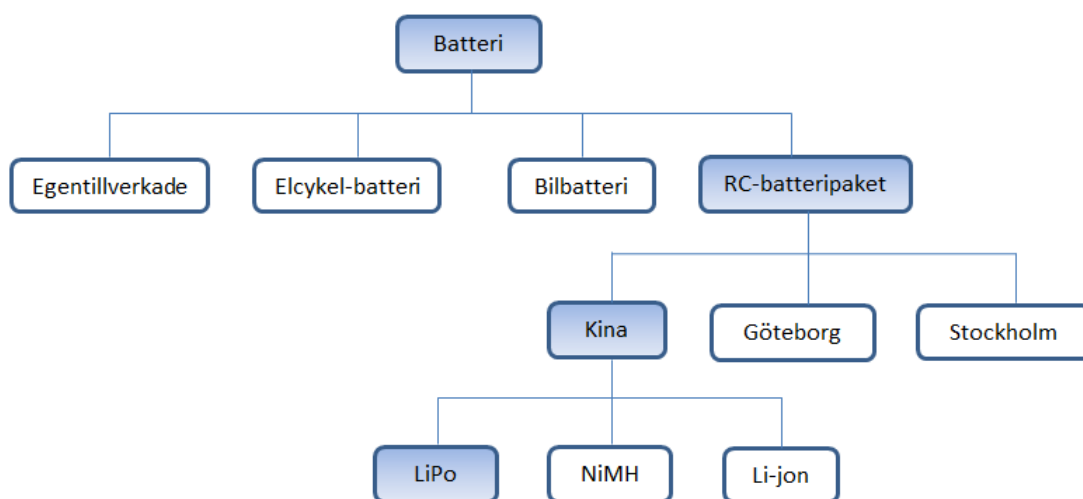
För att sälla ut koncept och komma fram till ett konceptval har en elimineringsmatris applicerats. I tabell 5.13 elimineras koncepten som inte uppfyller minst ett av kraven i kravspecifikationen.

Tre koncept togs bort då de var svåra att realisera. Dessa utgjordes av "Egentillverkade batteripaket", "Elcykel-batteri" och "Bilbatteri". "Egentillverkade batteripaket" som skulle tillverkas av battericeller togs bort eftersom det ansågs vara för komplext att sätta ihop inom tidsramen. Bilbatteri kräver mycket utrymme och anses vara svår att placera i en minimotorcykel. "Elcykel-batteri" sällades ut på grund av att de som hittats har för låg C-konstant, det vill säga den kommer inte att släppa ifrån sig tillräcklig ström för att uppfylla hastighetskravet.

Tabell 5.13: Elimineringssmatris för batterierna

	Inom projektbeskrivningen?	Uppfyller miljö-och lagkrav?	Hastighet >25 km/h?	Hastighet i 5% backe >20 km/h?	Körsträcka utan laddning >10km?	Laddningsbara?	Laddtid <12h?	Klarar av måttliga mängder damm och grus vid framfart på asfalt?	Lättmanövrerad?	Livsängd >1000 km?	Inom rimlig kostnad?	Genomförbar inom tidsramen?	Vidareutvecklas?	Kommentar
Egentillverkade batteripaket	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej				Nej	Ej lättmanövrerad, efter det blir för komplext att sätta ihop
Elcykel-batteri	Ja	Ja	Nej										Nej	Har för låg C-konstant
Bilbatteri	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej				Nej	För stort och tungt
RC-batteripaket	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	ja	Ja	Uppfyller alla krav

Utifrån elimineringsmatrisen kunde det konstateras att endast ett rimligt alternativ återstod, "RC-batteripaket". Därför uteslöts både Pugh- och Kesselring-matrisen. RC-batterier fanns att köpa hos bland annat återförsäljare i Stockholm, Göteborg och Kina. Batterierna från Sverige var betydligt dyrare än de från Kina så därför valdes återförsäljaren i Kina. De vanligaste alternativen var NiMH, LiPo samt litium järnfosfat vilket det sistnämnda är ett slags Li-jon batteri. LiPo-batterierna valdes till slut på grund av att de erbjuder en hög effekt till det billigaste priset. Figur 5.2 visar den stegvisa vägen för valet av batteriet, där den blå färgen indikerar vilka val som gjorts.



Figur 5.2: Val av batteri

5.4 Val av hela systemet

Ett konceptval för ram, mekaniskt- och elektriskt system har fattats. Dessa tre sågs som möjliga att kombinera med hänsyn till plats för komponenter och teknisk integrering. Att hitta ett bättre totalkoncept genom korsbefruktnings av de övriga koncepten sågs inte som möjlig. Med det som grund valdes alltså “Triangellåda m. Ibalk”, “Koncept A” och “BLDC” tillsammans till konceptet som ska vidareutvecklas. Efter detta steg följer konstruktion, beräkningar och simuleringar för de ingående komponenterna.

6

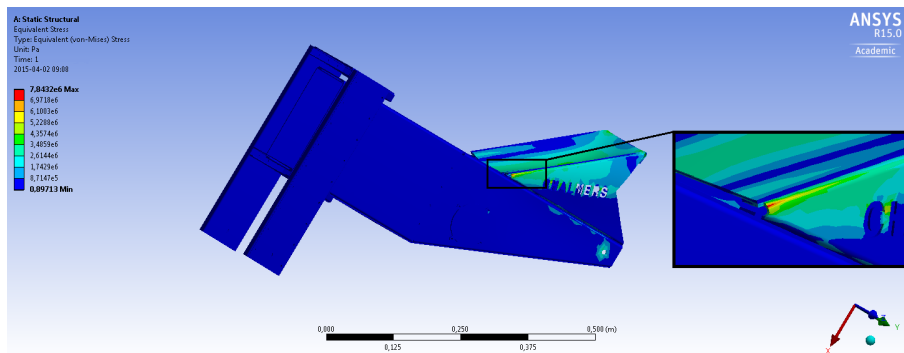
Konstruktion & prototyp tillverkning

Eftersom konstruktion och prototyp tillverkning löpt parallellt under projektet behandlas dessa ihop. Avsnittet är, likt konceptvalet, indelat i tre delar; ram, mekaniskt system samt elsystem. I dessa delar behandlas konstruktionsdetaljer, simuleringar och beräkningar.

6.1 Konstruktion av ram

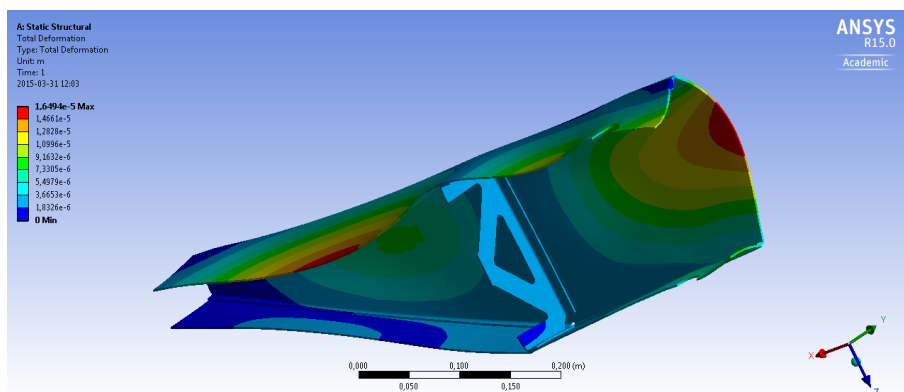
Ramkonceptet “Triangellåda m. I-balk” valdes under konceptvalsfasen. Detta koncept har sedan vidareutvecklats och utgjort grunden för ramkonstruktionen.

Konceptet som tidigare nämnts består av en låda förstärkt med två I-balkar som löper längs med lådan. För att få en uppfattning av lådans hållfasthetsegenskaper exklusive I-balkarna simulerades först denna i ANSYS. Simuleringarna visade att lådan i sin kritiska punkt känner en spänning på knappt 8 MPa då lådan belastas med en vikt av 140 kg, se figur 6.1. Vikten är överdimensionerad med 40% marginal gentemot kravspecifikationen. Aluminiumlegeringen 1050A har en sträckgräns på upp till 145 MPa[20], vilket innebär att ramen har en säkerhetsfaktor på över 15 mot sträckgränsen. Med detta som grund ansågs I-balkarna överflödiga och ersattes med en kryssformad förstärkning i mitten av lådan. Förändringen leder till en enklare konstruktion vilket enligt projektbeskrivningen är eftersträfvansvärt. Spänningskoncentrationer uppstår vid infästningen för bakaxeln och på sadeln som visas i figur 6.1. Infästningen för bakaxeln förstärktes senare med en 3mm plåtbit.

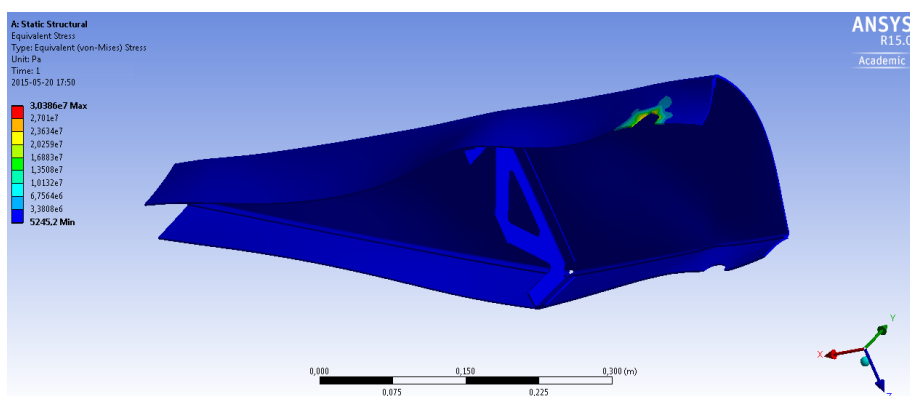


Figur 6.1: Spänningskoncentrationer vid bakaxeln och sadeln

Efter att förstärkningen introducerades i modellen utfördes simuleringar på nytt, vilka visade att utböjningar och spänningar blir små. Dessa utböjningar sker på okritiska områden och uppgår till maximalt 0,0165 mm, se figur 6.2. Eftersom spänningarna är små blir också risken för buckling och sprickinitiering liten. Spänningen uppstår vid hålet för gaffeln och uppgår till 30 MPa, se figur 6.3. Den ökade spänningen gentemot spänningen i figur 6.1 beror på hålet för framgaffeln som tillkommit i konstruktionen. Övriga konstruktionen bedöms klara av lasten på 140 kg utan problem.



Figur 6.2: Kraftigt förstärkt utböjning kring den kryssformade förstärkningen



Figur 6.3: Spänningar i ramen kring den kryssformade förstärkningen

För att underlätta för underhåll av komponenterna inuti lådan har hål med täckande lucka placerats på högra sidan av minimotorcykeln, se figur 6.4.



Figur 6.4: Ramens utformning

På vänstra sidan av ramen är motorn fäst i en lucka som är enkel att avlägsna och erbjuder därmed enkelhet vid underhåll av motor och transmission. På högra sidan av ramen är motoraxeln stödd av en lagerbock för att ta upp krafter från transmissionen vilket krävs då motorn får en lång hävarm mellan skruvförband och drev. Ifall motorn inte stöds upp i axeln kommer det uppstå stora krafter på motorns infästning vilket kan leda till brott i plåten eller dålig kedjespänning. Motordrivaren har placerats längst fram i ramen för att kunna komma åt den från öppningen i sidan på lådan. Delvis för att visa vattenskärares möjligheter, men framförallt av estetiska skäl är "Chalmers" skrivet i stora bokstäver längs sidorna på lådan. Hålen ökar risken för att damm och smuts når in till komponenterna inuti lådan. Eftersom minimotorcykeln ska fungera som demonstrator anses dock de vattenskurarna utsmyckningar på sidorna vara befogade.

6.2 Konstruktion av mekaniskt system

Det mekaniska systemet utgörs av detaljer som varken hör direkt till ramen eller det elektriska systemet. Majoriteten av det mekaniska systemet utgörs av komponenter för bromsar, hjul, transmission, riktningsändring, kylsystem, fjädring samt position för förare. De flesta komponenter har valts att beställas in av leverantörer. De delar som egentillverkats är framgaffel, sadel, fotpinne samt 3D-printade detaljer för invändig layout.

6.2.1 Bromsar

Bromssystemet dimensioneras efter en önskad bromssträcka på 15 m. Med en linjär retardation från 45 km/h till stillastående beräknas ett bromsmoment på 32,8 Nm vara nödvändigt. För att uppfylla kravet om en bromssträcka på 20 m från 45 km/h krävs 24,6 Nm. Se beräkningar i appendix F.

För att uppnå det önskade bromsmomentet bör bromsbeläggen ha en vinkel på minst $21,4^\circ$. Mätning av de valda bromsbeläggen visar en vinkel på $21,5^\circ$, vilket bör vara tillräckligt. Den mekaniska skivbromsen tillsammans med den elektriska motorbromsen bedöms därmed utgöra ett tillräckligt bra bromssystem för att stanna minimomotorcykeln i alla lägen.

Bromsoket är placerat vid minimomotorcykelns bakhjul och är kopplat till ett enkelt bromshandtag monterat på styret. Anledningen till att den mekaniska skivbromsen är placerad bak är att undvika att minimomotorcykeln ska tippa över sitt eget styre vid kraftig inbromsning.

6.2.2 Hjul

Hjulen som köpts in består av aluminiumfälg omgiven av en klassisk slang fylld med luft och gummi som kontaktmaterial mot vägunderlaget. Däcken erbjuder en god friktion mot vägbanan och därmed erhålls en bra väghållning samt minimerad bromssträcka. Denna typ av hjul är vanligt förekommande på marknaden, vilket underlättade inköp. Hjulens ytterdiameter är 12 tum och anses vara standard för minimomotorcyklar.

Genom både framhjul och bakhjul löper 10 mm hjulaxlar som fästs med muttrar på utsidan av ramen. Vardera hjulaxel håller två kullager av typ SKF 6000 2Z samt egentillverkade distanser. Distanserna är anpassade för att hjulens mitt ska ligga längs motorcykelns centrumlinje. De säkerställer även att bromsskiva och drev ligger rätt positionerade i förhållande till angränsande komponenter.

6.2.3 Transmission

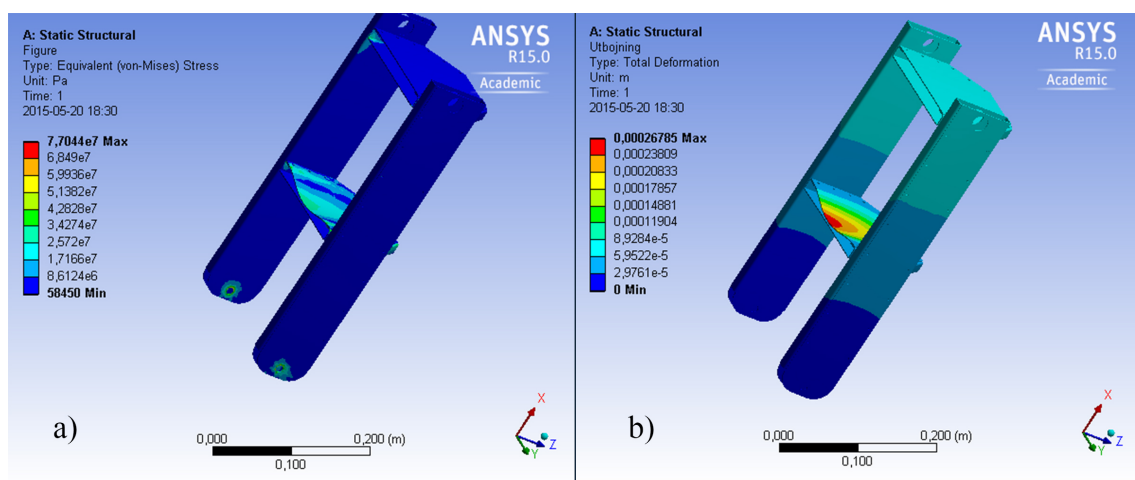
Den elektriska motorcykeln drivs med hjälp av bakhjulsdrift och kedja. Ett mindre drev med 11 kuggar är fäst vid motorns axel och ett större drev med 64 kuggar är monterat vid den bakre hjulaxeln. Detta resulterar i en utväxling på 5,8 gånger. Det lilla drevet tillverkades i Prototyplaboratoriet eftersom det drev som initialt inhandlats var konstruerat för en grövre kedja. Det egentillverkade drevet vattenscars och svarvades ned för att passa motorns axel. Drevet svetsades även fast på en distans för att kunna fästas på rotern. Mellan de två dreven placerades en kedja för att överföra motorns vridmoment till hjulen och på så sätt ge motorcykeln en hastighet framåt.

För att kunna reglera axelavståndet har en anordning för kedjespänning konstruerats. Den bakre hjulaxeln ligger i en på ramen utskuren skåra och kan förflyttas i horisontal-led. Med hjälp av en skruv och mutter kan sedan hjulaxeln spännas bakåt till önskat avstånd.

6.2.4 Framgaffel

Hela framgaffeln är konstruerad i bockad plåt. Gaffelbenen är dubbelbockade för ökad styvhet och avrundade nertill för ett stilrent utseende på en i övrigt kantig komponent. Utöver gaffelbenen består framgaffeln av två stycken gaffelkronor som även de är dubbelbockade för ökad styvhet. Mellan gaffelkronorna sitter en axel för att kunna vinkla gaffeln i förhållande till ramen. För att underlätta rotationen sitter en bussning i mässing mellan den undre kronan och ramen.

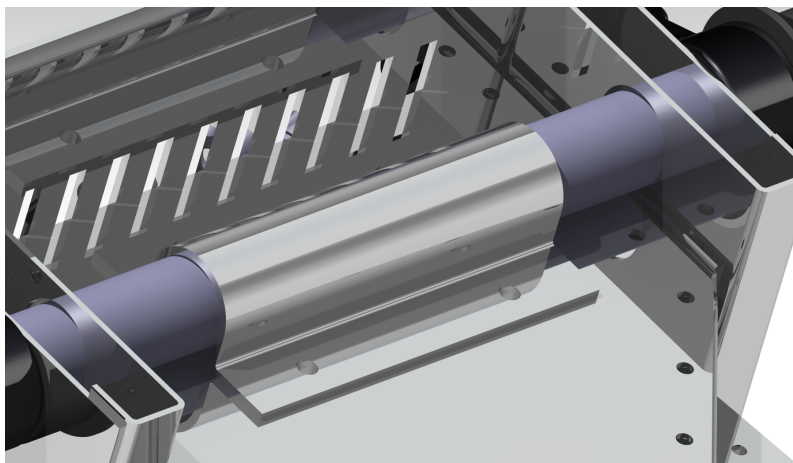
Spänningen och utböjningen har simulerats med resultat i figur 6.5. Spänningen uppgår enligt simuleringen som max till 77 MPa medan utböjningen uppgår 0,2 mm som mest. Med detta som bakgrund beräknas gaffeln hålla för dess påfrestningar.



Figur 6.5: a) Effektivspänning i framgaffeln b) Kraftigt förstärkt utböjning i framgaffeln

Gaffelvinkel och försprång har uppmätts i CAD-konstruktionen till 28° respektive 38 mm. Detta resulterar i en kontrollerbar minimotorcykel i både låga och höga hastigheter[11]. Självstyrande effekt kommer uppstå vid högre hastigheter men minimotorcykeln kommer fortfarande vara manövrerbar i låga hastigheter.

För att vrida framgaffeln och på så sätt ändra riktning på motorcykeln är framgaffeln kopplad till ett styre. Styret består av ett stålrör som är fastskruvad i en U-formad fästanordning tillverkad av plåt pressad i en hydraulisk verkstadspress. Fästanordningen är i sin tur fastnitad i den övre styrkronan, se figur 6.6. Genom fästanordningen och styret går två skruvar som håller styret på plats, dessa är dock ej synliga i figuren.



Figur 6.6: Fästanordning för styrpinne

En instrumentbräda har även konstruerats i svart PLA-plast för att täcka gaffelns övre del samt hålla strömbrytaren på plats. Vid styrets ändar är handtag fästa för att ge ett bättre och mer ergonomiskt grepp. Handtagen är 3D-printade i en blå, elastisk plast kallad NinjaFlex.

Framsidan är prydd med ett galler samt texten “Chalmers”. Gallret har som huvuduppgift att tillåta luft att strömma igenom ramen för att kyla batterier, motor samt motordrivare.

6.2.5 Kylsystem

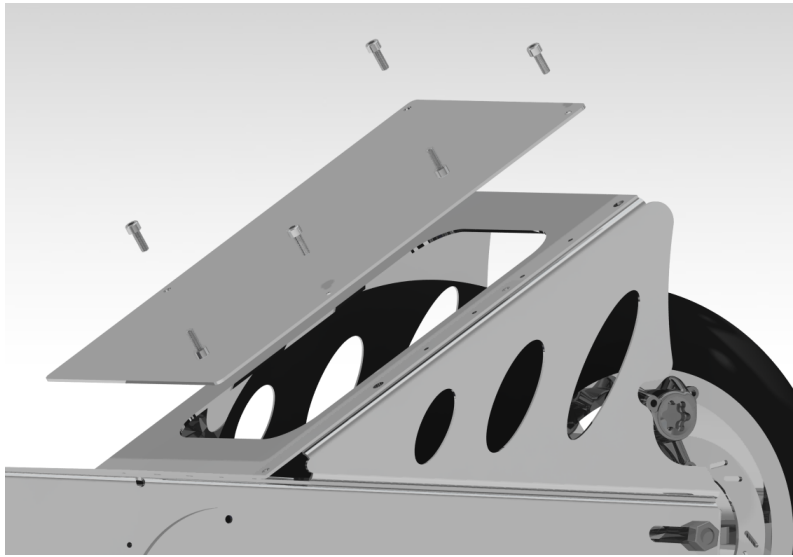
Luftkylning anses räcka som kylningsmedel då ramen och framgaffeln är konstruerade för släppa igenom ett kontinuerligt flöde av luft. Produktspecialister hos återförsäljaren kunde bekräfta att luftkylning borde räcka som kylmedel för batterierna. Det ansågs även tillräckligt för övriga elektriska komponenter.

6.2.6 Fjädring

För att hålla konstruktionen enkel prioriterades en potentiell fjädringsanordning bort. Fjädringsanordningen ansågs inte bidra med tillräckligt mervärde för produkten då fokus på minimotorcykelns enkelhet vägde tyngre.

6.2.7 Sadel

Sadeln bedömdes klara av spänningskoncentrationerna i 6.1, men konstruerades om för att avlasta spänningen, underlätta för tillverkningen och göra reparationer mer lättillgängliga. Bockens lilla radie gjorde den svår att tillverka och gav upphov till onödiga spänningskoncentrationer. För att underlätta för reparationer konstruerades en avtagbar lucka enligt figur 6.7.



Figur 6.7: Sadel med avtagbar lucka.

Sadeln är designad med lutande, ovala hål på sidorna, samt en rundad form i bakre sidan för att mjuka upp de i övrigt kantiga formerna. För att behålla det råa utseendet har ingen sittdyna tillverkats. Sadeln har en vinkel på 10 grader framåt för att underlätta för en lätt framåtlutande och bekväm sittställning.

6.2.8 Övriga komponenter

Minimotorcykelns fotstöd består av ett långt stålrör. Placeringen hade optimalt legat inne i lådan men på grund av bristande utrymme arrangeras en fästning på undersidan av ramens utsida. En likadan fästnanordning som användes för att fästa styre med framgaffel nyttjas även för fotpinnarna.

6.3 Konstruktion av elsystem

Utifrån matriserna har ett koncept med bland annat en BLDC-motor och batteri valts. För att kunna dimensionera de olika delarna i systemet har vissa beräkningar gjorts. Beräkningarna ger en uppskattning om hur mycket effekt och kapacitet de olika delarna i systemet behöver för att uppfylla kravspecifikationen.

6.3.1 Dimensionering och val av motor

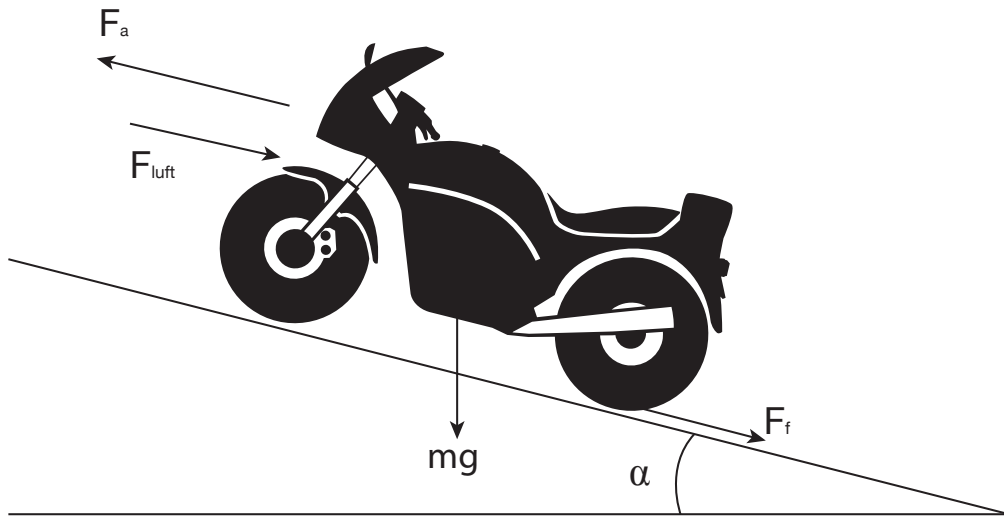
Motorcykeln behöver minst kunna köra i 25 km/h i en 5% brant backe. Beräkningarna kommer emellertid ta hänsyn till den önskade hastigheten i kravspecifikationen och dimensionera motorn så att den i teorin kan köra 45 km/h i 10% lutning. Nedan följer en sammanfattning av de beräkningar som utförts. Fullständiga beräkningar finns i appendix G.

När motorcykeln accelererar i uppförsbacke kommer motorn att kräva maximal effekt. Denna kan beräknas genom ekvation (6.1)

$$P_{max} = F_{tot} \cdot v \quad (6.1)$$

Där F_{tot} är den resulterande kraften på motorcykeln och v är maxhastigheten 45 km/h.

De krafter som påverkar motorcykeln vid acceleration i uppförsbacke är accelerationskraften F_a , rullmotståndet F_f , luftmotståndet F_{luft} och den tangentiella kraften F_g . Dessa krafter visas i figur 6.8



Figur 6.8: Krafter som påverkar minimotorcykeln[12]

Den resulterande kraften och krafterna som påverkar motorcykeln beräknas genom följande ekvationer

$$F_{tot} = F_a + F_f + F_g + F_{luft} \quad (6.2)$$

$$F_a = ma \quad (6.3)$$

$$F_g = mg \cdot \sin \alpha \quad (6.4)$$

$$F_f = mg \cdot \cos \alpha \cdot f_r \quad (6.5)$$

$$F_{luft} = -\frac{\rho}{2} \cdot A \cdot C_d \cdot v^2 \quad (6.6)$$

där ρ är luftdensiteten $1,146 \text{ kg/m}^3$, C_d är luftmotståndskoefficient 0,7, A är frontalarean $0,8 \text{ m}^2$, v är maxhastigheten $12,5 \text{ m/s}$, f_r är friktionskonstanten 0,0015, m är 130 kg och a beräknas enligt ekvation (6.7)

$$a = \frac{v^2}{2 \cdot B_s} \quad (6.7)$$

där B_s är bromsträckan som enligt kravspecifikationen ska vara högst 20 m vid maximal hastighet.

Utifrån detta beräknas den resulterande kraften cirka till 330 N och den maximala effekten cirka 4 kW. Motorn och transmissionen antas tillsammans ha en verkningsgrad på cirka 80%. Detta medför att det behövs en maximal effekt för motorn på cirka 5,1 kW.

Hjulets omkrets, O_{hjul} , är 958 mm. Motorcykeln maxhastighet, v , är cirka $12,5 \text{ m/s}$. Detta gör att frekvensen för däckets blir ungefär 13 Hz. Hjulets varvtal, n_{hjul} kan därmed beräknas till 780 rpm. Utväxlingen är 1:5,8 vilket ger att motorns varvtal är ungefär 4500 rpm. En motor bör ligga på cirka 70% av dess maxvarvtal för att få ut maximal effekt. Detta medför att vid val av motor bör dess maxvarvtal vara ungefär 6500 rpm.

En BLDC-motor som uppfyller detta varvtal och maxeffekt är Turnigy RotoMax 50 cc Size Brushless Outrunner Motor från HobbyKing. Denna har en maxeffekt på 5,3 kW, ett maxvarvtal på cirka 7500 rpm samt en maxspänning på 44 V. Varvtalet är högre än det beräknade, men denna motor var den närmaste som hittades på marknaden. Det högre varvtalet antogs fungera. En bild på denna motor visas i figur 6.9.



Figur 6.9: Turnigy RotoMax 50 cc Size Brushless Outrunner Motor

Enligt kravspecifikationen så ska minimomotorcykeln ha en räckvidd på 10 km. Sträckan som motorcykeln ska kunna köra delas upp i sex olika delar

- $s_1 = 50\%$ av sträckan är körning på plan mark

- $s_2 = 10\%$ av sträckan är körning i uppförsbacke
- $s_3 = 10\%$ av sträckan är körning i nedförsbacke
- $s_4 = 10\%$ av sträckan är acceleration på plan mark
- $s_5 = 15\%$ av sträckan är acceleration i uppförsbacke
- $s_6 = 5\%$ av sträckan acceleration i nedförsbacke

Genom att beräkna effekterna för de olika sträckorna kan den genomsnittliga effekten beräknas, vilken kommer användas vid beräkning av batterikapacitet i 6.3.3. Effekterna beräknas på samma sätt som P_{max} i ekvation (6.1) och 0,8 är den antagna verkningsgraden för transmissionen och motorn.

$$P_{genomsnitt} = \frac{s_1 \cdot P_{plan} + s_2 \cdot P_{upp} + s_3 \cdot P_{ned} + s_4 \cdot P_{acc,plan} + s_5 \cdot P_{acc,upp} + s_6 \cdot P_{acc,ned}}{0,8}$$
$$= 1,5 \text{ kW}$$

6.3.2 Styrning av motorn

För att styra en BLDC-motor används oftast hallsensorer eller andra givare som kan känna av vart rotorn befinner sig. Motorn som har köpts in saknar dock hallsensorer men det finns flera olika sätt att styra motorn utan givare. Det vanligaste sättet är att använda motriktad elektromotrisk kraft, mot-EMK[3]. Djupare förklaring hur detta går till ligger utanför projektets ramar.

När föraren vrider på ett gashandtag på den eldrivna minimomotorcykel så skickas en signal till motordrivaren som bestämmer hur stor ström som ska skickas till motorn. Strömmen är proportionell mot momentet som i sin tur styr farten. För att bestämma motorns position måste motorn rotera med en viss hastighet och generera tillräcklig mot-EMK, vilket kan skapa problem vid start då motorn inte roterar.

Den inköpta motordrivaren är utvecklad utav Benjamin Vedder och är publicerad som öppen hårdvara. Motordrivaren har flera funktioner för att kunna styra motorn och ge ett snabbt och mjukt startmoment utan givare. Motordrivaren visas i figur 6.10.



Figur 6.10: Motordrivaren

Gashandtaget som köpts in är en analog potentiometer. Denna har kopplats till en analog/digital omvandlare i motordrivaren och programmerats till att ge en specifik ström till motorn. Gashandtaget visas i figur 6.11.



Figur 6.11: Gashandtaget

6.3.3 Dimensionering av batterier

Motorns maxspänning är 44 V. Spänningen för en LiPo standardcell är vanligtvis 3,7 V. Detta gör att det totalt behövs $\frac{44}{3,7} = 12$ st celler i serie för att kunna utnyttja motorns maxeffekt. För att undvika onödig kostnad har således två stycken 6-cellsbatterier införskaffats då laddare till denna typ av batteri finns att tillgå i Prototyplaboratoriet. Den genomsnittliga energin som krävs för att klara av den sträcka som motorcykeln ska kunna köra beräknas utifrån spänningsbehovet på 44 V. E är den krävda genomsnittliga energin och beräknas enligt ekvation (6.8).

$$E = P_{\text{genomsnitt}} \cdot t \quad (6.8)$$

där t är den genomsnittliga tiden det tar för motorcykeln att köra sträckan 10 km. Kapaciteten, C hos batterierna beräknas då genom ekvation (6.9)

$$C_{batteri} = \frac{E}{U} \cdot \frac{1}{\eta_{batteri}} \quad (6.9)$$

Utifrån ekvation (6.9) och (6.8) fås ut att den krävda genomsnittliga energin är 560 W och kapaciteten cirka 14 Ah. Detta gör att det behövs två stycken 6-cellsbatterier parallellt för att uppfylla kravspecifikationens krav att kunna köra 10 km under en laddning.

Fyra stycken 6-cellsbatterier Zippy Flightmax har använts. Dessa har en kapacitet på 8 Ah och en C-konstant på 30 C. Batterierna placerades två i serie och två parallellt för att få ut önskad laddning.

Batterierna kommer kunna ge ifrån sig en maxström på $30 \cdot 16 = 480$ A. All den strömmen kommer inte behövas eftersom motorn maximalt klarar av 120 A. Om kretsen kortsluts kan denna ström dock orsaka stora skador på kretsen och i värsta fall på föraren.

6.3.4 Säkerhet

Vid kortslutning är det storleken på strömmen som går genom kroppen som är farlig. En ström på enbart några mA genom hjärtat kan döda en människa[17]. Vid 230 V i ett vägguttag går en ström på cirka 100 mA genom kroppen vilket är över gränsen av vad som krävs för att döda en person. Det är många olika faktorer som spelar roll om hur stor ström som kommer gå genom kroppen, som till exempel spänning, luftfuktighet, kontaktyta, tid, frekvens med mera. En maxspänning på 44 V är därför inte ofarlig och en huvudströmbrytare har monterats mellan batterierna och motordrivaren. Denna är monterad på instrumentbrädan och kan nås av föraren ifall en olycka skulle inträffa. Huvudströmbrytaren kan ses i figur 6.12.



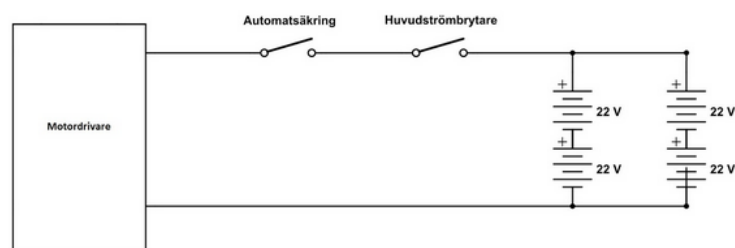
Figur 6.12: Huvudströmbrytare

Vid kortslutning kan batterierna bli mycket varma och börja brinna. För att undvika detta har en automatisk säkring monterats vid batterierna. Denna kommer utlösas vid 70 A och har fördelen att den går att återställa efter att den lösts ut. 70 A säkring har använts på grund utav att kablarna och motordrivaren i nuläget inte klarar större ström. Automatsäkringen kan observeras i figur 6.13.



Figur 6.13: Automatsäkring

Ett schema över hur de både säkerhetsanordningarna är placerade i elsystemet kan observeras i figur 6.14.

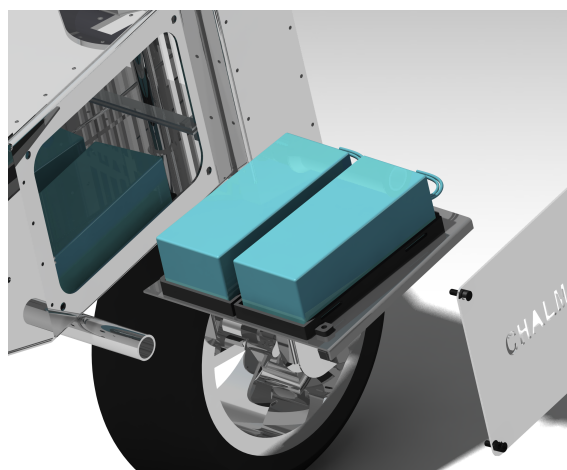


Figur 6.14: Kretsschema för hur säkringarna sitter placerade i kretsen

6.4 Placering av komponenter

Utrymmet inuti lådan överskattades i konceptvalet. Minimotorcykelns små dimensioner ger ett begränsat utrymme åt de komponenter som valts att placeras inne i lådan. För att strukturera upp den invändiga layouten och förenkla laddning av batterier och justering av motordrivaren har behållare skrivits ut med hjälp av en 3D-printer.

Batterierna och kortet har placerats i lådans främre del med anknytning till luckan på höger sida. Ett utdragbart hyllplan är konstruerade vilket gör det enkelt att plocka i och ur batterier för laddning. Hyllplanet består av aluminiumskivor i 2 mm plåt med en nedbockad ytterkant vilket fungerar som handtag. Skenorna som håller hyllplanen på plats är 3D-printade och fastnitade i ramen. Två batterier är placerade i botten, två batterier på första hyllplanet och motordrivaren är placerat i taket, se figur 6.15



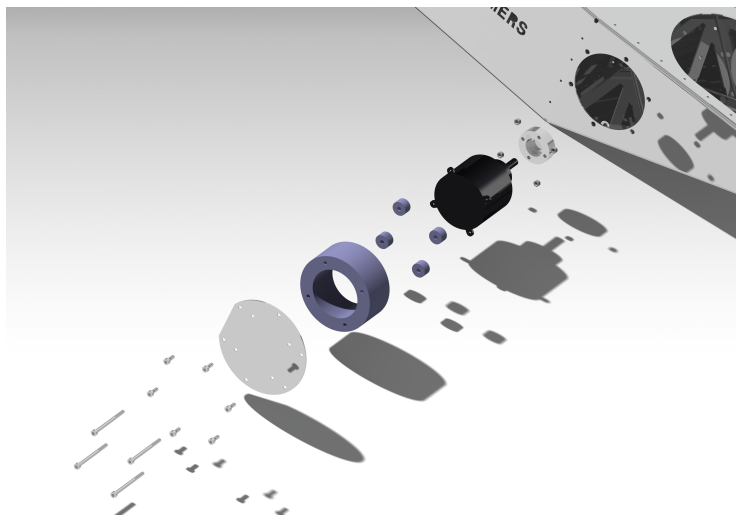
Figur 6.15: Montering och demontering av batterier

För att skydda de elektriska komponenterna ytterligare samt hålla dem på plats omges de av de 3D-printade plastbehållarna. Behållarna för batterierna består av en bottenplatta med uppbyggda kanter om 1 cm. Över batterierna dras sedan kard-

borreband för att stoppa rörelse i gravitationens motsatta riktning. Detta ger batterierna fortsatt direktkontakt med luftflödet vilket anses nödvändigt för att luftkylningssystemet ska fungera.

Motordrivaren blir likt ett batteri varmt och bör hållas någorlunda kylt. Motordrivaren är därför beläget i en svart plastlåda med filterskum längs kortsidorna för att släppa igenom ett kallt luftflöde. Filterskummet håller borta smuts och partiklar som kan vara skadliga för styrkortet. Sladdarna leds ut genom noggrant uppmätta hål för att sedan anslutas till resterande nätverk av elektronikledningar.

Motorn har placerats på en cirkulär lucka som kan plockas ut när ett skruvförband släpps. Denna är belägen på vänster sida av ramen. Detta medför att kedja och drev blir åtkomliga utan att montera bort bakhjulet, se figur 6.16. Motorn är placerad på fyra motorkuddar 3D-utskrivna i NinjaFlex för att minimera vibrationer som uppstår när motorn arbetar. Motorkuddarna är i sin tur fästa i en distans vilken har som syfte att flytta ut motorn i rätt position så att dreven ligger i linje med varandra.



Figur 6.16: Montering och demontering av motor

7

Slutprodukt & testning

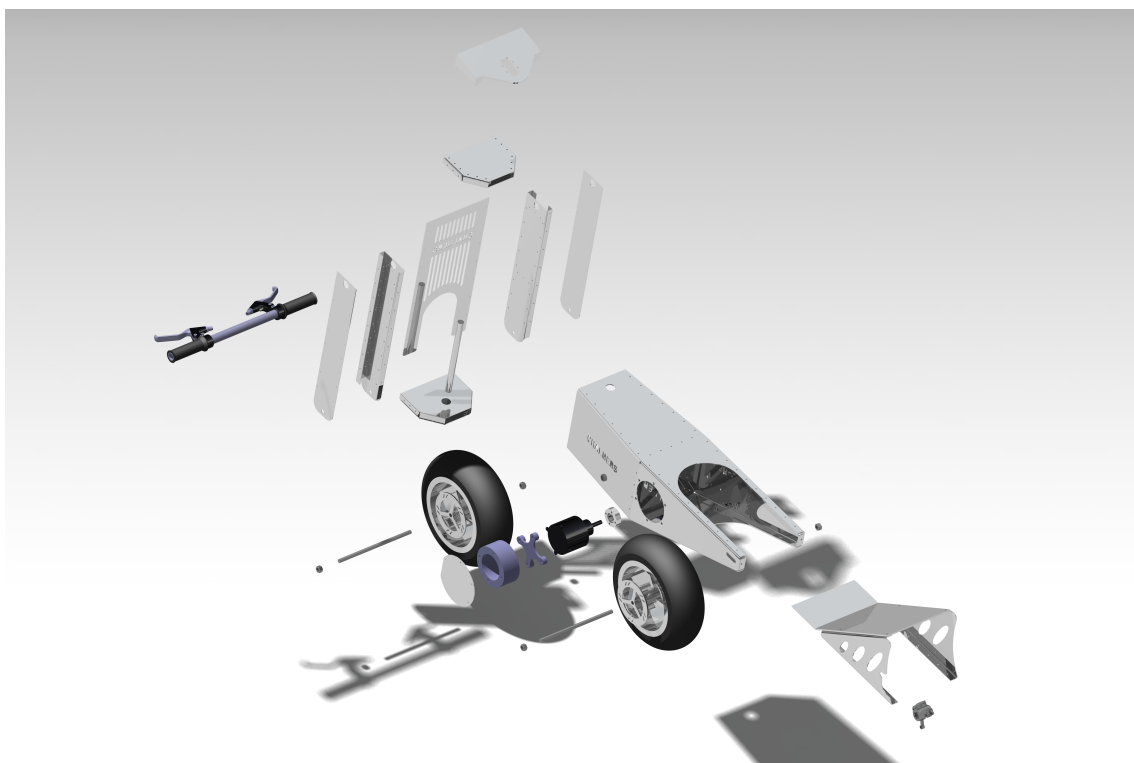


Figur 7.1: Hela den slutgiltiga prototypen

Den färdiga produkten består av de komponenter som beskrivs i kapitel 6. Fullständiga detaljritningar och materiallista finns under appendix H. I slutprodukten är ramen och elsystemet centralt. Ramen är konstruerad för att hålla det mekaniska och elektriska systemet på plats. Elsystemet samverkar med de mekaniska delarna för att driva motorcykeln framåt. Den slutgiltiga modelleringen kan åskådas i figur 7.1, 7.2 och 7.3



Figur 7.2: Framgaffel på den slutgiltiga prototypen



Figur 7.3: Sprängbild av den slutgiltiga modellen

7.1 Testning & validering

Utvärdering mot kravspecifikations uppmätta värden för att verifiera slutprodukten mot kravspecifikationen finns i figur 7.4.

Chalmers Tekniska Högskola Validering av kravspecifikation Kandidatarbete: PPUx-03-15-06						
	Kriterier	Målvärde	Enhet	K/Ö	Uppmätt värde	Referens
Prestanda	Hastighet	>25	km/h	K	-	Internt
	Hastighet	>45	km/h	Ö	-	Internt
	Hastighet i 5% backe	>20	km/h	K	-	
	Hastighet i 10% backe	>45	km/h	Ö	-	
	Maxlast	>100	kg	K	-	Internt
	Körsträcka utan laddning	>10	km	K	-	Internt
	Körsträcka utan laddning	>50	km	Ö	-	Internt
	Bromssträcka vid maximal hastighet	<20	m	K	-	Internt
	Bromssträcka vid maximal hastighet	<15	m	Ö	-	Internt
	Klara av måttliga mängder damm och grus vid framfart på asfalt			K	-	Internt
	Klara av framfart på grusväg			Ö	-	Internt
	Möjlighet att ändra utväxling			Ö	-	Internt
	Slaglängd, fjädring	100	mm	Ö	-	Internt
	Lättmanövrerad			K	-	Internt
Dimensioner	Vikt	<40	kg	K	17.96	Svemo
	Vikt	<30	kg	Ö	17.96	Svemo
	Hjulbas	<730	mm	K	726	Svemo
	Längd	<1060	mm	K	1020	Svemo
	Sitthöjd	<460	mm	K	300	Svemo
	Totalhöjd	<620	mm	K	560	Svemo
Drivmedel	Elektriskt driven			K	Ja	Handledare
	Laddningsbar energikälla			K	Ja	Internt
	Livslängd energikälla	100	Antal laddningar	Ö	-	Internt
	Laddtid	<12	h	K	-	Internt
	Laddtid	<6	h	Ö	-	Internt
Tillverkningsmetod	Minimal användning av svets			K	Ja	Handledare
	Sammanfogning med hjälp av svetsning	0	Antal svetsar	Ö	3	Handledare
Miljö/hållbarhet	Bestå av 80 % återvinningsbart material			Ö	Ja	Internt
	Livslängd	>1000	km	K	-	Internt
	Energiåtervinning vid inbromsning			Ö	-	Internt
	Utsläpp av miljöfarliga ämnen/partiklar under drift	0	g	Ö	-	Internt
Ergonomi	Bekväm att åka			Ö	ja	Internt
Reparationsmöjligheter	Lättåtkomligt			K	ja	Internt

Figur 7.4: Validering av kravspecifikation

Minimotorcykelns vikt har uppmätts till 17,96 kg och uppfyller därmed önskemålet på en maximal vikt av 30 kg. Alla specificerade dimensionskrav på minimotorcykeln uppfylls, minimotorcykeln är elektriskt driven och har uppladdningsbara batteri-

er. Slutprodukten innehåller tre stycken svetsfogar i det mekaniska systemet. De tre svetsfogarna utgörs av två kedjespännare samt en för drevet på motoraxeln. För ramen anses önskemålet alltså uppfyllt, medan det ej anses som uppfyllt för det mekaniska systemet. Kravet om minimalt antal svetsar anses som fullständigt uppfyllt. En energiåtervinning i form av elektrisk motorbroms är implementerad. Motorcykeln genererar inga direkta utsläpp annat än eventuellt slitage från däck.

Ramen, gaffeln och sadeln är enbart tillverkade i aluminium eller stål. Dessa är helt återvinningsbara. Hjulens delar kan lätt monteras isär för källsortering och de 3D-skrivna plastdetaljerna kan energiåtervinnas. Kravet om 80% återvinningsbarhet anses därför uppfyllt. Enbart elsystemets delar är komplicerade att återvinna.

Reparationsmöjligheterna är tillräckliga. De luckor som är placerade för motorn, batteri och motordrivare möjliggör reparation och underhåll av samtliga komponenter.

Laddtiden har inte kunnat fastställas. Krav och önskemål på minimotorcykelns prestanda har ej heller validerats. Eftersom projektets huvudsyfte och mål var att testa tillverkningstekniker och demonstrera minimotorcykeln prioriterades testningen av prestandan ned på grund av tidsbrist. Minimotorcykeln bör testas på testbana och detta sågs som för omständigt inom tidsramen.

Kravet på produktens livslängd kan inte verifieras enbart grundat på hållfasthetsanalyser i ANSYS. Lastfallet är för diffust för att verifiera att slutprodukten uppfyller kravet om livslängd.

8

Diskussion

Projektet har visat på möjligheter att konstruera en elektriskt driven minimotorcykel tillverkad i bockad plåt. Prototypen uppfyller delvis framtagna kravspecifikation, men på grund av tidsbrist testades inte alla krav. Baserat på de beräkningar som gjorts under projektets gång anses dock majoriteten av kraven uppfyllbara. Det kan alltså konstateras att det finns rum för förbättringar.

8.1 Diskussion kring tillverkningsmetoderna

Tillverkningen av minimotorcykelns ram har huvudsakligen genomförts med hjälp av vattenskarvning, bockning och nitning. Svetsfogar skulle undvikas i allra högsta grad och har helt uteslutits med undantag för en komponent tillhörande kedjespänningen samt fästningen av ett kugghjul. Svetsning ansågs här nödvändigt för att uppnå en fullt fungerande prototyp.

Många fördelar kan ses med denna typ av konstruktion. De plåtstycken som skurits ut med vattenskarvaren har exempelvis haft väldigt få avvikelser från CAD-modellerna. Detaljer som Chalmers-texten ser välgjorda ut och hålbilden för nitning har skurits så precist att enbart ett fåtal modifieringar krävts för att passa ihop delar under monteringen.

De största svårigheterna med tillverkningen av ramen visade sig under kantpressningsprocessen. Även om bockradie och längd kan specificeras i maskinen så skiljer sig ofta resultatet från ritningarna. Trots att felmarginalen maximalt uppgår till en millimeter så kan det räcka för att utskurna bitar inte längre passar och måste modifieras. Ett exempel på detta är framgaffeln, där problem med kronan uppstod. Efter bockning sammanföll nämligen inte nithålen på samma sätt vilket resulterade i ett sämre nitförband.

En intressant frågeställning är huruvida dessa fel kan förutses eller inte. Ifall det vid serieproduktion går att kompensera för dessa avvikelser så kommer det plötsligt visa sig att denna typ av montering är väldigt behändig. När nithål faller på plats går själva nitningsprocessen väldigt fort. Färdigbockade ramkomponenter kan monteras för hand inom loppet av några minuter. Ett annat alternativ är att låta den yttre plåten ha en vattenskuren hålbild och låta den inre plåten sakna hål. Då är det relativt enkelt att borra hålbilden på den inre plåten för hand med den yttre plåten som mall.

Utöver detta är det väldigt enkelt att avlägsna en nit genom att borra bort nithuvudet. Det syns även väldigt tydligt ifall nit har felat, vilket innebär att den kan ersättas på en gång. En dålig svetsfog kan inte alltid ses med blotta ögat, och kan kräva en hel del möda vid omarbetning.

Som tidigare nämnts är nitning en väldigt behändig sammanfogningsmetod men ställer även krav på konstruktionen. Fogmetoden kräver att kontaktytorna är tillräckligt stora för att hysa plats för nithål utan att materialbrott uppstår. Dessutom kräver en nitpistol relativt mycket plats för att kunna användas: att nita fast saker inuti konstruktionen visade sig vara problematiskt. Nithålen måste därför alltid vara placerade så att nitpistolen får plats rakt över hålet. Nithuvuden tar dessutom upp ett par millimeters utrymme i produkten, vilket är ytterligare en faktor att ha i åtanke vid utformningen.

8.2 Diskussion kring elsystemet

Vid provkörning av minimotorcykeln visade det sig att föraren var tvungen rulla minimotorcykeln något för att den skulle starta. Detta är ett tecken på att motorn inte fick tillräcklig ström och därmed inte tillräckligt stort startmoment. Detta kan bero på att de funktioner som bestämmer rotorns position vid start inte är helt optimala för minimotorcykeln och måste konfigureras för bättre startmoment. En annan förklaring kan bero på kvaliteten för motor och batteri inte håller den prestanda som utlovats.

Vid dimensionering av motor och batteri gjordes vissa antaganden, exempelvis verkningsgrad och medelhastighet, vilket i viss mån kan ha påverkat resultaten. För att ytterligare kunna utvärdera motorcykelns prestanda krävs en mer utförlig testning.

8.3 Diskussion kring testning

Ett mål med projektet var att ta fram en kravspecifikation som beskrev minimotorcykelns egenskaper. Efter att kravspecifikationen tagits fram användes den som en grov mall för hur minimotorcykeln skulle utformas. Den har påverkat större delen av de beslut som tagits, från dimensionering av motor till ramdesign. För att säkerställa att minimotorcykeln uppfyllt alla krav så bör en utförlig testning ske av alla kriterium. Tyvärr har inte denna testning kunnat genomföras på grund av tidsbrist, enbart vissa kriterium har kunnat verifieras.

Baserat på beräkningar kan dock sägas att minimotorcykeln har potential att uppfylla kravspecifikationen. Formulerandet av en kravspecifikation har underlättat arbetet och gett en tydlig struktur. Därför har målet om en uppfylld kravspecifikation varit gagnande för projektet, även om målet i sig inte kan anses vara uppfyllt.

8.4 Vidareutveckling

Produkten har uppnått flera av de krav och önskemål som sattes i kravspecifikationen. Dock finns det, som alltid, möjlighet till förbättringar. Om en ny version av minimotorcykeln någon gång utvecklas så bör följande punkter tänkas över.

8.4.1 Vidareutveckling av konstruktion

Ett antal problem har uppstått på vägen i konstruktionsfasen och flera gånger har lösningarna varit något provisoriska. Vid montering har vissa komponenter inte passat som tänkt, vilket ofta har lösts på plats med en fil eller borr. Exempel på detta är när bromsoket inte passade på ramen. Detta löstes genom att sadeln modifierades med en bågfil.

När minimotorcykeln konstruerades sattes många mått utan marginal för fel, avvikelser och modifikationer. En något större minimotorcykel hade antagligen fortfarande klarat av Svemos krav men hade varit mer behändig vid montering och underhåll. Inköp av komponenter tog mycket längre tid än beräknat vilket även försenat tillverkningen av minimotorcykeln. Att köpa komponenter i god tid är därför en rekommendation inför liknande projekt.

Ett fortsatt arbete inom precision för kantpressen bör göras för att för att slippa svetsning inom liknade projekt.

Vid testning av minimotorcykeln upptäcktes även att styrvinkeln på minimotorcykeln hade kunnat göras större. Minimotorcykeln fungerar att köra och svänga, men i låga hastigheter och snäva kurvor blir detta svårt. Styrvinkeln bör tas i större beaktning under eventuell vidareutveckling av minimotorcykeln.

8.4.2 Vidareutveckling av åtkomlighet

Minimotorcykeln är väldigt liten i förhållande till en fullskalig motorcykel. Utrymme för att fästa komponenter är därför begränsat. Att ramen är utformad som en låda försvårar även åtkomligheten. I nuläget finns endast lucka på ena sidan av minimotorcykeln och en lucka i sätet. Detta ger en någorlunda bra tillgång till de interna delar och underhåll är möjligt att utföra, men ytterligare åtkomstmöjligheter hade varit önskvärt. En lucka på vardera sida av minimotorcykeln hade varit till stor hjälp.

8.4.3 Vidareutveckling av montering

Vissa delar av minimotorcykeln, bland annat sitsen och fästeanordningen för styret, har utformats på ett sådant sätt att det ibland har varit svårt att komma åt med nitpistol för montering. Det borde även funnits ett enklare sätt att fästa alla komponenter inuti ramlådan. I nuläget har många av komponenterna skruvats fast direkt

i höljet av minimotorcykeln vilket ger upphov till att skruvhuvuden finns synliga. Dessa skulle kunna döljas genom exempelvis en utvändig plåt eller ha en layout där fler komponenter kan fästas på golvet av lådan och således inte synas lika tydligt.

8.4.4 Vidareutveckling av elsystemet

Som tidigare nämnts i diskussionen är startmomentet inte optimalt. Detta skulle kunna förbättras genom att montera givare, förslagsvis hallsensorer, vid motorn för att motordrivaren ska veta sin position vid start och lättare kunna reglera strömmen till motorn. En annan lösning är att ändra koden i motordrivarens mjukvara för att optimera startmomentet.

I nuläget har en maxström på 60 ampere specificerats i motordrivarens mjukvara, vilket hämmar motorns toppeffekt. Denna kan höjas till uppemot 120 ampere men det nuvarande kablaget tål ej så höga strömmar. Om säkringen på 70 ampere tas bort och effekttåligare kablar införskaffas kan inställningarna höjas, vilket ger utrymme för utnyttjande av motorns maximala effekt.

För att få en bättre demonstrator kan exempelvis en Arduino eller Raspberry Pi programmeras och kopplas ihop med motordrivaren för styrning av ljusdioder. Att inkludera ljusslingor under sadeln på minimotorcykeln för visuell effekt och ökning av demonstrator värdet hade kunnat varit ett trevligt inslag i minimotorcykeln. Detta har tyvärr inte hunnit införskaffas. På liknade sätt kan, för att få minimotorcykeln mer användarvänlig, en display monteras för att visa resterande batteritid samt hastighet. Allt detta är möjligt att implementera om ett önskemål skulle framkomma i efterhand då huvudkomponenterna av elsystemet har konstruerats på ett sådant sätt att detta är möjligt.

8.4.5 Skydd av elektriska komponenter

Majoriteten av komponenterna inuti lådan är elektriska. De kan kortslutas och är därmed känsliga för smuts och väta. I nuläget är lådan öppen mot hjulen och därmed är delarna exponerade mot omgivningen. Att till exempel köra i regn är helt uteslutet. En bra lösning krävs där komponenterna skyddas mot smuts och väta, samtidigt som ett luftflöde kan uppstå genom lådan då varma delar behöver kylas.

9

Slutsats

De undersökta tillverkningsteknikerna anses ha potential att ersätta svetsning med kravet att vissa kriterier måste uppfyllas. Nitning är inte lika flexibelt som svetsning och det krävs en genomtänkt utformning av produkten för att en nitfog ska vara effektiv. Ifall kantpressen och vattenskararen är väl kalibrerade utgör nitfogning ett konkurrenskraftigt alternativ till svetsning, då metoden vid montering är såväl snabb som felsäker och kan därmed bidra till sänkta produktionskostnader.

En eldriven minimotorcykel har framställts i Chalmers Prototyplaboratorium. Ramen består av aluminiumplåt som vattenskurits för att sedan bockas och nitas samman. Detta arbetssätt har möjliggjorts tack vare laboratoriets nya vattenskarare och kantpress. Slutprodukten är uppseendeväckande och uppdragsgivaren har uttryckligen bekräftat prototypens demonstrationsvärde. Projektets huvudmål kan därför anses vara uppfyllt.

Tyvärr har inte alla krav i kravspecifikationen kunnat verifieras. Detta då en uttömmande testning inte har hunnit utföras. Det måste dock poängteras att minimotorcykeln har potential att uppfylla många av de otestade kraven. Förslag på förbättringar av minimotorcykeln har diskuterats och återfinns i kapitel 8.4.

Uppdragsgivarens krav på eldrift är uppfyllt. Genom minimotorcykeln kan möjligheterna med elmotorer demonstreras. Förhoppningen är att demonstratorn blir en inspirationskälla som kan främja studenters innovativitet och på längre sikt stärka Chalmers kultur inom eldrivna fordon.

Litteraturförteckning

- [1] Svemo - Svenska Motorcykel- och Snöskoterförbundet "Nationellt Tävlingsreglemente 2014-2015," *Svemo*, 2014; http://www.svemo.se/imagevaultfiles/id_8637/cf_44/nt.pdf [Hämtad: april, 2015].
- [2] *Global EV Outlook 2015: key takeaways*, Paris, Clean Energy Ministerial, 2015; <http://cleanenergyministerial.org/Portals/2/pdfs/EVI-PR-GlobaleVOutlook2015-v14-landscape.pdf> [Hämtad: maj, 2015].
- [3] M. Ehsani, et al., *Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles: Fundamentals, Theory, and Design*, 2 uppl., Boca Raton: Taylor & Francis, 2010.
- [4] P. Lindstedt och J. Burenius, *The Value Model: How to Master Product Development and Create Unrivalled Customer Value*, Sverige: Nimba AB, 2006.
- [5] S. L. Semiatin, et al., *ASM Handbook, Volume 14B - Metalworking: Sheet Forming*, ASM International, 2009, s. 120. [E-bok]
Tillgänglig: http://app.knovel.com/web/toc.v/cid:kpASMHVBM1/viewerType:toc/root_slug:asm-handbook-volume-14b/url_slug:asm-handbook-volume-14b/
- [6] S. L. Semiatin, *ASM Handbook, Volume 14B - Metalworking: Sheet Forming*, ASM International, 2009, ss. 588-589. [E-bok]
Tillgänglig: http://app.knovel.com/web/toc.v/cid:kpASMHVBM1/viewerType:toc/root_slug:asm-handbook-volume-14b/url_slug:asm-handbook-volume-14b/
- [7] S. L. Semiatin, *ASM Handbook, Volume 14B - Metalworking: Sheet Forming*, ASM International, 2009, s. 297. [E-bok]
Tillgänglig: http://app.knovel.com/web/toc.v/cid:kpASMHVBM1/viewerType:toc/root_slug:asm-handbook-volume-14b/url_slug:asm-handbook-volume-14b/
- [8] CoastOne Oy, "Cone 900," *CoastOne Oy*, 2014; <http://coastone.eu/sv/kantpressar/cone-900/> [Hämtad: maj, 2015].
- [9] H. Iqbal, *Electric and hybrid vehicles: Design fundamentals*, 2 uppl. Boca Raton: Taylor & Francis, 2011.

- [10] Twinclubmc, "Så här mäter du försprånget," *Twinclubmc*, u. d.; <http://www.twinclubmc.se/techtip/forsprang.htm> [Hämtad: maj, 2015].
- [11] H. B. Pacejka, *Tyre and Vehicle: Dynamics*, 2 uppl, Rotterdam, Butterworth-Heinemann, 2005, s. 519.
- [12] *Freepik: Free graphic resources for designers*, Graphic Resources LLC, u. d.; http://www.freepik.com/free-vector/motorcycle-icons-free_713469.htm
- [13] M. Mägi och K. Melkersson *Lärobok i maskinelement*, Göteborg: EcoDev International AB, 2008, s. 411.
- [14] L. L. Faulkner, *Standard Handbook of Chains: Chains for Power Transmission and Material Handling*, 2 uppl., Boca Raton: Taylor & Francis, 2005.
- [15] Jernkontoret, "Elmotorer," *Jernkontoret*, u. d.; <http://www.energihandbok.se/elmotorer-teknik-och-funktion/> [Hämtad: april, 2015].
- [16] G. M. Jones, et al, *Pumping Station Design*, 3 uppl, California: ScienceDirect, 2008. [E-bok]
Tillgänglig: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781856175135500056#>
- [17] Institutionen för Energi och miljö, *Elteknik*, Göteborg: Chalmers tekniska högskola, 2010.
- [18] T. B. Johansson, "Energi," *Nationalencyklopedin*, 2015; <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/energi> [Hämtad: maj, 2015].
- [19] P. Lindstedt och J. Burenius, *The Value Model: How to Master Product Development and Create Unrivalled Customer Value*, Sverige: Nimba AB, 2006, ss. 540-542.
- [20] *Aalco: The UK's largest independent multi-metals stockholder*, England and Wales: Aalco Metals Ltd, 2015; http://www.aalco.co.uk/datasheets/Aluminium-Alloy-1050A-H14-Sheet_57.ashx [Hämtad: maj, 2015].
- [21] O. Nordström, "Skivbroms," *Nationalencyklopedin*, 2015; <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/skivbroms> [Hämtad: maj, 2015].
- [22] *Sime-Stromag: safety in motion*, Uppsala: SIME-Stromag SAS, u. d.; <http://www.bronco.se/uploaded/Skivbroms%20kontra%20trumbroms.pdf> [Hämtad: april, 2015].
- [23] T. Eriksson, "Induktion," *Nationalencyklopedin*, 2015; [http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/induktion-\(i-fysiken\)](http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/induktion-(i-fysiken)) [Hämtad: maj, 2015].
- [24] K. E. Hallenius, "Magnetbroms," *Nationalencyklopedin*, 2015; <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/magnetbroms> [Hämtad: maj, 2015].

- [25] M. Brain och L. Looper, "How Electromagnets Work," *how stuff works*, 2015; <http://science.howstuffworks.com/electromagnet.htm> [Hämtad: april, 2015].
- [26] O. Lindström och C. Sylwan, "Bränslecell," *Nationalencyklopedin*, 2015; <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/br%C3%A4nslecell> [Hämtad: maj, 2015].
- [27] C.C. Weiss, "Volvo confirms fuel savings of 25 percent with fly-wheel KERS," *Gizmag*, 2013; <http://www.gizmag.com/volvo-flywheel-kers-testing/27273/> [Hämtad: maj, 2015].
- [28] B. Vedder, "A custom BLDC motor controller (a custom ESC)," *Benjamin's robotics*, 2014; <http://vedder.se/2014/01/a-custom-bldc-motor-controller/> [Hämtad: maj, 2015].
- [29] SpikenzieLabs, "Arduino Mega," *Arduino*, 2015; <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega> [Hämtad: maj, 2015].
- [30] Electrokit, "Raspberry Pi," *Electrokit*, 2014; <http://www.electrokit.com/raspberry-pi.c1362> [Hämtad: maj, 2015].
- [31] L. Stolt och D. Sigurd, "Solcell," *Nationalencyklopedin*, 2015; <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/solcell> [Hämtad: maj, 2015].
- [32] G. Gerbert, *Maskinelement del B*, Göteborg: Chalmers tekniska högskola, 2003.

A

Appendix: Beskrivning av kravspecifikationens ingående element

- *Kriterier* - De kriterier som står till bas för krav och önskemål.
- *Målvärde* - De kvantifierbara värden som eftersöks som krav eller önskemål.
- *Enhet* - Målvärdets enhet i SI-enheter
- *K/Ö* - Visar ifall kriteriet är ett krav eller önskemål.
- *Verifieringsmetod* - Metoden med vilken kravet verifieras. Exempelvis vägning, mätning, testkörning och simulering.
- *Referens* - Kravställaren. Med intern referens menas gruppen själv. Svemo står för Svenska motorcykel- och snöskoterförbundet och med uppdragsgivare avses projektets handledare som även är uppdragsgivare.
- *Prestanda* - Avser hur väl minimotorcykeln presterar i en rad mekaniska och elektriska avseenden.
- *Dimensioner* - Fordonets dimensioner. Krav ställda från Svemo för att vara acceptabel för tävling. Dock gäller de bensindrivna fordon och elektriska fordon accepteras ej, men dimensionerna är ändå relevanta för projektet.
- *Drivmedel* - Avser batterierna till motorn.
- *Tillverkningsmetod* - Avser restriktionerna kring tillverkningsmetoden. Antalet svetsar skall minimeras och helst in användas alls.
- *Miljö/hållbarhet* - Hållbarhetsfrågor kring minimotorcykeln.
- *Ergonomi* - Minimotorcykeln ska vara bekvämt att åka.
- *Reparationsmöjligheter* - Minimotorcykeln måste vara enkel att reparera.

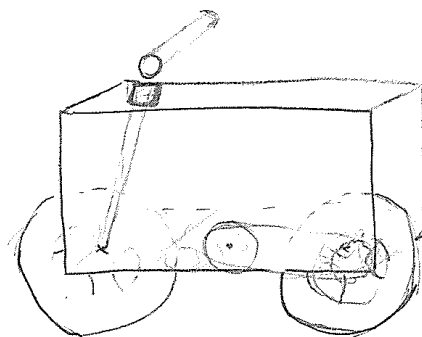
B

Appendix: Ramkoncept

B.1 Lådkoncept

Lådkoncepten innebär en ram konstruerad som en ihålig behållare. Det finns gott om utrymme längs väggarna att fästa komponenter både på ut- och insida. Koncepten uppnår en bra hållfasthet men en något kantigare design medföljer. Framförallt är de enkla att tillverka och konstruera eftersom de består av få, men stora plåtbitar.

B.1.1 Rätblock



Figur B.1: Ramkoncept Rätblock

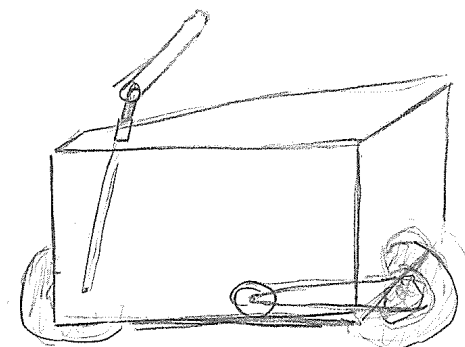
Beskrivning: Det kanske enklaste möjliga konceptet bestående av ett rätblock där hjulaxlarna fästs i lådans nedre kanter. Plåtbitarna är böckade för ökad styvhet och fästs i varandra med hjälp av nitar.

Material: Aluminium

Fördelar: Enkel att tillverka och konstruera. Mycket utrymme att placera komponenter innanför ramen.

Nackdelar: Ett mindre vackert utseende. Risk att ramen slår i backen över farthinder. Låg livslängd, begränsad åtkomst för reparationer och en dålig demonstrator. Även hållfastheten kan ifrågasättas.

B.1.2 Osten



Figur B.2: Ramkoncept Osten

Beskrivning: Mycket likt koncept "Rätblock" men i detta fallet är designen triangelformad likt en ost. Hjulaxlarna fästs på förstärkningar i lådans nedre kanter. Lådan är tänkt att bockas samt nitas ihop. Detta konceptet ses som något snyggare än rätblock, men faktumet att både den övre och undre sidan är parallella med underlaget medför ett fortsatt klumpigt intryck.

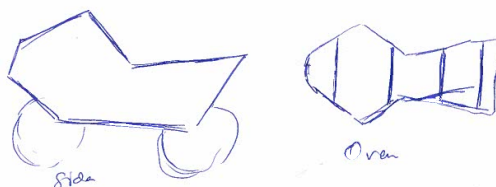
Framsidan på motorcykeln hålls öppen för att ett kontinuerligt flöde av luft skall kunna passera och kyla elektriska komponenter.

Material: Aluminium

Fördelar: Enkel att tillverka och konstruera. Mycket utrymme att placera komponenter innanför ramen.

Nackdelar: Ett mindre vackert utseende. Risk att ramen slår i backen över farthinder. Låg livslängd, begränsad åtkomst för reparationer och en dålig demonstrator. Även hållfastheten kan ifrågasättas.

B.1.3 Sporthoj med flygplansvinge



Figur B.3: Ramkoncept Sporthoj med flygplansvinge

Beskrivning: Detta koncept är inspirerat av en racingmotorcykel samt en flygplansvinge. Den högra bilden beskriver konceptet ur ett perspektiv ovanifrån, de

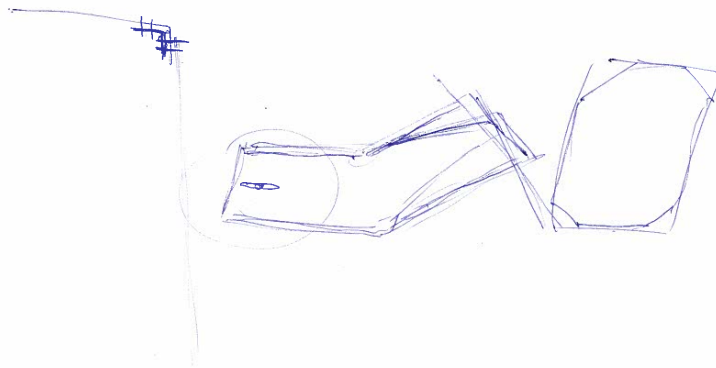
fyra sträcken genom lådan motsvarar förstärkningar konstruerade på samma sätt som förstärkningar till en flygplansvinge.

Material: Aluminium

Fördelar: Hållfastheten bedöms som riktigt bra. Det lite sportigare utseende anses även ge bra ergonomi och ett högt demonstratorvärde.

Nackdelar: Ett större antal bockningar och vinklar försämrar enkelheten vid tillverkning. Begränsade reparationsmöjligheter.

B.1.4 Vinklad låda



Figur B.4: Ramkoncept Vinklad låda

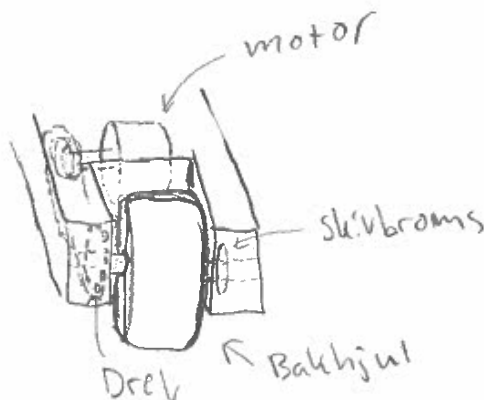
Beskrivning: Detta är återigen en enkel lådkonstruktion där nitar fäster plåtbitarna i varandra. Till vänster visas en lösning med L-balkar för hörnförstärkningar. Till höger visas en möjlig konstruktion på flygplansförstärkningar. Detta sammantaget bör göra konstruktionen tillräckligt stabil. Lådan är vinklad på mitten för att ge en bekvämare körställning och ge ett mer estetiskt intryck.

Material: Aluminium

Fördelar: Goda hållfasthetsegenskaper. Design och ergonomi bedöms som väl godkänt.

Nackdelar: Sämre reparationsstillgängligheter då konceptet saknar lucka. Hög vikt.

B.1.5 Delkoncept: Inbyggd drivlina



Figur B.5: Delkoncept Inbyggd drivlina

Beskrivning: Idén går ut på att bygga baksvingen på ett av lådkoncepten stor nog för att hysa plats för hela drivlinan. Det är tänkt att fungera på följande sätt: Hjulet är fast monterat på bakaxeln. Denna går tvärs igenom lådans fyra väggar och rullar med hjälp av fyra kullager. På insidan av lådan finns på ena sidan ett drev för utväxling och på den andra sidan en bromsskiva. Dessa är monterade direkt på hjulaxeln. Bromsklossen är fastsatt i lådan och ligger an mot bromsskivan. Från drevet går en kedja till motorn som även den ligger inuti lådan. Denna konstruktion möjliggör för motor, elektronik, drev och bromssystem att ligga inuti lådan. Detta koncept beskrivs inte i matriserna, men ligger med här ändå för att påvisa den tekniska lösningen.

Material: Aluminium, stål kan även förekomma

Fördelar: Effektivt skydd mot väta, smuts och skador för närliggande komponenter.

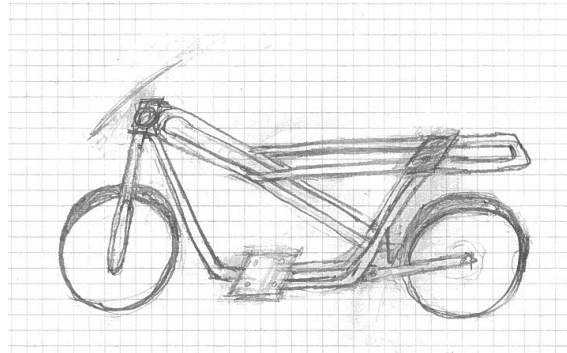
Nackdelar: Begränsat utrymme i området kring bakaxeln vilket kan leda till monteringsvårigheter.

B.2 Balkkoncept

Balkkoncepten innebär klassiska fackverksstrukturer av olika slag, balkarna utgör alltså motorcykelns stomme. Det medför att en mindre mängd material krävs vilket gör minimotorcykeln lätt och behändig. Den öppna konstruktionen talar även för ett enklare kylningssystem. Ramverket öppnar även upp för att utvändigt klä motorcykeln med kåpor i en snygg färg för att skydda mot vägdamm samt ge motorcykeln ett snyggt och sportigt utseende. Nackdelen med balkkonstruktionerna uppstår framförallt då tillverkningsaspekter beaktas. Svetsning ska undvikas i allra högsta grad och skapar därmed hållfasthetsproblem då balkarna skall fästas.

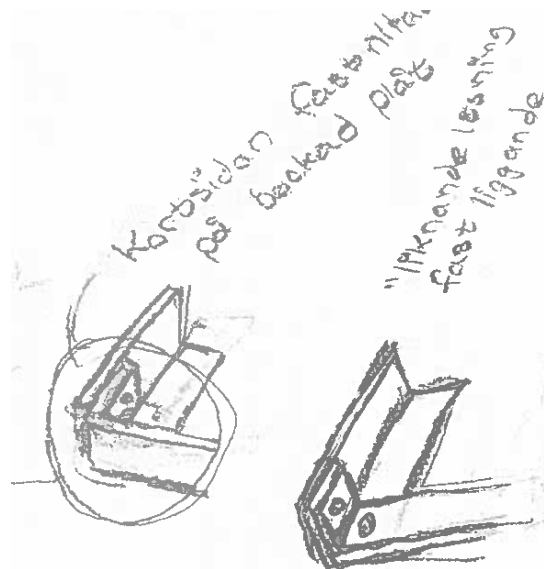
Nedan följer en rad genererade balkkoncept.

B.2.1 Klassisk raceminimoto



Figur B.6: Ramkoncept Klassisk raceminimoto

Beskrivning: Konceptet består utav ett klassiskt ramverk med plats för motor/batteri antingen vid plattan i botten eller upphängd i balkarna. Balkarna konstrueras med lämpligt tvärsnitt, förslagsvis I-balk, V-balk eller rörformat tvärsnitt. Stängerna leder upp till en anordning där gaffeln fästs med hjälp av inköpta styrfästen. Inget material mer än nödvändigt används vilket gör minimotorcykeln lätt och utsidan kläs med kåpor för att skydda mot omgivning samt ge en snygg design. Svårigheten med detta koncept är att fästa stängerna i varandra på ett tillräckligt hållfast sätt utan svetsning. Tanken är att nita ihop bockade plåtar, se figur B.7 nedan.



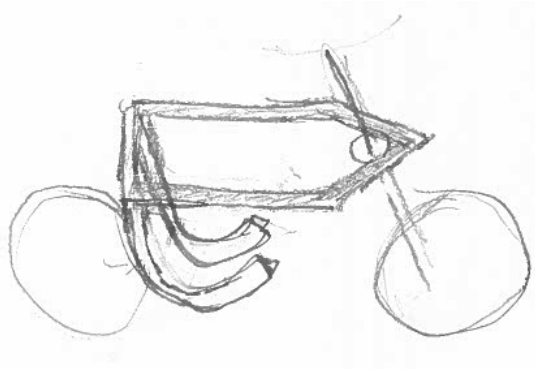
Figur B.7: Sammanfogning av balkar hos koncept Klassisk raceminimoto

Material: Aluminium

Fördelar: Design, ergonomi, kylningssystem, reparationsmöjligheter och vikt.

Nackdelar: Tillverkningsvårigheter, risk för spill och låg livslängd.

B.2.2 Upphängning



Figur B.8: Ramkoncept Upphängning

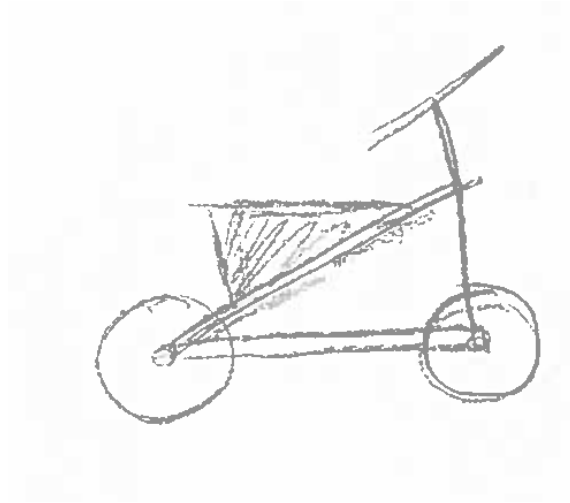
Beskrivning: Detta koncept bygger på en ram med kantiga former för att kunna sammanfoga stängerna utan att svetsfoga. Ner från ramen hänger en krok som är menad att hålla upp både motor och eventuella batterier. Denna kräver en böjd balk vilket är svårt att tillverka i Prototyplaboratoriet. Kroken kommer även fästas till en ordentlig anordning för att hålla fast vid bakhjulet.

Material: Aluminium

Fördelar: Design, ergonomi, kylningssystem, reparationsmöjligheter och vikt.

Nackdelar: Tillverkningsvårigheter, stor risk för att svetsfog behöver appliceras för att hållfastheten ska vara tillräcklig.

B.2.3 Enkel cykel



Figur B.9: Ramkoncept Enkel cykel

Beskrivning: Konceptet består av två kraftigare I-balkar i 3mm aluminiumplåt på vardera sida om hjulen. Strukturen kan stabiliseras med förstärkningar i form av stänger/plåt i gränssnitten om hållfastheten inte är tillräcklig. Framgaffel håller hjul och styre. Skruvar och nitar ska i första hand användas för att sammanfoga de olika delarna. Den fyllda trekanten skissad i mitten av figuren är tänkt som en sittplats åt förare och tillverkas på egen hand med lämpliga material.

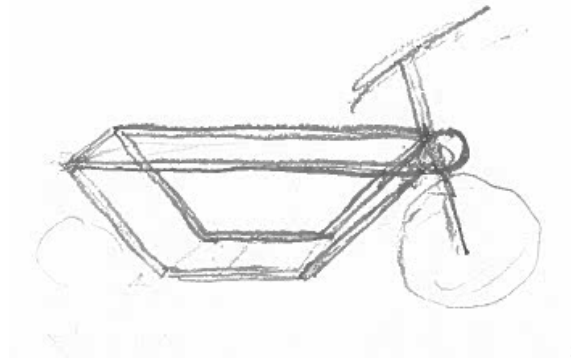
Eftersom den horisontella balken fäster vid både fram- och bakhjul reduceras styrningen kraftig. Svängradien blir nästan minimal och styrning kommer i stort sett ske via lutning.

Material: Aluminium för balkar, mjukare material för sadelpartiet.

Fördelar: Design, ergonomi, kylningssystem, reparationsmöjligheter och vikt.

Nackdelar: Svårmanövrerad konstruktion och mångfalden av material gör återvinningsprocessen mer komplicerad.

B.2.4 Eka



Figur B.10: Ramkoncept Eka

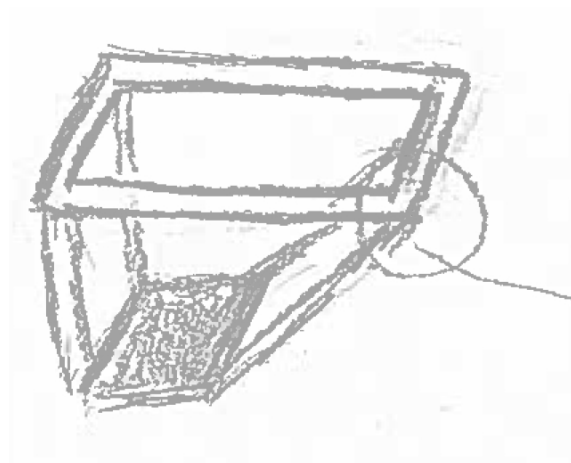
Beskrivning: En luftig konstruktion med mycket plats för att placera komponenter vilket underlättar för reparationer. Balkarna är dock ordnade på ett sådant sätt att svetsfogning i princip krävs. Luftkylning är tänkt att räcka då ett kontinuerligt flöde av luft kan passera genom balkkonstruktionen.

Material: Aluminium

Fördelar: Enkelt kylningssystem, goda reparationsmöjligheter och vikt.

Nackdelar: Tillverkningsvårigheter och osäkerhet angående hållfasthet. Stor risk för att svetsfog behöver appliceras.

B.2.5 Ram med bottenplatta



Figur B.11: Ramkoncept Ram med bottenplatta

Beskrivning: Liknande koncept som Eka fast med en ordentlig bottenplatta att borra fast bland annat en anordning för bakhjulet i. En vinkel mindre i bakkant

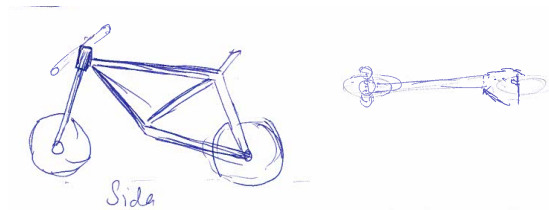
jämfört med Eka ger enklare konstruktion, lite kantigare design men kan korrigeras med val av säte.

Material: Aluminium

Fördelar: Enkelt kylningssystem, reparationsmöjligheter och lätt vikt.

Nackdelar: Tillverkningsvårigheter och osäkerhet angående hållfasthet.

B.2.6 Cykel



Figur B.12: Ramkoncept Cykel

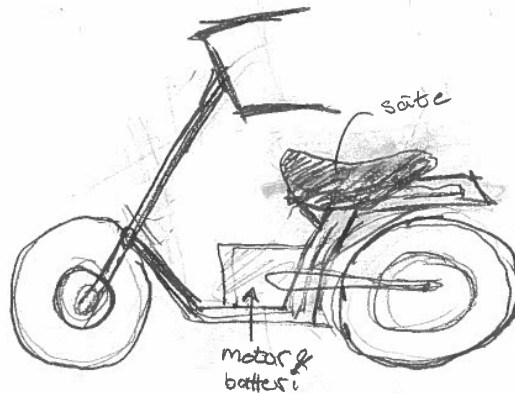
Beskrivning: Detta koncept bygger på designen av en cykel. Ramen är utformad som ett något deformerat fackverk. Balkarna kan konstrueras på många olika sätt, exempelvis I-balk, U-balk och L-balk. Balkarna som håller fast bakre hjulaxel måste gå ihop vid nästa nod i fackverket och detta ger en relativt skarp vinkel på den bakre balken ovanför hjulet. Konstruktionen gör att föraren kommer upp en bit från marken som följd av den högt monterade cykelsadeln och ger en bekväm körställning.

Material: Aluminium

Fördelar: Lätt vikt, bra reparationsmöjligheter och en bekväm körställning.

Nackdelar: Dålig estetik för en motorcykel och skulle därav inte vara en optimal demonstrator. Risk för svetsfog.

B.2.7 Moped



Figur B.13: Ramkoncept Moped

Beskrivning: Konceptet har fått inspiration från klassiska mopeds utformning. Tanken är att föraren ska kunna placera fötter mellan sadel och styre. Höjden för styret kommer vara placerad högre upp än för det tidigare beskrivna koncepten vilket leder till en annorlunda men mer naturlig körställning.

Material: Stål

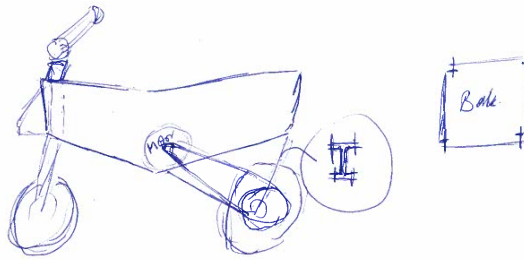
Fördelar: Ergonomi, lättmanövrerad

Nackdelar: Hållfasthets- och återvinningsaspekter samt dålig plats för motorcykelns komponenter såsom motor och batteri.

B.3 Kombinerade balk- och ramkoncept

Genom att kombinera låd- och balkkoncepten kan det bästa av två koncepttyperna uppnås. Hållfastheten för de kombinerade fallen säkerställs i samtliga fall. Nackdelen ligger ofta i att mer material används och utrymmet för komponenter inuti minimomotorcykeln reduceras ytterligare.

B.3.1 Motocross



Figur B.14: Ramkoncept Motocross

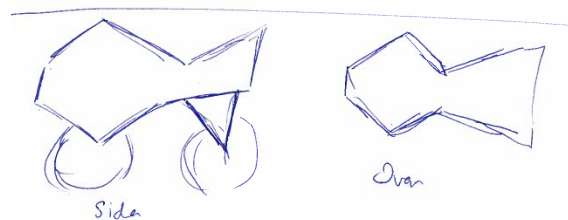
Beskrivning: Detta koncept är baserat på designen av en motocross. Konstruktionen består av en låda som är sammansatt med I-balkar som i sin tur håller hjulaxeln på plats. Kombinationen ämnar ge hela ramen en stabilare konstruktion då I-balkarna kan löpa genom lådan och stadga upp den. Nackdelarna är att balkar kan vara svåra att konstruera på ett sätt så de inte medför stora spänningskoncentrationer kritiska ställen.

Material: Aluminium

Fördelar: Hållfasthet- och ergonomiaspekter

Nackdelar: Reparationsåtkomlighet, sämre återvinningsmöjligheter samt risk för spill.

B.3.2 Sporthoj med balkar



Figur B.15: Ramkoncept Sporthoj med balkar

Beskrivning: Detta koncept är väldigt likt "Sporthoj-flygplansvinge" och bygger på en liknande idé. Det som skiljer är de förstärkande balkarna som går från lådan ner till det bakre hjulet.

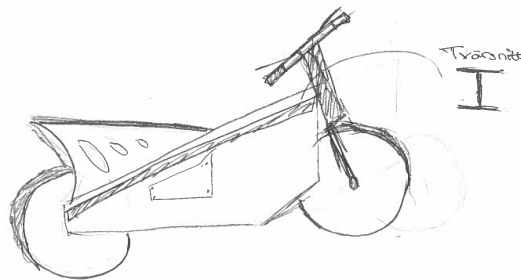
Här måste precis som i konceptet "Motocross" eventuella spänningskoncentrationerna i lådan och balkarna beaktas. Konceptet kan varieras på många olika sätt, exempelvis genom att sätta in flygplansvingeförstärkningar.

Material: Aluminium

Fördelar: Hållfasthet- och ergonomiaspekter

Nackdelar: Besvärlig att återvinna då balkarna består av olika material. Risk för onödigt mycket spill vid tillverkning och svår montering.

B.3.3 Triangellåda med I-balk



Figur B.16: Ramkoncept Triangellåda med I-balk

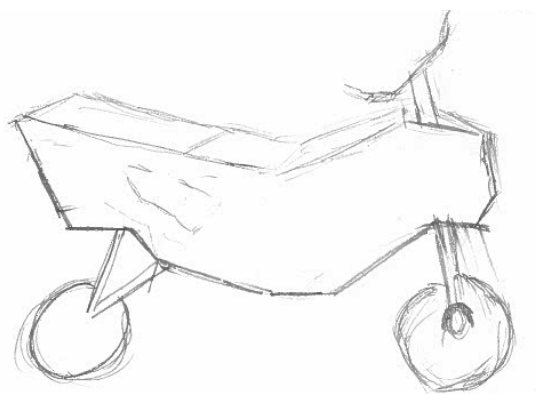
Beskrivning: I detta koncept konstrueras ramen som en nitad låda med bockade kanter. Genom hela konstruktionen löper två I-balkar för att göra konstruktionen tillräckligt styv. Komponenter såsom motor, transmission, styrelektronik placeras inuti lådan eller under sadeln. För att underlätta för underhåll av komponenterna inuti lådan är en lucka placerad på högra sidan av minimotorcykeln.

Material: Aluminium

Fördelar: Stark konstruktion som bidrar till en lång livslängd. Designen är estetiskt tilltalande och skulle fungera väl som demonstrator. Lättmanövrerad.

Nackdelar: Risk för spill vid tillverkning, mindre utrymme för placering av komponenter invändigt.

B.3.4 Motocross med hål



Figur B.17: Ramkoncept Motocross med hål

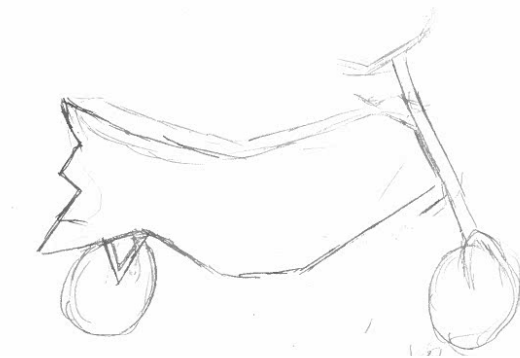
Beskrivning: Konceptet bygger på att balkar stadgar upp strukturen. Balkarna är omgivna av ett aluminiumhölje som ytterligare stabiliserar upp ramen och ger ett fräckt utseende. Aluminiumhöljet är utskuret med hjälp av vattenskäraren vilket ger vassa kanter, dessa är ordentligt nedslipade och liknar nästintill en halvcirkel. För att underlätta åtkomligheten inuti motorcykeln är tanken är att luckor ska placeras med den invändiga designen som utgångspunkt.

Material: Aluminium och stål

Fördelar: Hållfasthet, estetik och ergonomi. Bra demonstrator.

Nackdelar: Besvärlig att återvinna då balkarna består av stål och höljet av aluminium. Risk för onödigt mycket spill vid tillverkning. Tung.

B.3.5 Motocross med taggar



Figur B.18: Ramkoncept Motocross med taggar

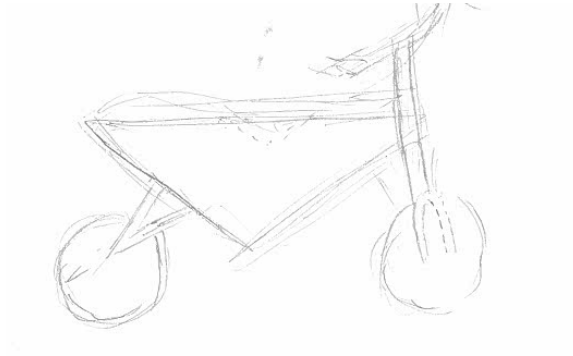
Beskrivning: Nästintill identiskt konceptutformning som Motorcross med hål. Det som skiljer koncepten åt är utskärning av aluminiumhöljet .

Material: Aluminium och stål

Fördelar: Hållfasthet, estetik och ergonomi. Bra demonstrator.

Nackdelar: Besvärlig att återvinna då balkarna består av stål och höljet av aluminium. Risk för onödigt mycket spill vid tillverkning. Tung.

B.3.6 Trekanten



Figur B.19: Ramkoncept Triangel

Beskrivning: Koncept Trekanten har fått en söt design som också den bygger på en kombination av låda och balk. Balkarna har rundade tvärsnitt och är svetsade i sina sammanfogningar och för att förhindra att minimotorcykeln ska bli skev och vinglig.

Material: Aluminium

Fördelar: Hållfasthet och estetik.

Nackdelar: Svetsfogar, vikt och spill

C

Appendix: Beskrivning av kriterier för Pugh- och Kesselringmatriserna för ramkoncept

Miljö

- *Återvinningsbar* - Beskriver hur enkelt konceptet är att återvinna. Ju fler delar, fästpunkter och komponenter desto svårare blir minimotorcykeln att återvinna. Kriteriet kopplas till kravspecifikationens önskemål om minst 80% återvinningsbart material.

Prestanda

- *Styrning* - Detta kriterium speglar hur lättmanövrerad minimotorcykeln är. Hänsyn tas till hur enkelt styrvinkeln kan ändras samt minimotorcykelns följsamhet i kurvor.
- *Vikt* - Minimotorcykeln får inte överstiga 40 kg enligt Svemos krav i kravspecifikationen.

Tillverkning

- *Spill* - Redogör för hur mycket spill konstruktionen kommer medföra. Stora mängder spill leder till slöseri av material och energi, vilket i sin tur influerar på både miljö och kostnad.
- *Montering* - Detta kriterium hör ihop med kriteriet Enkelhet i konstruktion. En enkel konstruktion är eftersträvaransvärt och därmed en enkel montering. Få bockar, och lite svets är förutsättningar för att tillverkningen ska bli enkel.

Konstruktion

- *Enkelhet i konstruktion* - Avser hur enkel minimotorcykeln är att konstruera och tillverka. Tar hänsyn till bland annat antal bockningar, hål, nitar, detaljer, mängd svets och svarvning.

- *Hållfasthet* - Avser hur hållfast konstruktionen bedöms kunna bli. Baseras på kravspecifikationens krav Livslängd samt Maxlast och avser både statisk- och utmattningshållfasthet.
- *Reparationstillgänglighet* - Prototypen är konceptuell men ska ändå vara lättåtkomlig att reparera enligt kravspecifikationen. Inlåsta detaljer ska undvikas.
- *Ergonomi* - En minimotorcykel är av dess storlek naturligt oergonomisk för en fullvuxen människa. Ett önskemål i kravspecifikationen är därför att göra den så bekväm som möjligt att köra.
- *Demonstrator* - Ett av målen med projektet är att demonstrera teknikerna som går att använda i prototyplaboratoriet. Detta kriterium är ett mått på hur väl koncepten uppfyller det. Behöver ej gå hand i hand med kriteriet Estetik.
- *Estetik* - Hur estetiskt tilltalande minimotorcykeln anses. Ett subjektivt kriterium och här är projektgruppens bedömning till grund för betygsättningen.
- *Kostnad* - Ju mer material och ju mer tid som går åt vid tillverkningen desto dyrare blir produkten. Kostnaden är varken satt som krav eller önskemål i kravspecifikationen men bör ändå tas i beaktning

D

Appendix: Beskrivning av kriterierna för morfologisk matris hos mekaniska systemet

Broms

- *Elektrisk motorbroms* - Broms inducerad av spänningen i motorn. Denna har möjligheten att ladda batterier vid inbromsning.
- *Skivbroms* - En av de mest förekommande typer av bromsar för motorcyklar. Bromsbelägg trycker mot en roterande skiva och skapar på så sätt en friktion[21]. Skivan är fäst vid hjulet.
- *Trumbroms* - Vanlig på bilar och äldre motorcyklar. Bromsbeläggen trycker utåt mot en cylindrisk, roterande trumma för att bromsa farten. Trumman är fäst i hjulet. Kräver dubbelt så stort bromsmoment som skivbromsar för att uppnå samma stoppsträcka[22].
- Med *cykelbroms* menas en klassisk V-broms som trycker från var sin sida av fälgen för att bromsa in fordonet. Lågt bromsmoment men enkel lösning.
- *Induktionsbroms* - En bromskraft med hjälp av induktion [23]. Svårt att köpa in och tekniskt svårt att hantera.
- *Magnetbroms* - Mekanisk broms manövrerad med elektromagnetism[24].
- *Handbroms - däck* - Mekanisk broms där föraren drar i en hävstång som i sin tur applicerar en kraft mot däckets.
- *Handbroms - mark* - Mekanisk broms där föraren drar i en hävstång som i sin tur applicerar en kraft mot marken.
- *Ankare* - Båtankare som släpps i marken för att bromsa farten.
- *Fallskärm* - Fallskärm som släpps ut bakom minimotorcykeln. Bromsar farten genom luftmotståndet.

Hjul

- *Slang med aluminiumfälg* - En klassisk aluminiumfälg med en vanlig hjulslang och gummidäck.
- *Slang med stålfälg* - En stålfälg med vanlig hjulslang och gummidäck.
- *Solid gummi* - Gummihjul i solitt gummi med fälg i aluminium. Hög hållfasthet utan risk för punktering.
- *Terräng* - Terrängdäck med slang. Djupa mönster för bra grepp i terräng.
- *Larvfötter* - Larvfötter i metall eller gummi vilka är vanliga på bandfordon inom framförallt det militära samt i byggsektorn.
- *Trähjul* - Hjul tillverkade i trä. Förhållandevis låg fjädring, svårt att köpa in och kräver med största sannolikhet att hela hjulet tillverkas självt.
- *Klot* - Futuristiska, klotformade hjul som hålls fast av en metallställning och drivs av flera mindre motorer som ligger an mot klotet och således kan få det att röra sig i alla riktningar.
- *Svävare* - Istället för hjul används svävar teknik för att få fordonet att lyfta och sväva precis ovanför marken. Detta uppnås genom att fordonet har en stor luftfylld slang som täcker fordonet längs marken samt en fläkt som skapar ett tryck och lyfter fordonet.
- *Asymmetriska hjul* - Inspirerat av gamla 1800-tals-cyklar med stort framhjul och litet bakhjul. Cyklarna var framhjulsdriva och krävde så sett en lägre utväxling i och med att hjulet var större.

Utväxling

- *Kedja* - Vanligaste kraftöverföringsmetoden för motorcyklar och cyklar. Kraften överförs med hjälp av två drev med kuggar, ett som sitter på hjulet och ett på motorn.
- *Kuggrem* - Vanlig för hobbytillämpningar av elmotorer, principen är densamma som för kedjor, men istället för kedjan och drev har man en gummirem och remhjul med kuggar.
- *Kilrem* - Kilformad rem med samma princip som kuggrem, fast utan kuggar på rem och remhjul.
- *Planrem* - Platt rem med samma princip som kugg- och kilrem men med ett plant remhjul.
- *Kugghjul* - Två kugghjul som är i direkt anslutning.
- *Kardanaxel* - En tredelad axel som överför kraft med möjlighet att ha vridpunkter i skilda plan.

- *Växellåda* - En växellåda kan fästas i direkt anslutning till motorn för att växla ned från oftast högt till lågt varvtal. Denna växellåda kan antingen ha en fast utväxling, eller flera olika som är möjliga att välja mellan. Efter växellådan kan ytterligare utväxlingar ske.

Kylsystem

- *Luftkylning* - Komponenter i fordonet kyla av luften som flödar genom ventiler och flänsar i chassit.
- *Vattenkylning* - Kylanordning där vatten värmeväxlas mot luft för att sedan kyla komponenter.
- *Vätskekylning* - Fungerar på samma sätt som vattenkylning fast kylmediet är annat än vatten.
- *Oljekylning* - En typ av vätskekylning som fungerar på samma sätt som vatten- och vätskekylning, fast kylmediet är en olja.
- *Fläktluft* - Liknande luftkylning fast med skillnaden att ytterligare luft tillförs genom en fläkt.

Drift

- *Bakhjulsdrift* - Minimotorcykeln drivs av bakhjulet. Vanligt hos minimotos och motorcyklar.
- *Framhjulsdrift* - Minimotorcykeln drivs av framhjulet. Ovanligt bland minimotos och motorcyklar.
- *Tvåhjulsdrift* - Minimotorcykeln drivs av både fram- och bakhjul. Mycket ovanligt bland minimotos och motorcyklar.

Riktningsändring

- *Styre* - Minimotorcykeln styrs med ett vanligt styre där fordonet styrs genom att vrida styret.
- *Ratt* - Minimotorcykeln styrs som en bil med ratt.
- *App* - En app utvecklas för att styra minimoton genom steg- eller servomotorer som riktar hjulen. Kräver en mycket mjukvaruprogrammering.
- *Gyro* - Minimotorcykeln styrs likt en segway av ett gyro som känner av hur föraren lutar sig och riktar hjulet därefter. Kräver likt appen mycket programmering.
- *Joystick* - Riktningen ändras genom att hjulen styrs via en joystick med mindre steg- eller servomotorer.

- *Knappar* - Riktningen ändras genom att två knappar styr en mindre stegmotor som ändrar hjulens riktning. En höger- och en vänsterknapp placeras på instrumentbrädan alternativt på ett styre.
- *Touchpad* - En touchpad som återfinns på bärbara datorer används för att ändra riktningen på hjulen.
- *Trackball* - En trackball är en boll som går att hitta på ergonomiska datormöss. Föraren rullar på bollen för att ändra riktning på hjulen.
- *Ändra tyngdpunkt* - Föraren kan rent mekaniskt genom att luta sig till höger och vänster ändra viktfordelningen och på så styra minimotorcykeln.

Fjädring

- *Endast ram* - På många minimotorcyklar används ingen fjädring utöver den fjädring som finns i plastiska materialen som används i ramen. Ramens egen fjädring används alltså som tillräcklig fjädring då fordonet körs i urban terräng och liknande.
- *Delad ram* - Ramen är flerdelad och fjädrar antingen någon typ av fjäder eller genom en konstruktion som låter de olika delarna i ramen flexa tillbaka genom deras egna spänningar.
- *Lufttryck* - Stötdämpare med lufttryck. Vanligt på många olika fordon från cyklar till bilar.
- *Bra däck* - Hjul har en viss fjädring i sig själva ifall de inte är pumpade stumma ifall de har slang, eller tillverkade i ett stumt material ifall de är solida. Denna stötdämpningsform går ihop med delkonceptet Endast ram.
- *Fjädrar* - Klassiska fjädrar kan användas på flera olika ställen på ramen för att dämpa stötar. De kan till exempel appliceras i framgaffeln eller mellan olika delar i en flerdelad ram.
- *Fjädrad sadel* - Fjädrad sadel är vanligt på olika typer av cyklar. Antingen genom fjädrad sadelplatta, eller genom fjädrad sadelstolpe.
- *Magnet* - Ett glapp finns mellan två motriktade magneter som dämpar stötar genom den magnetiska kraften. Alternativt kan elektromagneter användas. Finns ej att tillgå på marknaden och måste tillverkas.

Position

- *Sadel* - Föraren sitter som på en cykel eller motorcykel på en sadel och lutar sig lätt framåt.
- *Stol* - Föraren sitter i en stol likt hur man sitter på en scooter-moped.
- *Liggplats* - Föraren ligger bakåtlutad som på en liggcykel.

- *Stå* - Föraren står upprätt på en platta.
- *Chopper* - Föraren sitter bakåtlutad med fötterna långt fram likt sittställningen på en chopper.
- *Sporthoj* - Föraren sitter framåtlutad för att minimera luftmotståndet.

E

Appendix: Beskrivning av kriterierna för morfologisk matris hos elsystemet

Motor

- *BLDC* - Står för 'brushless direct current' som är en borstlös likströmsmotor. En BLDC är en elmotor som bland annat används inom elfordon som exempelvis bilar och används även i radiostyrda modellbilar. Fördelen med den motorn är att den har bra effekttätheten. Detta är på grund av användningen av PM för excitation (upptagning av energi), där ingen ström förbrukas. Frånvaron av mekanisk kommutator(elektrisk strömomkastare) och borstar innebär låga mekaniska friktionsförluster och därmed högre effektivitet. Det innebär även att frånvaron av kommutator och borstar undertrycker behovet av regelbundet underhåll och dämpar risken för misslyckande i samband med dessa komponenter. Nackdelen med motorn är att den kostar lite mer än resterande motorer och har en begränsad hastighet på grund av den begränsade mekaniska styrkan av monteringen[3].
- *PMSM* - En permanentmagnetiserad synkronmotor som är en synkron motor med sinusformad magnetmotorisk kraft (mmf, ger upphov till magnetfält), spännings- och strömvågsformer där mmf-fältet tillhandahålls av PM. Fördelen med dessa motorer är att de kan styras lika enkelt som DC-motorer[9].
- *Squirrel Cage* - Är en typ av en induktionsmotor och används mycket i industrier på grund av sin robusta konstruktion och är billig att tillverka. Rotorlindningarna består av kortslutna kopparskenor som bildar formen av en cylinderformad bur som består av stål eller halvledarmaterialet koppar som innesluter ytan. Nackdelen med de är känsliga för variation av spänningen och det går inte att kontrollera hastigheten[9].
- *Wound motor* - Är en också en typ av en induktionsmotor och fungerar i princip som en Squirrel Cage. På grund av att den är dyr att tillverkas, behöver skötas noggrant och inte är lika robust som Squirrel Cage, är den inte lika attraktiv[3].
- *Electromagnet* - Grunden för en elmotor och fungerar som en magnet med

nord- och sydpol. Ström införs exempelvis från ett batteri eller en annan energikälla som flöder in genom metalltråden. Detta leder till ett magnetfält runt trådlindningen och får en liknande funktion som en PM. Fördelen med en elektromagnet är att det går att starta och stänga av magneten. Nackdelen är att den behöver elektricitet för att fungera och magneten blir dålig efter ett tag[25].

- *Seriemagnetiserad motor* - Drivs utan kraftelektronik som styr motorströmmen och motorerna är gjorda för att kunna startas direkt vid koppling av full spänning. Fördelen är att motorn är mer robust eftersom vid hög vridmoment kommer maskinens varvtal att minska kraftigt med belastningen. Detta ser till att effekten som motorn avger inte kommer att öka mycket vid ökning av vridmomentet. Är även en allströmsmotor som fungerar för växelspänningar. Nackdelen med motorn är att dess tomgångsvarvtal blir väldigt högt, vilket blir skadligt för en seriemotor att gå obelastad[17].
- *Separatmagnetiserad motor* - Har separata fält- och ankarlindningar, som kan kontrolleras helt oberoende av varandra. Är en av de svåraste DC motorer att styra, men har bäst prestationsförmåga och är kontrollerbar. Vanligt bland separatmagnetiserade är att fältströmmen matas från en egen källa. För kunna nå höga varvtal ska fältströmmen sänkas och då sker en fältförsvagning. Detta ser till att magnetfältets flödestäthet sänks[17].

Energikälla

- *Batteri* - Komponent som ska förse motorcykeln med energi. Batteriets kapacitet är avgörande för motorcykelns körsträcka. Ett batteri består utav flera battericeller som kan seriekopplas för att få önskad spänning och parallellkopplas för att få ut önskad ström. En battericell består utav en elektrolyt, en anod, en katod och en separator[9].
- *Bränsleceller* - Genererar el genom att omvandla kemisk energi från ett bränsle (vätgas) till el. Detta sker genom en kemisk reaktion där bränslet oxideras vid anoden och reduceras vid katoden. Slutprodukten blir vatten och beskrivs som "kall förbränning". Storleken på bränslecellen kan variera från en miniatyrcell till en stor kraftverksgenerator som innehåller flera hundra celler. Nackdelen med bränsleceller är den höga kostnaden[26].
- *Ultrakondensator* - En kondensator är en elektrisk komponent som kan lagra en elektrisk laddning. En ultrakondensator kan lagra uppemot 100 gånger större laddning än en vanlig kondensator. De kan utveckla en högre effekt än batterier och är mycket snabbare att ladda, samtidigt som de är mindre energitäta. Eftersom de är mindre energitäta är de svåra att använda utan en annan energikälla som till exempel batterier. Fördelen är att de är mer hållbara och billigare än batterier, men nackdelen är att de är större och mer komplicerade. Dock går utvecklingen framåt och med forskningssatsningen på grafen hoppas forskarna kunna öka den lagrade mängden energi[3].

- *Svänghjul* - Lagrar energi i form av rörelseenergi. Denna rörelseenergi består av ett hjul som snurrar i hög hastighet. Tekniken anses ha hög potential, då den är billig, har lång livslängd, en hög verkningsgrad, går snabbt att ladda upp med energi, är nästan underhållsfri samt miljövänlig[3]. Nackdelen är att tekniken inte ännu är kommersialiserad och är dessutom relativt tekniskt avancerad. Ett exempel på det är att hjulet måste vara noggrant balanserat och det ska helst snurra i vakuum [9]. Vidare kan problem uppstå då gyroskopiska krafter avviker från färd i en rak linje. Tekniken används idag i vissa motorer, bland annat i en Volvomotor där företaget hävdar att tekniken kan spara upp till 25% bränsle vid färd[27].

Motordrivare

- *Benjamin Vedder* - Motordrivaren är utvecklad utav Benjamin Vedder och är publicerat som öppen källa. Motordrivaren har flera funktioner för att kunna styra motorn och ge ett snabbt och mjukt startmoment utan dyra givare. Konstruering av hans egna motordrivare används vid koppling av elkomponenterna som bland annat gashandtag, motor och batterier[28].
- Tillhörande motor - Ett färdigt kit där det ingår de komponenter som behövs till elsystemet inklusive en motor.
- *Arduino* - Ett mikrokontrollerkort där hårdvaran består av en enkel kretsdesign. Mjukvaran består bland annat av ett programmeringsspråk, kompilator och en bootloader som läser in andra program för att få igång operativsystemet. Det kan bland annat programmeras för användning av lysdioder[29].
- *Raspberry Pi* - En enkortsdator som har en mindre styrenhet, där den är i princip lika stort som ett kreditkort. För fillagringen används ett externt SD-kort eftersom den har inget inbyggt minne för operativsystemet och filerna[30].

Laddsystem

- *Vägguttag* - Batterier laddas direkt utan att de ska behövas tas ut ur minimotorcykeln (mobilprincipen).
- *Extern laddsystem* - Laddas av sig själv som till exempel direkt från ett vindkraftverk.
- *Internt laddsystem* - Laddas från till exempel en inbyggd solcell.
- *Mekanisk* - Laddas samtidigt vid körning, genom exempelvis att det trampas på pedaler.
- *Standardiserad laddstation* - Batterierna tas ut och läggs i en låda för att laddas. Det finns olika typer av laddsystem. Enligt det konceptet som valdes, blev det lämpligare med att ta ut batterierna och ladda två åt gången (eftersom det finns två laddare) än de resterande komponenterna för laddsystemet.

- *Induktionsladdning* - Trådlös laddning.
- *Solceller* - Genererar energi som utvinns från solen, där användningen av likströmmen som de avger går att användas direkt. Likströmmen kan även omvandlas till växelström med hjälp av en växelriktare. Solcellen består oftast av halvledarmaterialet kisel som fungerar som diod, där det uppstår elektrisk ström vid belysning av de. Cellerna seriekopplas för att öka upphovet av spänningen och parallellkopplas för ökning av strömmen. Solceller är miljövänliga eftersom de ger inte upphov till förorening. Nackdelen med solceller är att det måste vara soligt för att generera el, vilket det inte alltid är[31].

Acceleration/Retardation

- *Gashandtag* - För att kunna accelerera och reglera hastigheten används ett gashandtag som är en potentiometer, vilket ger en analog signal till motordrivaren där den omvandlas till en digital signal. Hastigheten ökas när gashandtaget vrids mot en själv och minskar då det släpps.
- *Knapp* - Farten regleras med en knapp, då det hålls in ökar hastigheten och minskar vid släppning av knappen.
- *Båtreglage* - Hastigheten regleras med ett handtag som finns i en båt. Farten ökas då spaken dras bakåt (ökning av växeln) och saknas ner då spaken dras fram (minskning av växeln).
- *Pedal* - Hastigheten regleras med en pedal, där farten ökas vid trampning och minskar vid flyttning av foten.
- *Mixerbord* - Hastigheten regleras med ett mixerbord, där den innehåller många alternativ för ökning respektive minskning av hastigheten.
- *Joystick* - Samma princip som båtreglaget, fast med mindre spak och har ingen växel.

F

Appendix: Beräkning av krävt bromsmoment

Beräkningarna bygger enbart på den mekaniska bromsen, enligt[32]

F = bromsande kraft
 m = motorcykelns samt förarens vikt
 a = önskad retardation
 M_w = bromsande moment
 μ = friktionskoefficient mellan belägg och bromsskiva
 P_w = Maximalt tryck mellan belägg och skiva
 R_i = Innerdiameter på skiva
 R_o = Ytterdiameter på skiva
 α = Beläggsvinkel
 V = maxhastighet
 S = sträckan

Nedsänt bokstav, k eller ö, står för krav respektive önskemål.

Retardationen beräknas:

$$a_k = V * \frac{dV}{ds_k} = \{med\ sträckan\ 20, och\ hastighet\ 45\ km/h\} = 3,9\ m/s^2$$

$$a_ö = V * \frac{dV}{ds_ö} = \{med\ sträckan\ 15, och\ hastighet\ 45\ km/h\} = 5,2\ m/s^2$$

Vidare till bromsen:

$F = m * a$, om hjulens egna tröghetsmoment försummas. Dessa blir små i jämförelse till motorcykelns totala massa samt förarens (140 kg).

$$F_k = 546,9\ N$$

$$F_ö = 728\ N$$

Vilket innebär ett bromsande moment, $M_{w,k}$ och $M_{w,ö}$, på 24,6 respektive 32,8 Nm:

$$M_w = \mu * P_w * R_i * \alpha * \frac{R_o^2 - R_i^2}{2} \quad (5.21), (5.19) \text{ Maskinelement del B, Göran Gerbert (1993)}$$

När α löses från ekvationen ovan blir bromsbeläggets vinkel 16,0° för två belägg för att klara enbart krav. För att klara både krav och önskemål krävs en vinkel på 21,4°. Denna beräkning bygger på att bromsen är inkörd och att motorcykeln bromsas med enbart bakbromsen. Beräkningen är konservativ då R_i har använts som tryckcentrum. Vinklarna blir i verkligheten lite lägre.

Vinkeln på den inköpta bromsen har uppmätts till 21,5°. Teoretiskt sett skall bromsen alltså klara av både krav och önskemål.

G

Appendix: Beräkningar för dimensionering och val av motor

```
clear all
clc

% Variabeler Motorcykel
Mmotorcykel=30; % Vikten pa motorcykeln i kg
Mperson=100; % Maxvikt pa en person i kg
M=Mmotorcykel+Mperson; % Totalvikten i kg

% Bromstracka
Bs=20;

% Hastighet och acceleration
v=45; % Maxhastighet i km/h i uppforsbacke
V=v./3.6; % Maxhastighet i m/s i uppforsbacke
retardation=-V^2/(2*Bs); % Browsersacceleration m/s^2 fran berakning
                        % av bromsstrackan
a=-retardation; % Acceleration

% Variabler Motor
Kv=172; % Konstant [rpm/V] finns angiven pa motorn
Mmotor=1.080; % Vikten pa motorn i kg
Imax=120; % Maxstrom som motorn klarar i Ampere
Umax=44; % Maxspanning som motorn klarar i Volt
Pmax=5280; % Maxeffekt motorn kan ge i Watt

% Variabler Batteri
Ubattery=3.7; % Spanning som varje cell i ett batteri har
antalceller=12; % Antal celler i serie
U=Ubattery*antalceller; % Total spanning

% Variabler Hjul
M_hjul = 1; % Massan pa hjulen i kg
hjulradius=0.3048; % diameter i meter
hjulomkrets=pi.*hjulradius; % omkrets i meter

% Vinkel i uppforsbacke
vinkelupp=5.8.*(pi./180); % Lutningen pa 10% vilket motsvarar
                        % approximativt en lutning pa 5.8 grader
```

G. Appendix: Beräkningar för dimensionering och val av motor

```
% Vinkel pa plan mark
vinkelplan=0;

% Vinkel i nedforsbacke
vinkelned=-5.8.*(pi./180); % Lutningen pa 10% vilket motsvarar
                           % approximativt en lutning pa -5.8 grader

% Gravitation
g=-9.82; % Gravitation m/s^2

% Friktionskonstant
fr=0.0015; % [Procedure to verify the maximum speed of automatic
            % transmission mopeds in periodic motor vehicle inspections]

% Berakning av lutningsmotstand(gravitation)
% [modern electric/hybrid/fuelcell vehicles sida 24]
Fnupp=M.*g.*sin(vinkelupp);
Fnplan=M.*g.*sin(vinkelplan);
Fnned=M.*g.*sin(vinkelned);

% Berakning av friktionskraft (rullmotstandkraften)
% [modern electric/hybrid/fuelcell vehicles sida 22]
Ffupp=fr.*M.*g.*cos(vinkelupp);
Ffplan=fr.*M.*g.*cos(vinkelplan);
Ffned=fr.*M.*g.*cos(vinkelned);

% Berakning av luftmotstand
Af=0.8; % Frontalarea
Cd=0.7; % Luftmotstand koefficient for en moped [Procedure to verify
            % the maximum speed of automatic transmission mopeds in periodic
            % motor vehicle inspections]
pl=1.146; % Densiteten pa luft
Fluft=- (pl./2) .* Af .* Cd .* (V.^2); % Luftmotstand

% Berakning av kraft framat
Fa=M.*a;

%% Berakning av total kraft

Fuppacc=Ffupp+Fnupp+Fluft+Fa; % Kraft i uppforsbacke vid acceleration
Fplanacc=Ffplan+Fnplan+Fluft+Fa; % Kraft pa plan mark vid acceleration
Fnedacc=Ffned+Fnned+Fluft+Fa; % Kraft i nedforsbacke vid acceleration

Fupp=Ffupp+Fnupp+Fluft; % Kraft i uppforsbacke vid konstant hastighet
Fplan=Ffplan+Fnplan+Fluft; % Kraft pa plan mark vid konstant hastighet
Fned=Ffned+Fnned+Fluft; % Kraft i nedforsbacke vid konstant hastighet

%% Berakning av moment

utvaxling=5.8; % Utvaxling 1:5.8

whjul=V./(hjuldiameter./2); % Vinkelhastighet pa hjulet
wmotor=whjul*utvaxling; % Vinkelhastighet pa motorn

nhjul=(60./(2.*pi)).*whjul; % Varvtal pa hjulet i rpm
nmotor=(60./(2.*pi)).*wmotor; % Varvtal pa motor i rpm
```

```
nonskad=Umax.*Kv*0.7; % onskat varvtal pa motorn

dw=a/(hjul diameter./2); % Vinkelacceleration
Jhjul=(M_hjul).*((hjul diameter./2).^2/2); % Masstrogheten for en cylinder
momtrog= Jhjul.*dw; % Troghetsmoment pa ett hjul
momtot=2.*momtrog; % Troghetsmoment pa 2 hjul

momentuppac=(Fuppac.*(hjul diameter./2))+momtot; % Totala momentet vid
% acceleration uppfor
momentplanacc=(Fplanacc.*(hjul diameter./2))+momtot; % Totala momentet vid
% acceleration pa plan mark
momentnedacc=(Fnedacc.*(hjul diameter./2))+momtot; % Totala momentet vid
% acceleration nedfor
momentupp=(Fupp.*(hjul diameter./2))+momtot; % Totala momentet vid konstant
% hastighet uppfor
momentplan=(Fplan.*(hjul diameter./2))+momtot; % Totala momentet vid
% konstant hastighet pa plan mark
momentned=(Fned.*(hjul diameter./2))+momtot; % Totala momentet vid konstant
% hastighet nedfor

%% Berakning av effekt med hjalp av moment

Paccup=momentuppac.*whjul;
Paccplan=momentplanacc.*whjul;
Paccned=momentnedacc.*whjul;

Pupp=momentupp.*whjul;
Pplan=momentplan.*whjul;
Pned=momentned.*whjul;

%% Berakning av effekt med hjalp av hastighet

Paccupl=Fuppac.*V;
Paccplanl=Fplanacc.*V;
Paccnedl=momentnedacc.*V;

Puppl=Fupp.*V;
Pplanl=Fplan.*V;
Pnedl=Fned.*V;

%% Maxeffekt

Pmax=(Fuppac.*V)./0.8; % Verkningsgrad pa 80%

%% Maxvarvtal motorn behover (utvaxling 1:5,8)

f=V/hjulomkrets;
n_hjul=60.*f;
n_motor=n_hjul.*5.8;

%% Strackan

Stot=10000; % Strackan 10 km

p1=0.5; % Procent av strackan korning pa plan mark
p2=0.1; % Procent av strackan korning i uppforsbacke
```

G. Appendix: Beräkningar för dimensionering och val av motor

```
p3=0.1; % Procent av strackan korning i nedforsbacke
p4=0.1; % Procent av strackan acceleration pa plan mark
p5=0.15; % Procent av strackan acceleration i uppforsbacke
p6=0.05; % Procent av strackan acceleration i nedforsbacke

s1=p1.*Stot; % korning pa plan mark
s2=p2.*Stot; % korning i uppforsbacke
s3=p3.*Stot; % korning i nedforsbacke
s4=p4.*Stot; % acceleration pa plan mark
s5=p5.*Stot; % acceleration i uppforsbacke
s6=p6.*Stot; % acceleration i nedforsbacke

Pel=(p1.*Pplan)+(p2.*Pupp)+(p3.*Pned)+(p4.*Paccplan)+(p5.*Paccupp)+...
    (p6.*Paccned); % Genomsnittlig effektbehov vi behover
verktrans=0.9; % Verkningsgrad for transmission
verkmotor=0.9; % Verkningsgrad for motor
P=Pel./(verktrans.*verkmotor);

%% Berakning av kapaciteten, C [Ah]

Vmedel=25; % Uppskattad medelhastighet [km/h]
verkbatt=0.9; % Verkningsgrad for batteriet

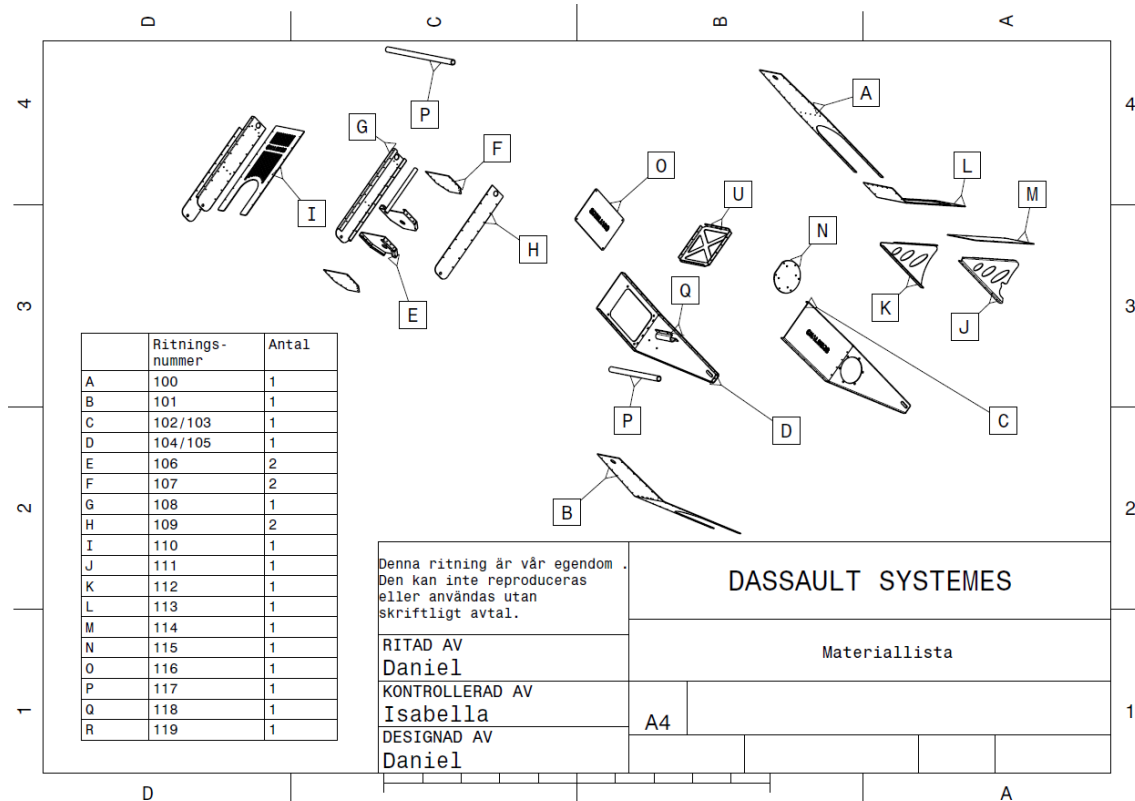
% Tid
t=(Stot./1000)./Vmedel; % Far tiden i timmar [h]

% Energi, E
E=P.*t;

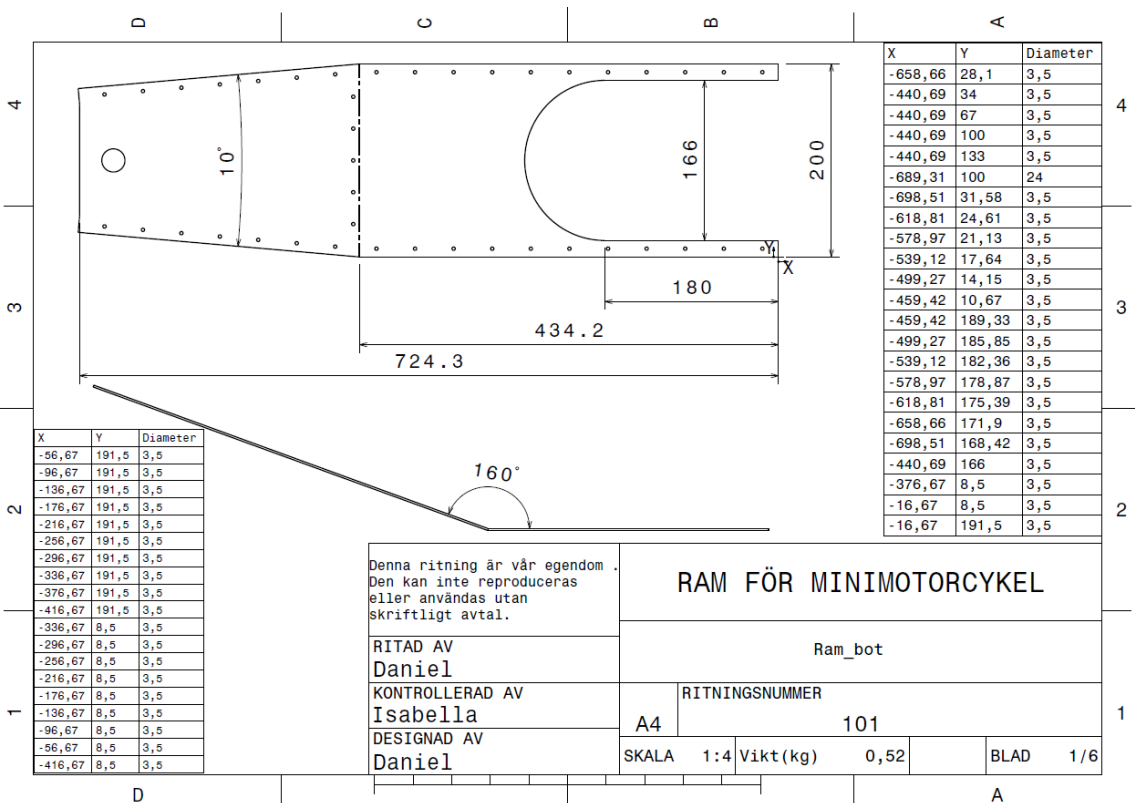
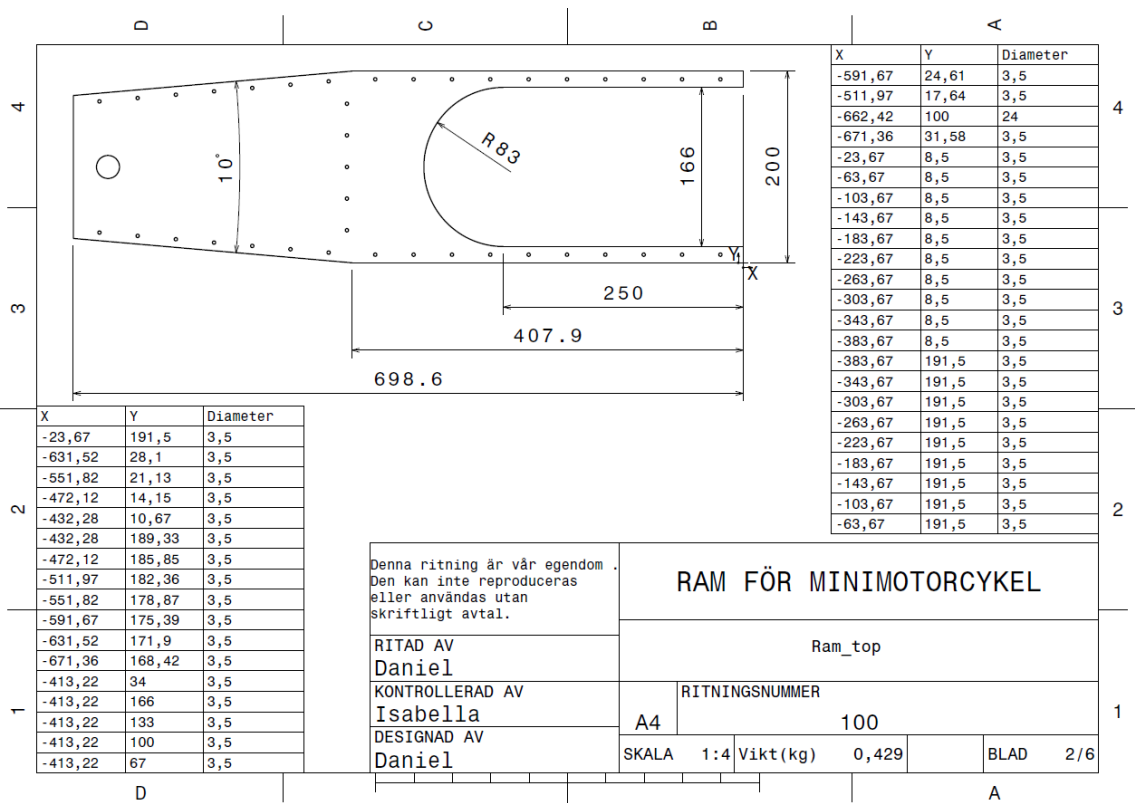
% Kapaciteten som batteriet kraver for 10km
Cbatt=(1./verkbatt).*(E./U);
```


H

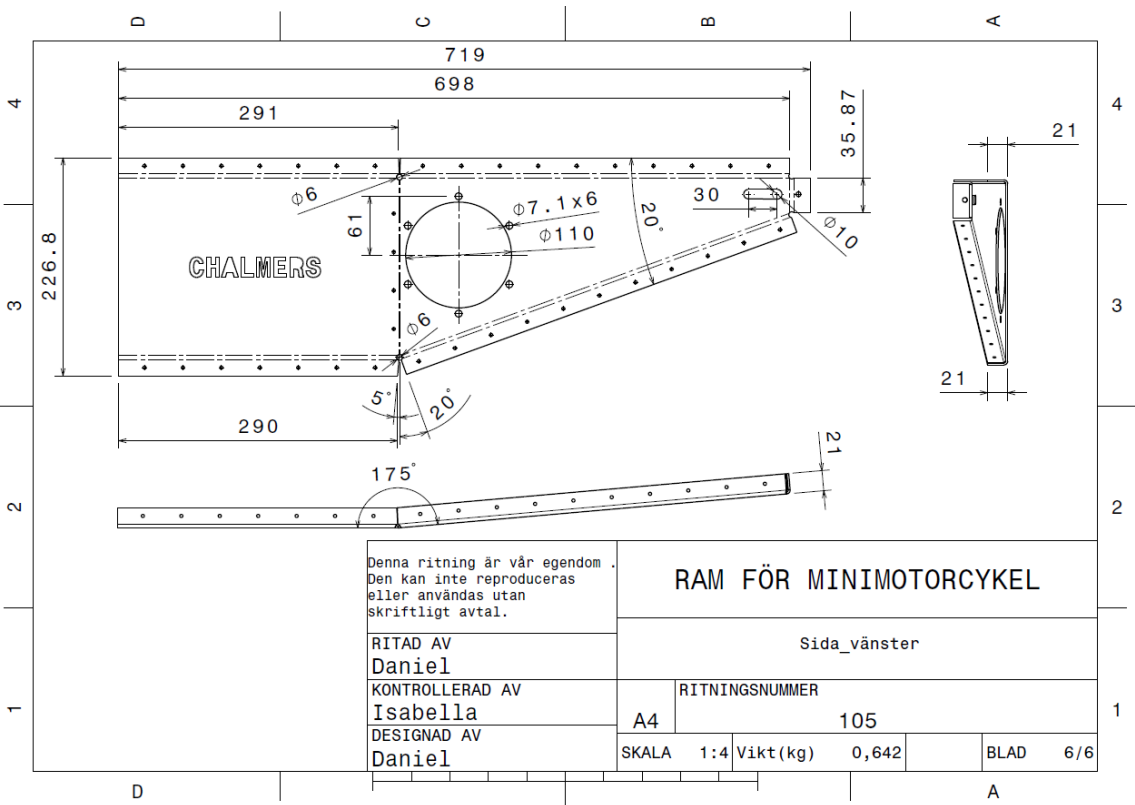
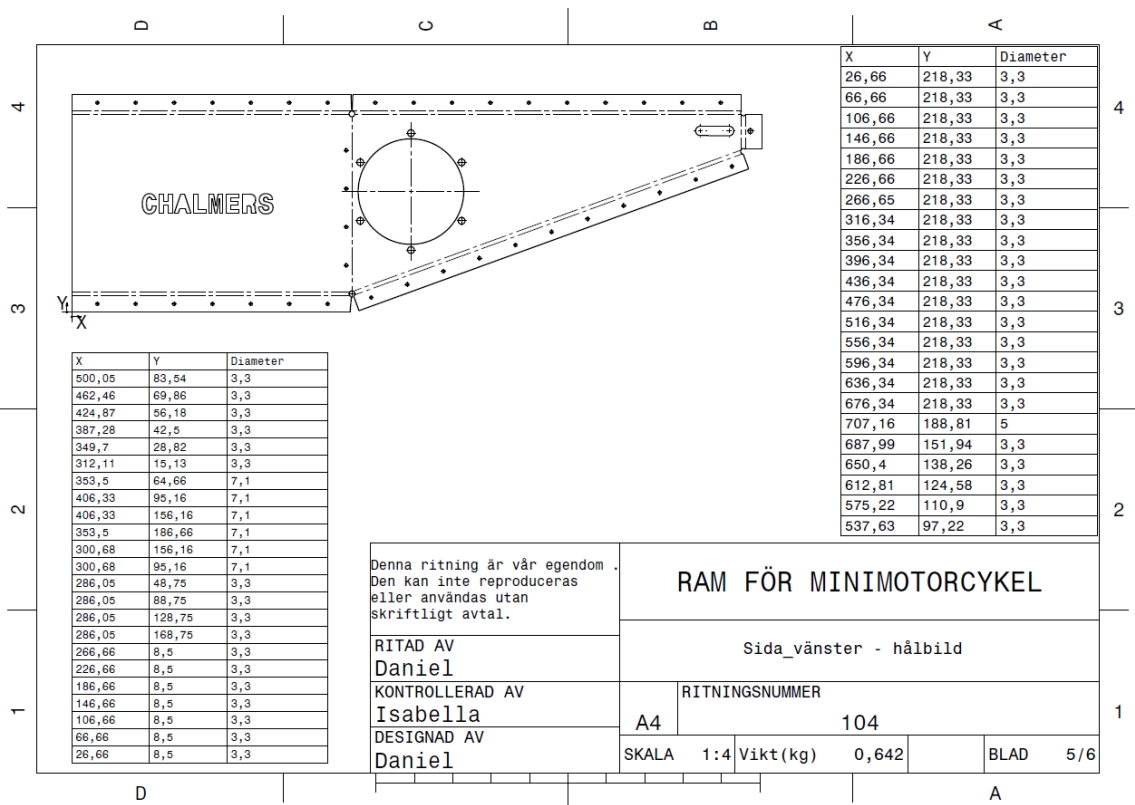
Appendix: Detaljritning

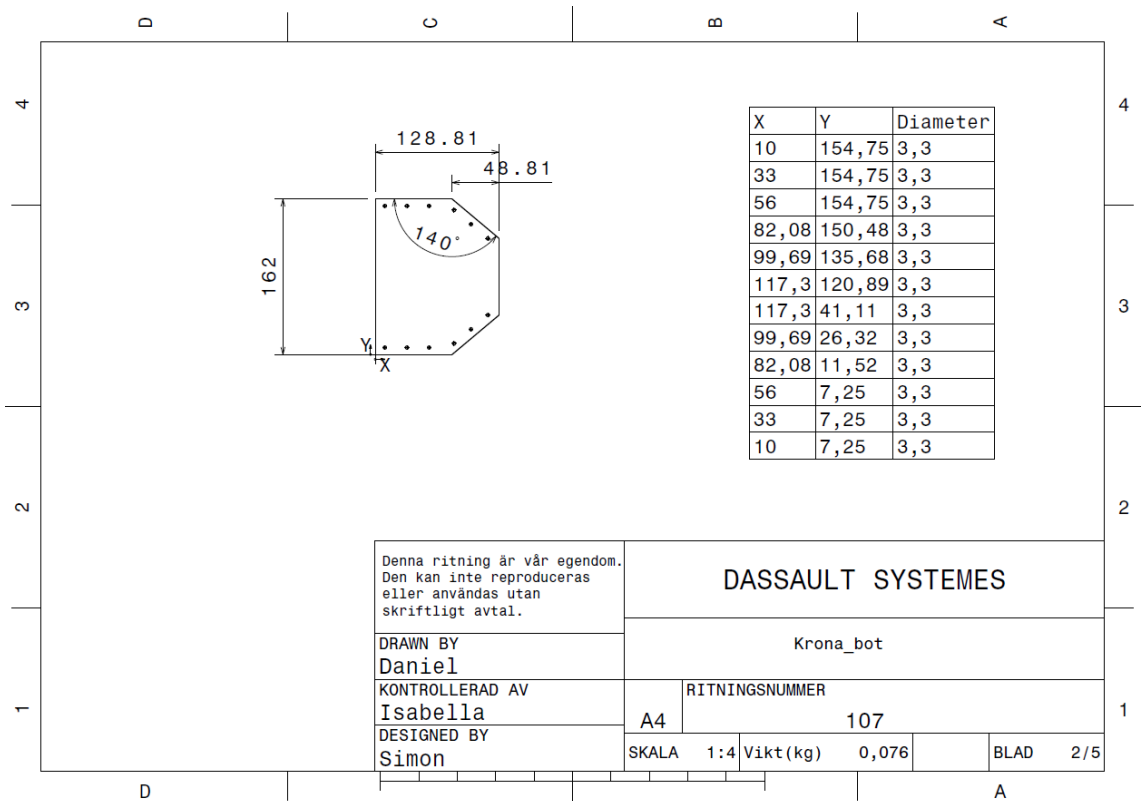
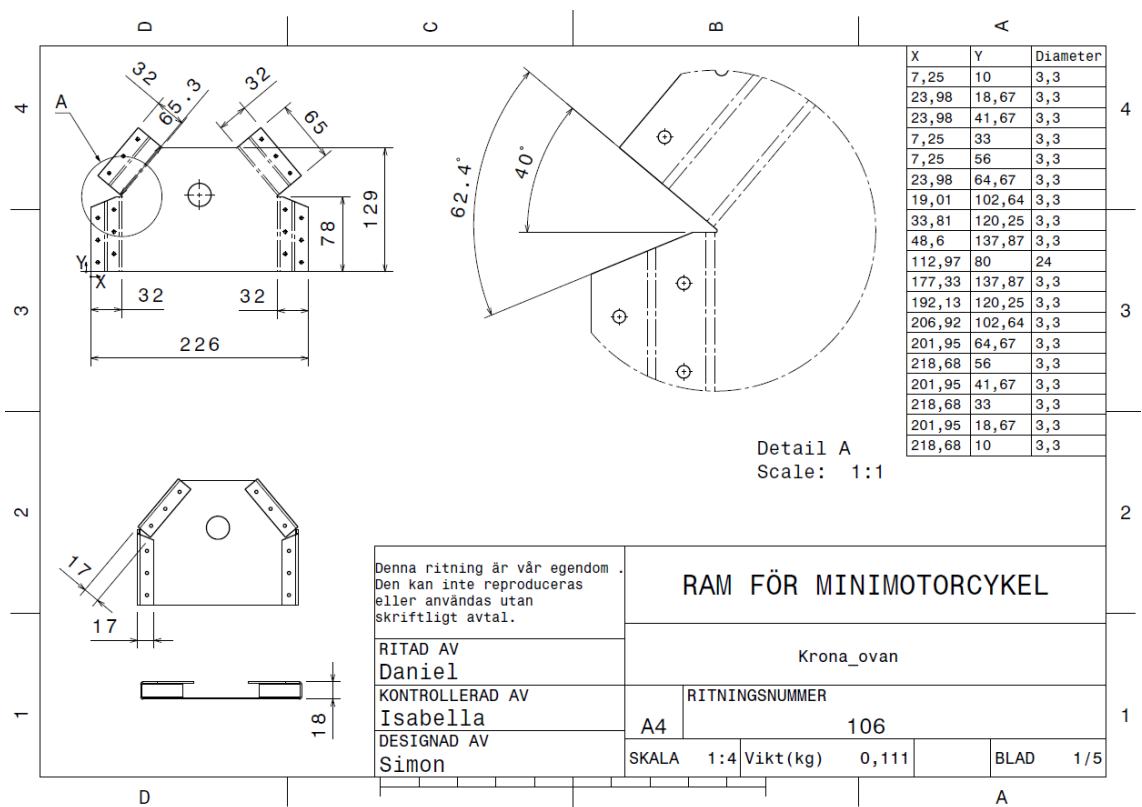


H. Appendix: Detaljritning

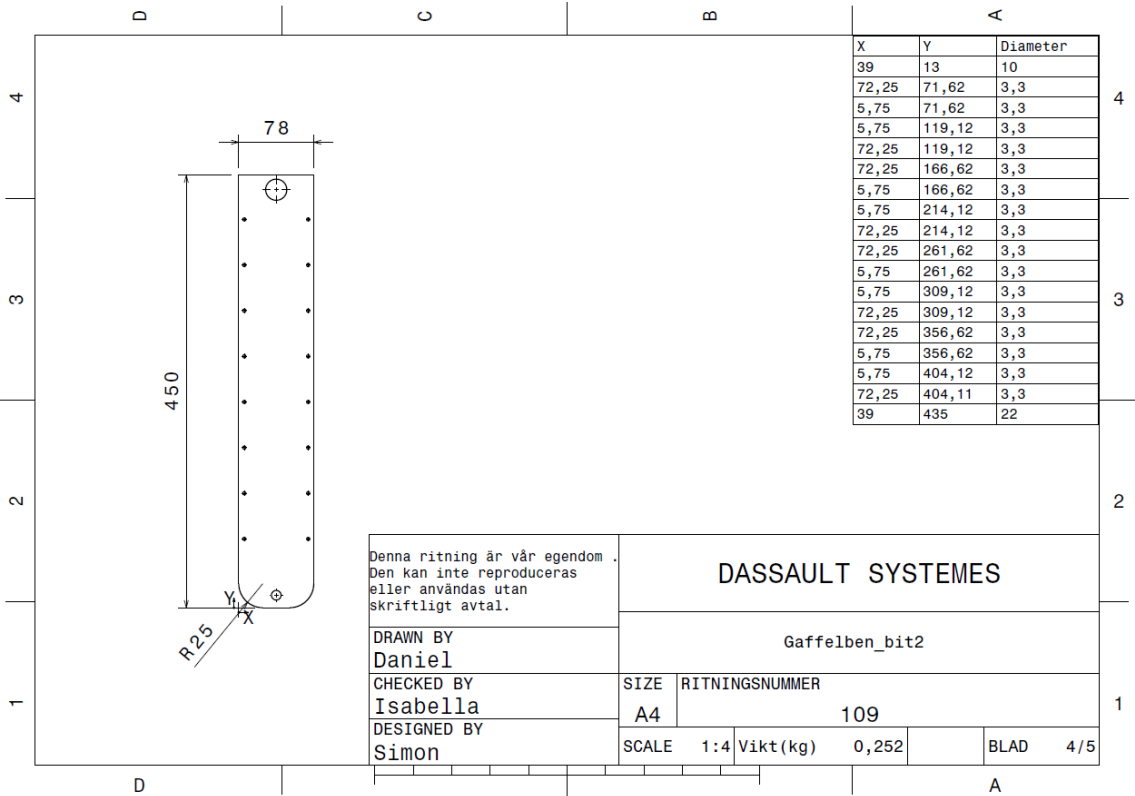
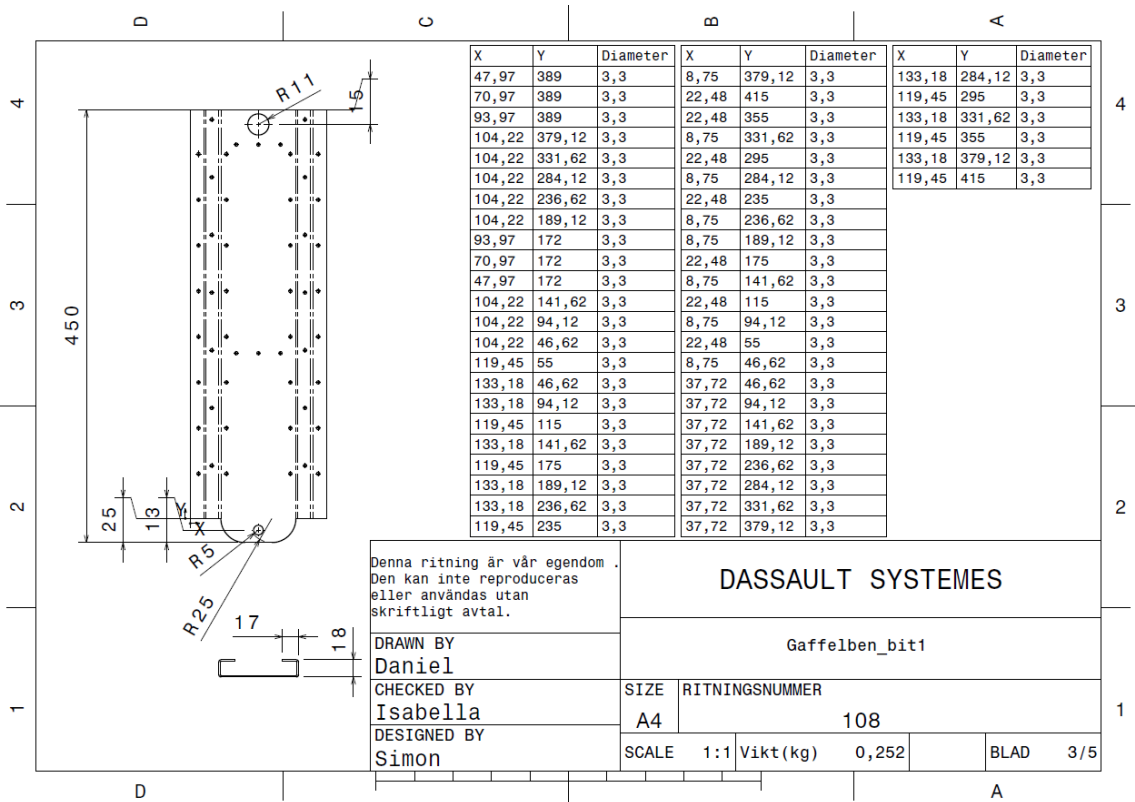


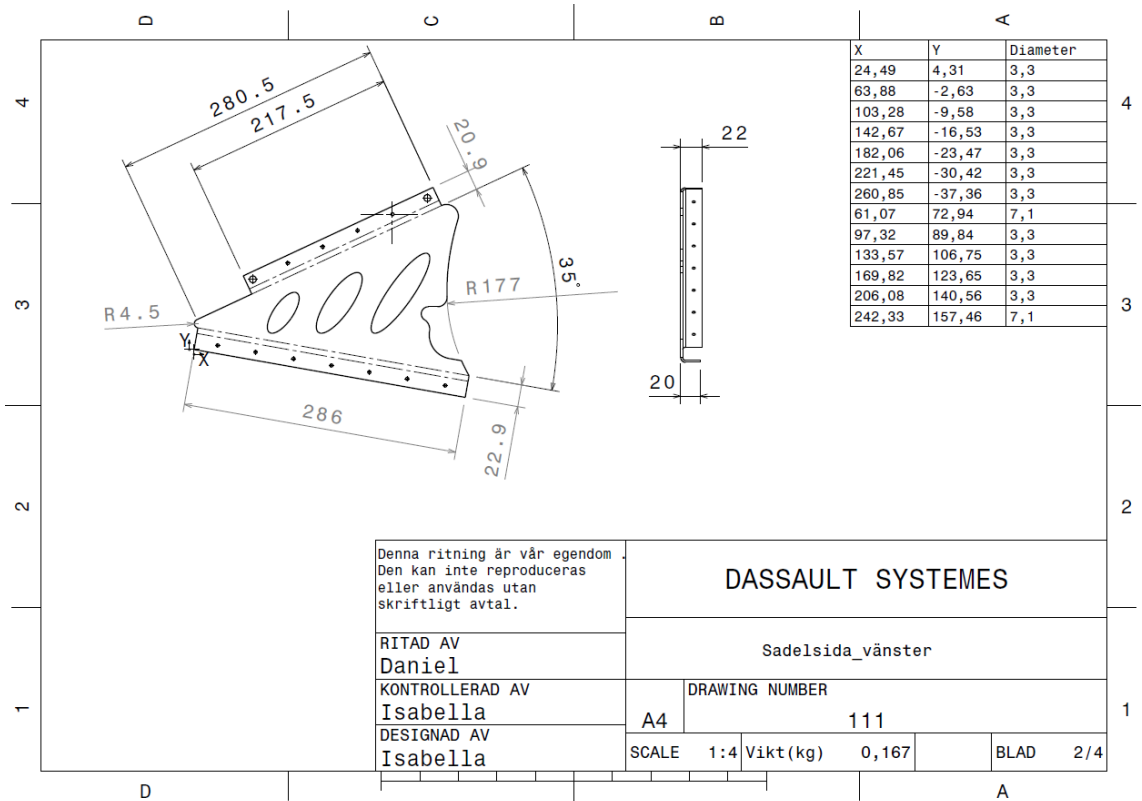
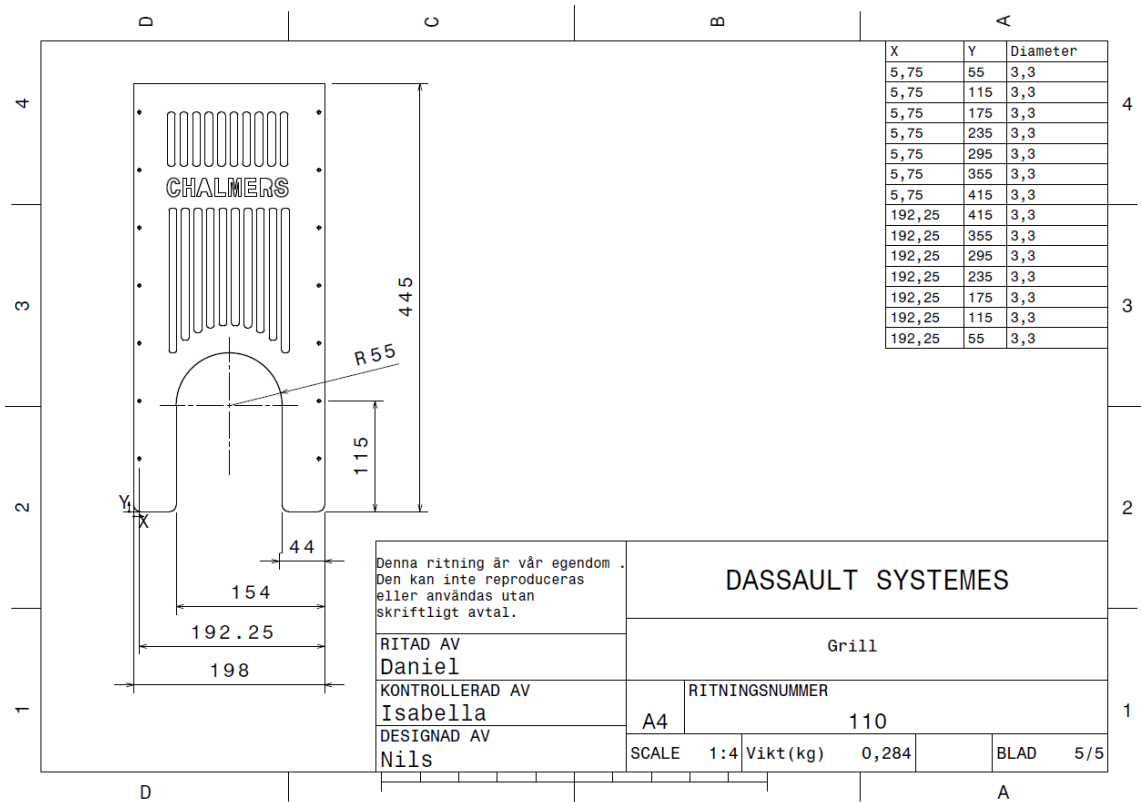
H. Appendix: Detaljritning



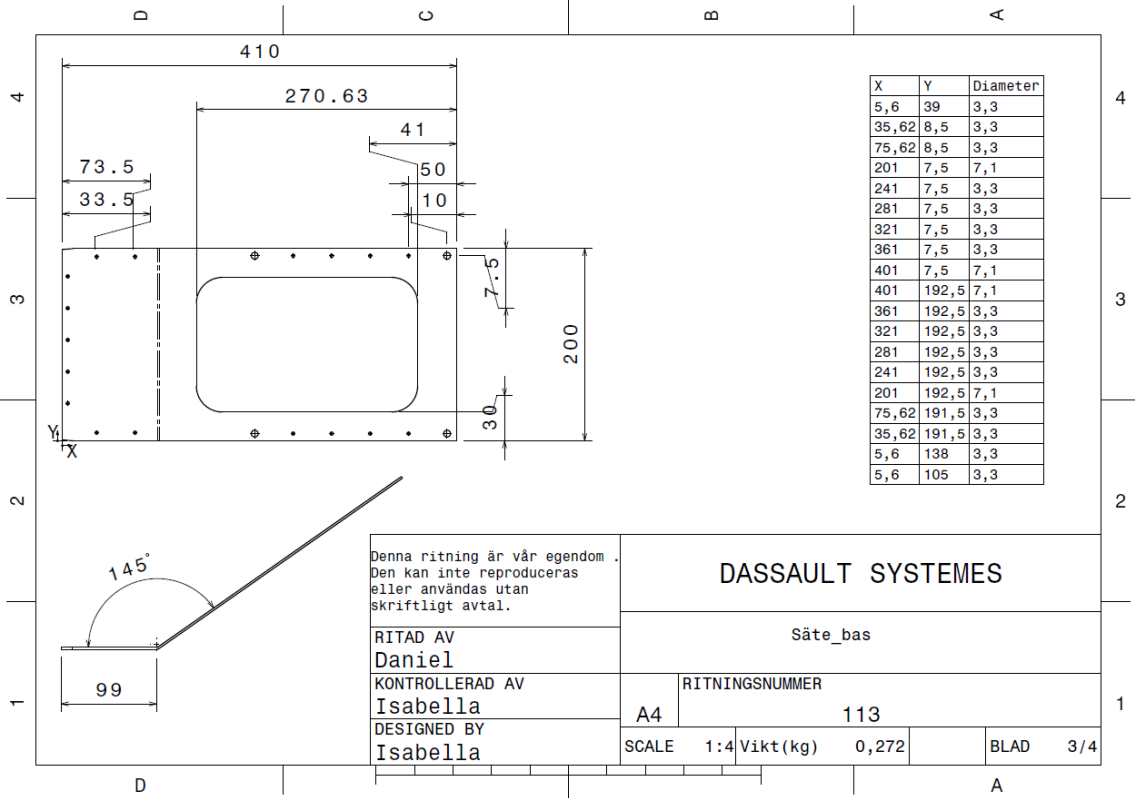
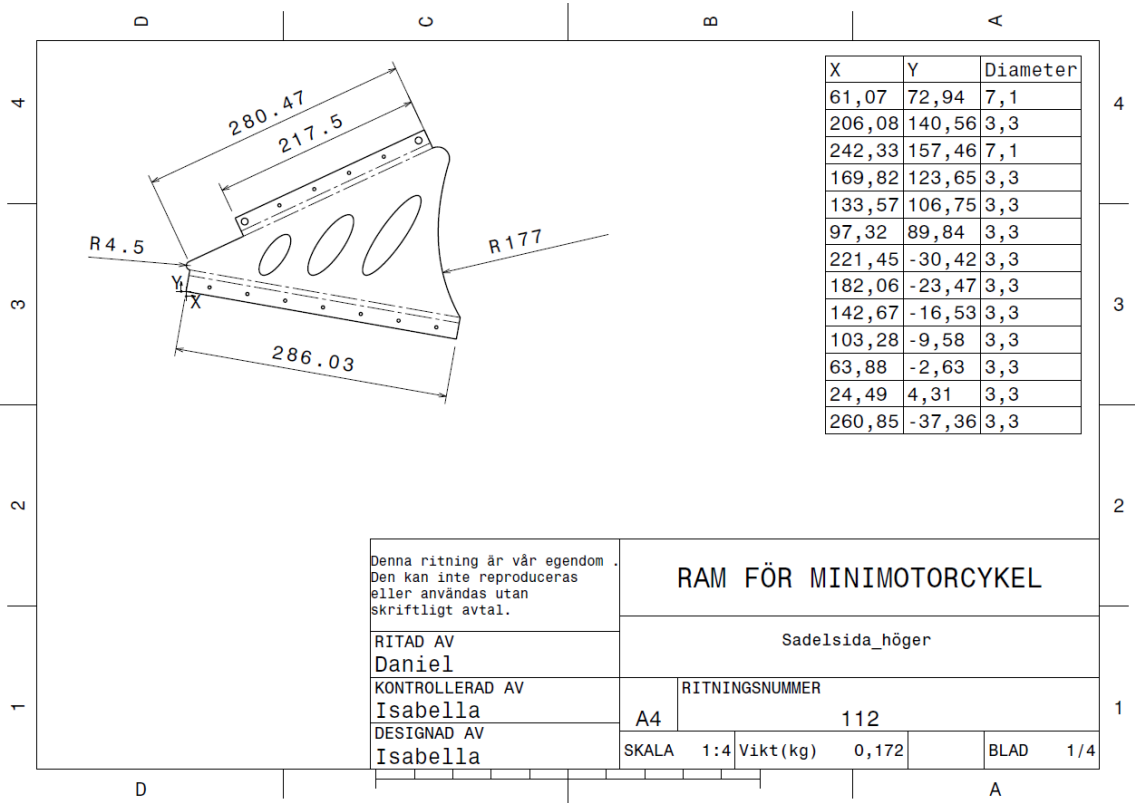


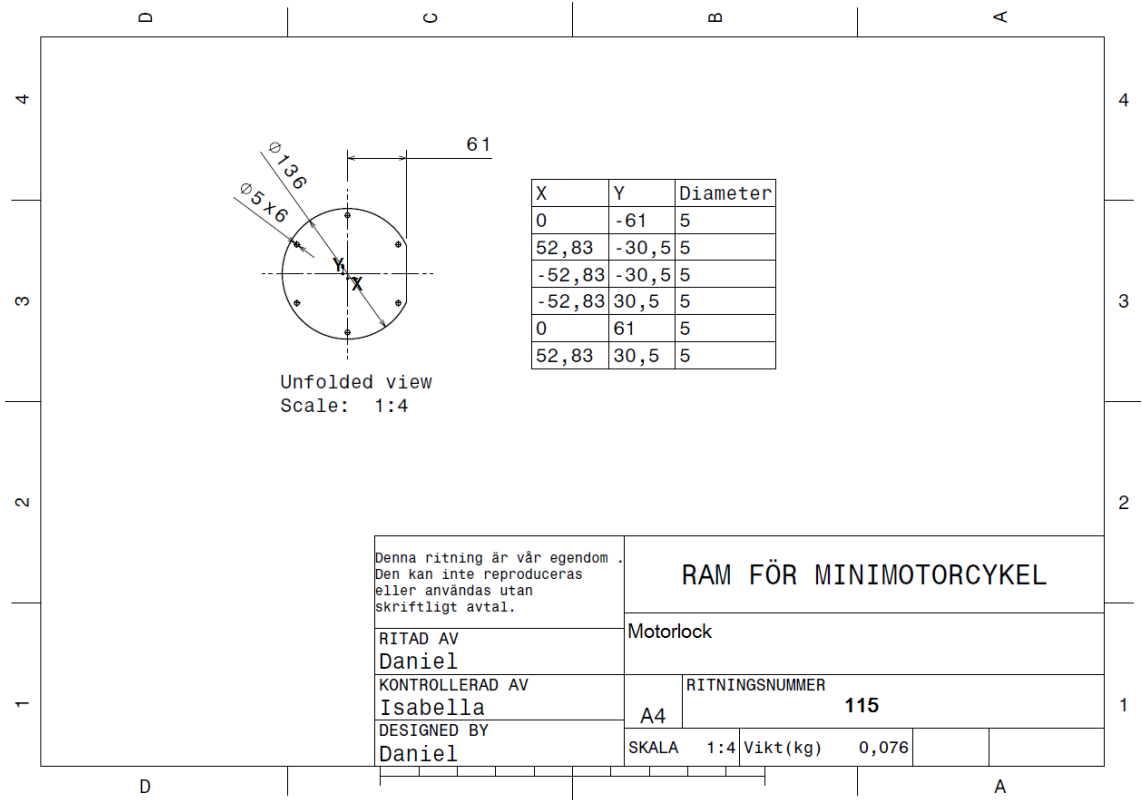
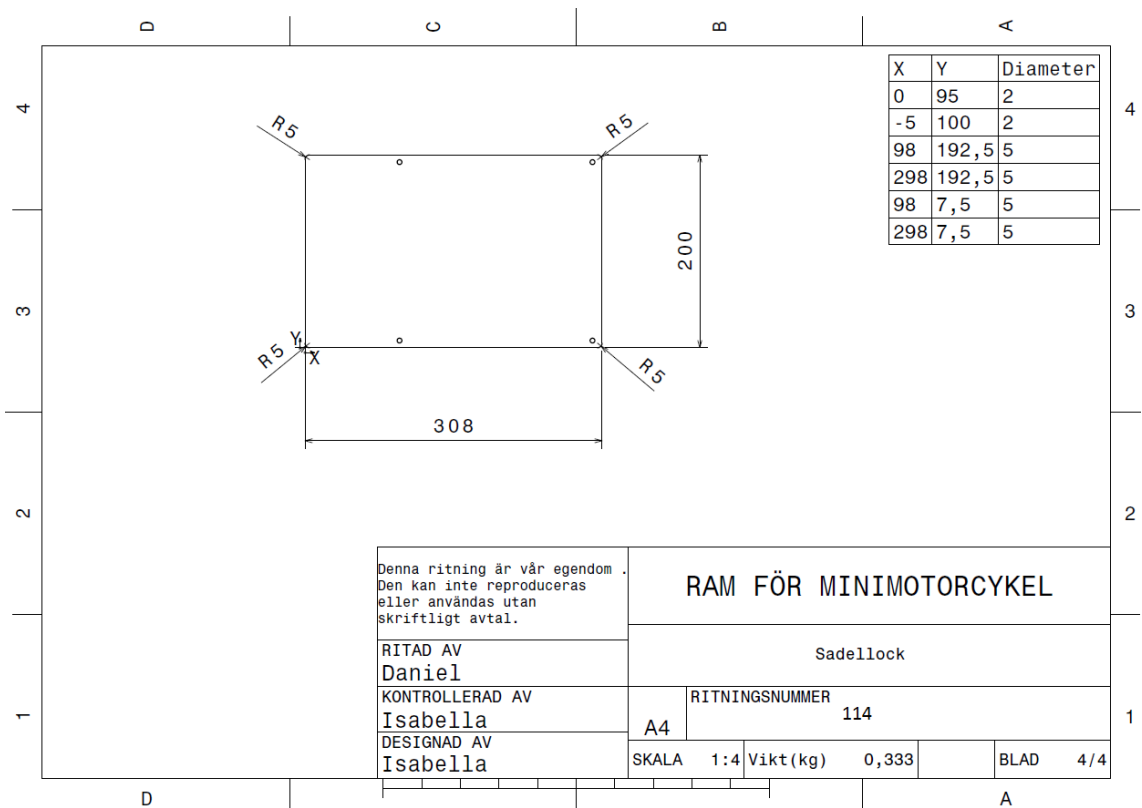
H. Appendix: Detaljritning





H. Appendix: Detaljritning





H. Appendix: Detaljritning

