



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

Masteroppgave 2016 30 stp  
Fakultet for miljøvitenskap og teknologi  
Institutt for matematiske realfag og teknologi

## Dolphin Sky, Del A: Utvikling av integrert design- og helhetskonsept for sveveløsning

Dolphin Sky, Part A: Development of an integrated design- and overall concept for a hovering solution

Kristoffer Ødegaard Rummelhoff  
Maskin, prosess- og produktutvikling

# **Dolphin Sky, Del A: Utvikling av integrert design- og helhetskonsept for sveveløsning**

av  
**Kristoffer Ødegaard Rummelhoff**



**Mastergradsarbeid i Maskin, prosess og produktutvikling  
Norges miljø og biovitenskaplige universitet  
Institutt for matematiske realfag og teknologi  
Våren 2016.**

## FORORD

Denne masteroppgaven er skrevet som en avsluttende del av den fem årige sivilingeniørutdanningen i Maskin, prosess- og produktutvikling ved Institutt for matematiske realfag og teknologi ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. Prosjektet er planlagt og gjennomført våren 2016.

Denne masteroppgaven er initiert av førsteamanuensis Jan Kåre Bøe, i tillegg var Karen Elise Røsandnes med på planleggingen av Del A og Del B.

Oppgavens omhandler å utvikle et integrert designkonsept for en sveveversjon av Dolphin-konseptet, og er det første prosjektet som omhandler denne retningen til Dolphin-konseptfamilien.

Det er tre aspekter ved denne oppgaven som var spesielt interessant for meg; design og den noe hårete målsettingen. Jeg har lenge hatt stor interesse for design og håndtegninger og oppgaven ga meg store muligheter for å utvikle mine ferdigheter. Det noe hårete målet om å utvikle en flyvende bil var noe som skapte stor interesse. Å angripe en forholdsvis ny designretning er en stor utfordring, men åpner også opp for nye spennende løsninger, som jeg syns er fascinerende.

Jeg vil rette en stor takk til hovedveileder, førsteamanuensis Jan Kåre Bøe for hjelp og veiledning gjennom hele prosjektperioden. Videre vil jeg takke førsteamanuensis Carlos Salas Bringas for hjelp i SolidWorks. Takk til medstudent Karen Elise Røsandnes som støttespiller og sparringspartner underveis i prosjektet. Til slutt vil jeg takke foreldrene mine, Herman og Mette Rummelhoff, for støtte under perioden.

X

---

Kristoffer Rummelhoff

## SAMMENDRAG

Det er store utfordringer knyttet til veiutvikling, kø og situasjoner hvor biler ikke strekker til, spesielt i et land som Norge hvor fjell og fjord skaper naturlige hindringer. Dette er en av flere motivasjoner for å utvikle en miljøvennlig flyvende bil.

Masteroppgaven er en fremtidsrettet konseptutvikling- og designoppgave for et nytt konsept hvor det integreres en sveveløsning på en lettvekts trehjulsbil. Tidligere arbeid har blitt benyttet i gjennomførelsen av konseptutvikling; interiør [10], dempesystem [13], multifuel system [4] og drivlinje [15].

Hovedmålet med mastergradsarbeidet er å utvikle en sveve-versjon basert på tidligere arbeid i Dolphin-konseptfamilien, med fokus på aerodynamikk, funksjonalitet, bruksegenskaper og ha et innovativt og fremtidsrettet ytre design. Teoriutredning, konseptspesifisering og designutredningen legger tilrette forhold som vil påvirke konseptets funksjon og design. Det er fokusert på integrering og plassering av thrusterne, og hvordan dette påvirker designet i forhold til ergonomi, aerodynamikk og stabilitet, på en lite kompleks og realistisk måte med et attraktivt design.

Det har blitt utnyttet IPD for oppbygging av prosessen og konseptutviklingen, og Pughs metode har blitt benyttet for evaluering og valg av funksjon, konsept og design. I den kreative prosessen knyttet til konseptutviklingen har SCAMPER hatt stor innvirkning for å skape nye løsninger og funksjoner.

Utviklingen er delt opp i fem prosesser, som skiller spesifikke oppgaver knyttet til masterarbeidet; prosjektplanlegging, konseptutvikling, designutvikling, konstruering og tilslutt ferdigstilling. Det er lagt en prosjektplan for å strukturere masterarbeidets progresjon, med hovedmål, delmål og milepæler med tidsfrister, og avgrensninger for oppgaven.

Funksjonsutviklingen er delt i to under-kategorier, tidlig evaluering av thrusterformasjoner og vingeplassering, og integrering av disse. Integreringen av systemene er en omfattende og lang prosess som er selektert i to faser, ved å dele konseptene i to deler, fremre og bakre. Summen av disse seleksjonsmatrisene er dermed implementert i en hovedkonseptutvelgelse. Etter at det er valgt konsept er det gjennomført evaluering og valg av designet til konseptet. Det valgte designet har bærer preg av runde former på en organisk måte som brytes opp av uorganiske trekantformer.

For å 3D modellere konseptet er det benyttet SolidWorks. Det er gjennomført en formoptimering for konseptet for å forbedre stagnasjonspunkt og separasjonspunkt rundt kupéen. Grove produksjons- og økonomiske betraktninger gjennomført for konseptet. Det er gjennomført rendringer av modellen, sett på fargevalg og satt modellen i relevante miljøsettinger.

Dimensjonene for Dolphin Sky er to-delt, bil-modus og fly-modus. For bil-modus er lengden totalt 4811 mm, bredden 2015 mm og høyden 1466 mm og i flymodus måler lengden 4069 mm, 4088 mm bred og en høyde på 1466 mm.

Kostnaden for utviklingen av konseptet er estimert til en verdi av 540 000 kr. Videre arbeid er det vektlagt konseptutvikling av dempearmer, CFD-analyse, dør, lys og andre eksteriørdeler, ekstern testing av konseptet, skalamodell for testing og evaluering om konseptet egnes bedre ved delta-hjulformasjon.

## ABSTRACT

There are great challenges in road development, queue and situations where cars are inadequate, especially in a country like Norway where fjords and mountains create natural obstacles. This is one of several motivations for developing an environmentally friendly flying car.

This master thesis is a future-oriented concept development and design task for a new concept which integrates one a hover solution in a lightweight three-wheel car. Previous work has been used in the accomplishment of the concept development; interior [9], damping system [13], multifuel system [3] and powertrain [11].

The main objective for the master thesis is to develop a hovering version based on previous work in the Dolphin concept family, with focus on aerodynamics, functionality, performance characteristics and have an innovative and forward-looking design. Theory study, concept specification and design assessment facilitates conditions that will affect the concept's functionality and design. It is focused on integration and location of thrusters, and how this affects the design with respect to ergonomics, aerodynamics and stability, in a low complex and realistic way with an attractive design.

It has been utilized IPD for buildup of process and the concept development, and Pugh's method has been used for the evaluation and selection of function, concept and design. In the creative process related to the concept development SCAMPER has had a great impact to create new solutions and features.

The development is divided into five processes, which divides specific tasks related to the thesis; Project planning, concept development, design development, constructing and finally commissioning the thesis. It's added a project plan for structuring the master thesis work progression, with the primary goal, objectives and milestones with deadlines, and refinements to the task.

The function development is divided into two sub-categories, early evaluation of thruster formations and wing position, and the integration of these elements. The integration of these elements is an extensive and long process that is selected in two phases, by dividing the concepts into two parts, front and rear. The sum of these selection matrices is thus implemented in a main concept selection. After the function concept is selected there is evaluated and selected a design. The selected design has signs og round shapes in an organic way that wraps up the inorganic triangle shapes.

The 3D modelling is done in Solidworks. It is carried out a shape optimization on the concept to improve the stagnation point and separation points around the passenger compartment. A rough production- and economic considerations is completed for the concept. It is carried out renders of the model, and looked at different color schemes and set the model in relevant environment settings.

The dimensions of the Dolphin Sky is two-parted, one is car-mode and one is airplane mode. The car mode has the length of 4811 mm, width of 2015 and the height of 1466 mm. The airplane mode has the length of 4069 mm, width of 4088 mm and a height of 1466 mm.

The cost of developing the concept is estimated at a value of 540 000 kr. Further work is emphasized concept development of damping arms, CFD-analysis, door, lights and other exterior elements, external testing of the concept, scale model for testing,

Kostnaden for utviklingen av konseptet er estimert til en verdi av 540 000 kr. Videre arbeid er det vektlagt konseptutvikling av dempearmer, CFD-analyse, dør, lys og andre eksteriørdeler, ekstern testing av konseptet, se på muligheter å utnytte samme motor for bakre thruster og bakhjul og

# INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side:
FORORD .....	I
SAMMENDRAG.....	II
ABSTRACT.....	IV
<b>1 INNLEDNING.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Bakgrunn.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Tidligere konseptutviklingsarbeid .....</b>	<b>4</b>
1.2.1 Oppsummering av arbeid knyttet til Dolphin .....	4
1.2.2 Tidligere relevant arbeid .....	6
<b>1.3 Sveveversjon av Dolphin .....</b>	<b>6</b>
<b>1.4 Oppdragsbeskrivelse .....</b>	<b>7</b>
<b>1.5 Problemstillinger .....</b>	<b>7</b>
<b>2 PROSJEKTPLAN .....</b>	<b>8</b>
<b>2.1 Målsettinger .....</b>	<b>8</b>
2.1.1 Hovedmål .....	8
2.1.2 Delmål .....	8
<b>2.2 Arbeidsplan og milepæler .....</b>	<b>8</b>
<b>2.3 Avgrensninger .....</b>	<b>9</b>
<b>3 METODEBRUK .....</b>	<b>10</b>
<b>3.1 Terminologi.....</b>	<b>10</b>
3.1.1 Begreper.....	10
3.1.2 Symboler og enheter.....	10
3.1.3 Formel-liste .....	11
<b>3.2 Utviklingsmetodikk .....</b>	<b>11</b>
3.2.1 Integrert produktutvikling, IPD .....	12
3.2.2 SCAMPER.....	13
3.2.3 Pughs metode .....	14
<b>3.3 Kildebruk.....</b>	<b>16</b>
<b>3.4 Programvare .....</b>	<b>17</b>



<b>3.5</b>	<b>Skisse- og illustrasjonsteknikker</b> .....	<b>17</b>
<b>3.6</b>	<b>Kvalitetssikring</b> .....	<b>19</b>
<b>3.7</b>	<b>Prosesskart</b> .....	<b>19</b>
<b>4</b>	<b>TEORI OG TEKNOLOGIBESKRIVELSE</b> .....	<b>20</b>
<b>4.1</b>	<b>Form og luftmotstand</b> .....	<b>20</b>
<b>4.2</b>	<b>Koeffisienter</b> .....	<b>26</b>
<b>4.3</b>	<b>Tabeller for konstanter og relevante variasjonsbredder</b> .....	<b>27</b>
<b>5</b>	<b>KONSEPTSPESIFISERING</b> .....	<b>28</b>
<b>5.1</b>	<b>Konseptmålsetting og krav</b> .....	<b>28</b>
<b>5.2</b>	<b>Rangering av produktegenskaper</b> .....	<b>29</b>
5.2.1	Stabilitet .....	29
5.2.2	Aerodynamikk.....	32
5.2.3	Størrelse .....	32
5.2.4	Være fremtidsrettet designet .....	32
5.2.5	Kompleksitet .....	32
5.2.6	Realistisk .....	32
<b>5.3</b>	<b>Metriske grensespesifikasjoner</b> .....	<b>33</b>
<b>6</b>	<b>FORMSPRÅK OG DESIGNTRENDER</b> .....	<b>35</b>
<b>6.1</b>	<b>Organisk og uorganisk designform</b> .....	<b>35</b>
<b>6.2</b>	<b>Grunnformer</b> .....	<b>37</b>
<b>6.3</b>	<b>Tidlig utvikling av industrideign</b> .....	<b>37</b>
<b>6.4</b>	<b>Formtrender i bildesign</b> .....	<b>40</b>
<b>7</b>	<b>KONKURRERENDE KONSEPTER</b> .....	<b>42</b>
<b>7.1</b>	<b>Moller International, Skycar 400</b> .....	<b>42</b>
7.1.1	Konseptbeskrivelse .....	42
7.1.2	Resultat .....	43
7.1.3	Andre Moller modeller.....	44
<b>7.2</b>	<b>AeroMobil s.r.o, AeroMobil 3.0</b> .....	<b>45</b>
7.2.1	Konseptbeskrivelse .....	47
7.2.2	Resultat .....	47
<b>7.3</b>	<b>PAL-V ONE</b> .....	<b>47</b>
7.3.1	Konseptbeskrivelse .....	47

7.3.2	Resultat .....	48
<b>7.4</b>	<b>Terrafugia, The transition.....</b>	<b>49</b>
7.4.1	Konseptbeskrivelse .....	50
7.4.2	Resultat .....	50
<b>8</b>	<b>KOMPONENTSPESIFISERING.....</b>	<b>51</b>
<b>8.1</b>	<b>Motor.....</b>	<b>51</b>
<b>8.2</b>	<b>Thruster .....</b>	<b>52</b>
<b>8.3</b>	<b>Kupe.....</b>	<b>54</b>
<b>8.4</b>	<b>Varmegjenvinningssystem.....</b>	<b>55</b>
<b>9</b>	<b>KONSEPTGENERERING .....</b>	<b>56</b>
<b>9.1</b>	<b>Tidlig funksjonsalternativer.....</b>	<b>57</b>
9.1.1	Vingeplassering, veikjøring .....	57
9.1.2	Thrusterplassering .....	59
<b>9.2</b>	<b>Funksjonsalternativer, integrerte systemer.....</b>	<b>65</b>
9.2.1	Cicada, funksjonskonsept nummer 1 .....	65
9.2.2	Kolibri, funksjonskonsept nummer 2 .....	69
9.2.3	The bubble ship, konsept nummer 3 .....	72
9.2.4	Dronen, Funksjonskonsept nummer 4.....	76
9.2.5	Evaluering av de integrerte funksjonskonseptene.....	79
<b>10</b>	<b>FORETRUKKET KONSEPTLØSNING .....</b>	<b>94</b>
<b>10.2</b>	<b>Utvikling av seleksjonsmatrise og valg av hovedkonsept.....</b>	<b>94</b>
<b>10.3</b>	<b>Utvikling av seleksjonsmatrise og valg av design .....</b>	<b>96</b>
<b>11</b>	<b>RESULTATVISUALISERING I 3D.....</b>	<b>102</b>
<b>11.2</b>	<b>Modelloppbygging.....</b>	<b>105</b>
11.2.4	Presentasjon av deler .....	106
11.2.5	Sammensetting .....	112
<b>11.3</b>	<b>Plassering av elementer.....</b>	<b>117</b>
<b>11.4</b>	<b>Føringer for videre arbeid og påvirkningen dette gjør på overchassis.....</b>	<b>120</b>
<b>12</b>	<b>FORMOPTIMERING FOR AERODYNAMIKK .....</b>	<b>122</b>
<b>13</b>	<b>PRODUKSJONS- OG ØKONOMIBETRAKTNINGER.....</b>	<b>126</b>

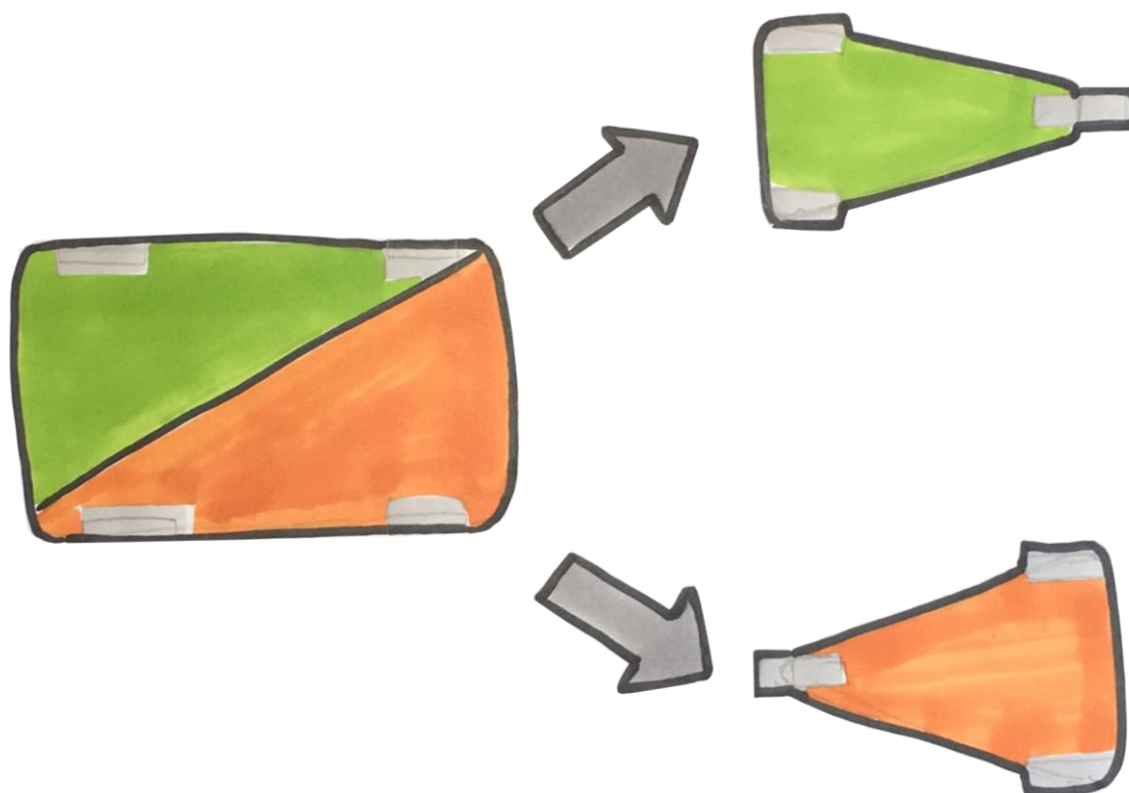
<b>13.1</b>	<b>Produksjons- og materialbetraktninger .....</b>	<b>126</b>
<b>13.2</b>	<b>Økonomibetraktninger .....</b>	<b>127</b>
<b>14</b>	<b>MILJØRENDERINGER .....</b>	<b>129</b>
<b>15</b>	<b>PROSESSEVALUERING OG DISKUSJON .....</b>	<b>142</b>
<b>15.1</b>	<b>Evaluering av konseptutviklingsarbeidet .....</b>	<b>142</b>
15.1.1	Prosjektplanlegging, metode, teori og konkurrentutredning .....	142
15.1.2	Konseptutvikling.....	142
15.1.3	Designutvikling .....	143
15.1.4	Konstruering .....	143
<b>15.2</b>	<b>Design og funksjoner .....</b>	<b>144</b>
15.2.1	Konseptet, helheten og dempearm .....	144
15.2.2	Konsept, thrusterplassering .....	144
15.2.3	Konseptet og konkurrenter .....	144
15.2.4	Konseptet, design.....	144
<b>16</b>	<b>KONKLUSJON.....</b>	<b>145</b>
<b>16.1</b>	<b>Resultater .....</b>	<b>145</b>
<b>16.2</b>	<b>Anbefalinger.....</b>	<b>145</b>
<b>16.3</b>	<b>Videre arbeid.....</b>	<b>146</b>
<b>17</b>	<b>REFERANSER.....</b>	<b>147</b>
	<b>VEDLEGG.....</b>	<b>150</b>

# 1 INNLEDNING

Innledning for rapporten er sett på bakgrunnen, tidligere arbeid, motivasjon, oppdragsbeskrivelse og problemstillinger.

## 1.1 Bakgrunn

Dolphinkonseptet er et kjøretøykonsept hvor hovedfokuset er lav vekt og størrelse, og med dette spare energi. Lav vekt og størrelse gjennomføres med å følge et enkelt prinsipp som ligger for grunn for alle konseptene; to Dolphin-biler, en tadpole-formasjon og en delta-formasjon, skal til sammen skape like stor plass som en normal personbil (Figur 1.1).



Figur 1.1 Størrelsesprinsippet av Dolphin illustrert ved å dele opp en personbil som vil utgjøre to Dolphin biler i tadpole- og delta formasjon

Målet med konsept er å utvikle et kjøretøy som vil senke benyttelsen av materialer, senke den totale vekten på kjøretøyet og få bedre utnyttelse av plass; på veien, i garasjen, ved parkering i urbane strøk, og avslutningsvis senke forbruket av drivstoff.

Det siste trinnet i utviklingsprosessen av Dolphin er en integrert sveveversjon basert på tidligere utviklede konsepter.

Siden 2007 har det blitt utviklet en rekke Dolphin-konsepter og konsepter som i ulik grad kan knyttes til utviklingen av Dolphin. Samlet for disse konseptene er utvikling av ettertraktede kjøretøy som er interessant for ulike kundegrupper.

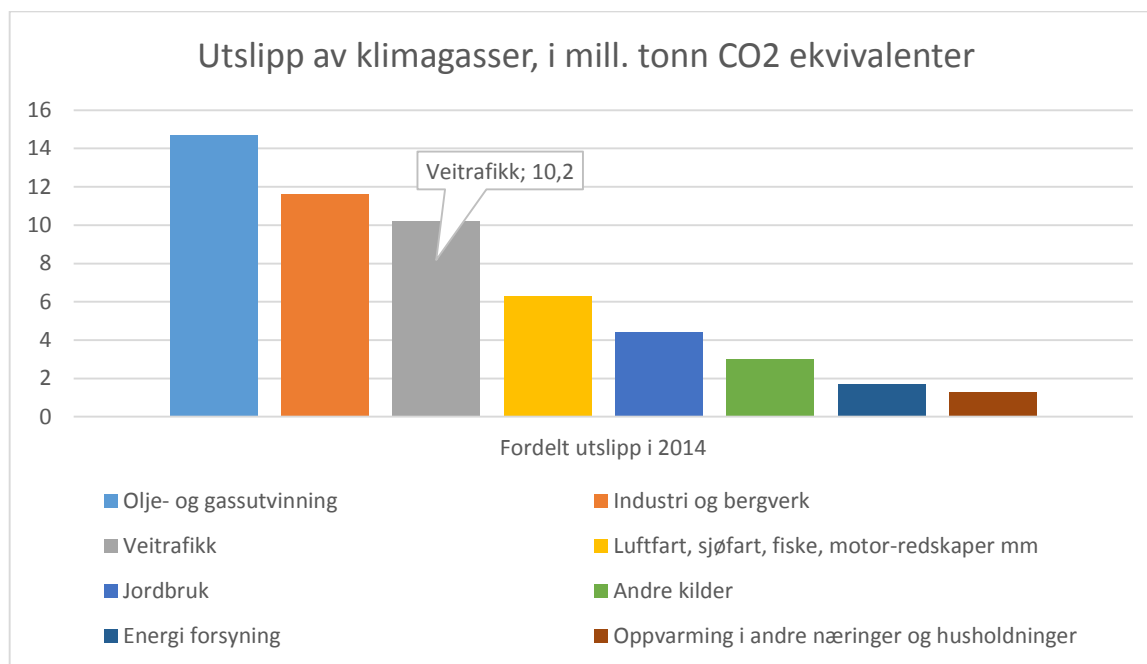


## Dolphin-konseptfamilien

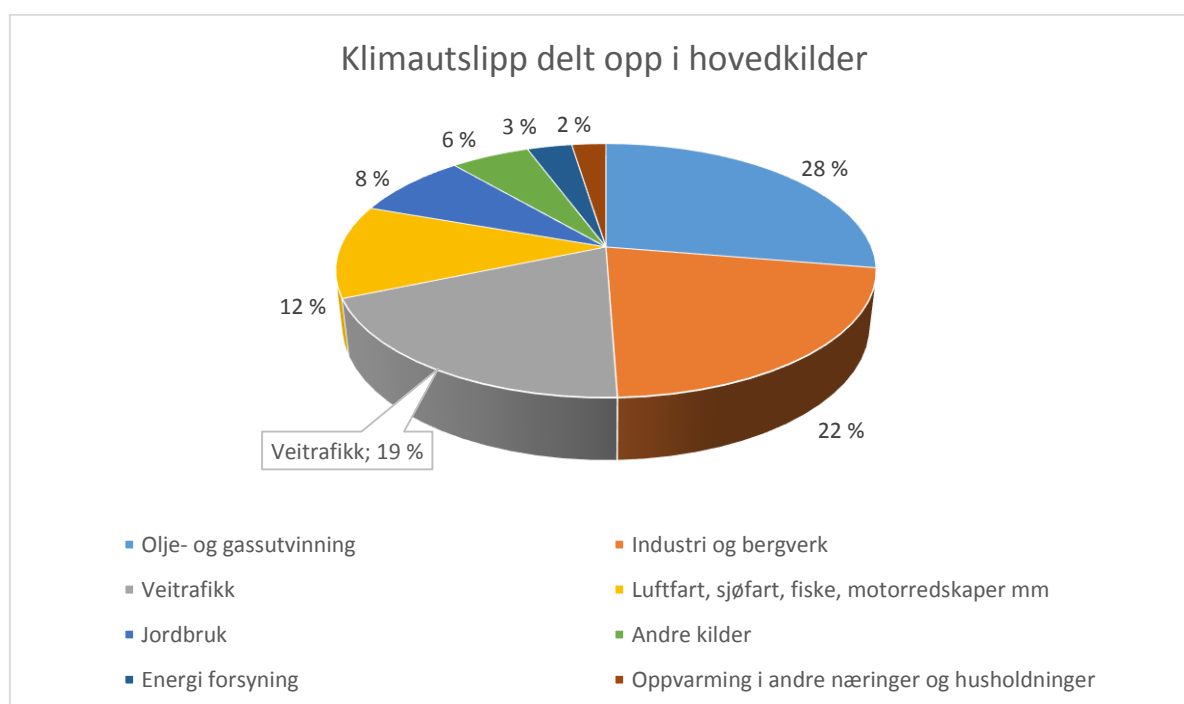
Figur 1.2 Utviklingen av konseptene. **a)** den første versjonen og starten av Dolphin-konseptet, utviklet 2007/2008. **b)** Første Dolphin med delta-formasjon, **c)** Siste konsept av tadpole, utviklet vår/høst 2015, **d)** siste versjon av delta-formasjon, utviklet våre 2012, **e)** EcoTwin, fullhybrid bil, studentprosjekt utviklet og bygget mot Shell Eco-marathon i 2010, **f)** Studentprosjekt, full-elektrisk motorsykkel i karbonfiber. [3, 5, 12, 14, 19, 48]

Dolphin-konseptetfamiliens løsninger er et resultat av et større mål om å bygge miljøbevisste kjøretøy. Rapporten vil ikke diskutere sammenhengen mellom klimagassutslipp og global oppvarming, men at veitrafikk er en stor bidragsyter av klimagassutslipp er udiskutabelt [36].

Figur 1.3 viser at klimagassutslipp fra veitrafikk tilsvarer 10,2 millioner tonn  $CO_2$  ekvivalenter og Figur 1.4 viser at dette er en tilsvarer 19% av det totale utslippet i 2014.

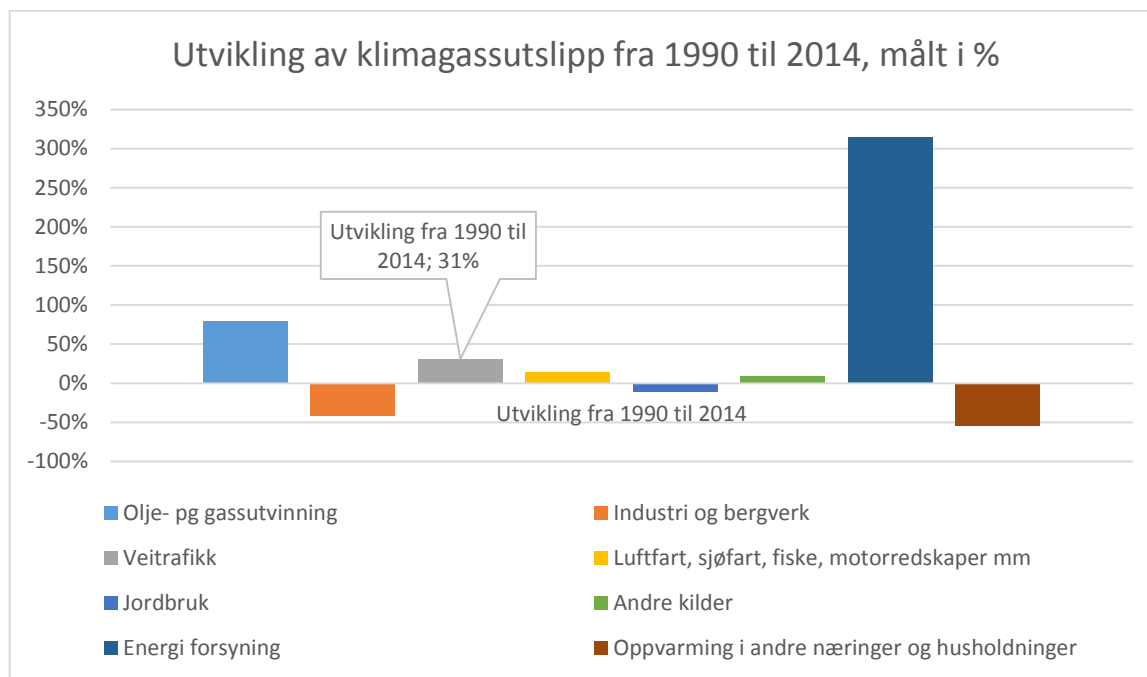


Figur 1.3 Stolpediagram av klimagassutslipp fordelt over hovedkilder i 2014, målt i millioner tonn  $CO_2$  ekvivalenter [36]



Figur 1.4 Kakediagram av klimagassutslipp [36]

Spesielt interessant er at utviklingen av utslippet til veitrafikk har gått opp 31% fra 1990 til 2014, som kan sies å være en markant øking, se Figur 1.5.



Figur 1.5 Stolpediagram over klimagassutslippsutvikling mellom 1990 og 2014 [36]

Avslutningsvis er det interessant å nevne at de samlede klimagassutslippene er redusert hvert år siden 2010 med om lag 4%, mens  $CO_2$ -utslippene har vært stabile [36].

Ved å dele opp en personbil i to lettvekts kjøretøy med tre hjul vil vekt senkes, mengde materiale senkes, plass vil være utnyttet bedre og forbruket gå ned. Ved å dele opp bilens 5 seter over to biler vil påvirke alle personene som kjører en bil alene eller med få passasjerer, noe som er forholdsvis vanlig i norsk trafikk, og det kan sies at fem seter i en bil er vanligvis ikke utnyttet til dens fulle potensial.

## 1.2 Tidligere konseptutviklingsarbeid

Mastergradsarbeid i tilknytning til Dolphin-konseptet har siden starten i 2007 blitt mangfoldig og en dyp oppsummering vil bli tidkrevende og overflødig. Dette kapittelet er delt opp i to underkapitler, oppsummering av tidligere arbeid og en enkel forklaring av tidligere arbeid som er ansett som spesielt relevant for denne oppgaven.

### 1.2.1 Oppsummering av arbeid knyttet til Dolphin

Da en stor mengde oppgaver har vært gjennomført, og det vil skape en stor og overflødig jobb å forklare alle arbeidene, er det gjort en oppsummering som en oversikt.

Oppsummeringen er satt i kronologisk rekkefølge, med en enkel og forklarende modell basert på årstall.

**2007**

To studenter, Anders Brevik og Lars Timberlid Lundheim, utvikler det som skal være starten på Dolphinkonseptet på NMBU i faget TIP300. Designet er basert på Tadpole-formasjon og har sitteplass til to personer.

**2010**

Det gjennomføres to mastergradsarbeid, interiør og eksteriør, av Dolphin med en Delta-formasjon. Gjennomført av David Lindebø Østby og Magnus Ottesen. Bilen er i Delta-formasjon, tre seter med sjåfør i front og to seter bak.

**2011**

Jan-Fredrik Aasheim og Kristoffer Roca utvikler ramme og hjuloppheng for Dolphin Family, og eksteriør for Dolphin Duo. En delta-formasjon trehjulsbil med tre seter, med fokus på familier og korte kjøreturer.

**2012**

Tre masteroppgaver leveres med til sammen fire studenter som forfattere. Utviklingen innebærer Gasturbinmotor knyttet til multifuel systemet, design av overchassis til Dolphin Family og interiør til Dolphin Duo 1+1.

**2014 og 2015**

De tre siste masterene fant sted i 2014 og 2015, hvor det er utviklet dempesystem for Duo 1+1, Varmegjenvinningssystemet til multifuelsystemet og eksteriørdesign av Dolphin Expression 2.0.



Figur 1.6 Oversikt over tidligere masteroppgaver, og en TIP300 oppgave, utviklet i sammenheng med Dolphin-konseptet [3-6, 10-12, 16, 17, 19]



### 1.2.2 Tidligere relevant arbeid

Det er tidligere arbeid som i ulik grad er relevant for dette prosjektarbeidet hvor løsningene kan videreutvikles, modifiseres eller for Dolphin Sky.

#### Prosjekt Roskva - Svingarm og dempersystem for elektrisk motorsykkelkonsept

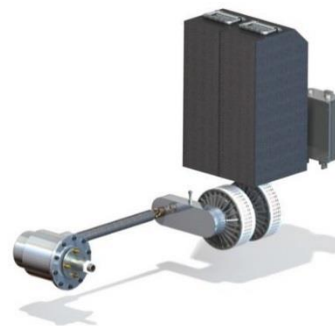
Hans Ola Krog utviklet i 2012 et konsept på en svingarm og dempersystem for den elektriske motorsykkelen Roskva. Designet er kompakt og innehar lav vekt, inkluderer et dempesystem og huser drivlinjen.



Systemet er utviklet, og anvendt i designet og prototypen, til den elektriske motorsykkelen Roskva i 2012 ved NMBU [13]. *Figur 1.7 3D modellering av dempesystemet [13, 32].*

#### Prosjekt Roskva - Drivlinje for elektrisk motorsykkelkonsept

Lars Johansen Norberg utviklet i 2012 drivlinjen til den elektriske motorsykkelen Roskva. Systemet består av to motorer, D135RAGS, levert av Lynch Motor Company [40] fra England.



Systemet er utviklet, og anvendt i designet og prototypen, til den elektriske motorsykkelen Roskva i 2012 ved NMBU[15]. *Figur 1.8 3D modellering av drivlinjen til Roskva [15, 35].*

## 1.3 Sveveversjon av Dolphin

Motivasjonen for å starte utviklingen av et svevekonsept kan forklares på flere måter.

Både antall biler og tilbakelagt distanse i bil øker raskere enn folkeøkningen i Norge [36]. Veiutvikling er kostbart, spesielt i Norge hvor fjord og fjell setter grenser, og medfører svingete og lange distanser mellom heller korte luftsavstander eller korte og feildimensjonerte distanser. Dette medfører blant annet at kø har blitt en daglig opplevelse for mange og irritasjonsmoment for de fleste. Ved å fly direkte fra køen kan resultatet bli mindre kø og mindre timer i bilen. Kø medfører i tillegg store problemer for utrykningskjøretøy, som ambulanser og brannbiler, samt resulterer i kø at storbyer i varierende grad er avgiftsbelagt for bilister.

En flyvende bil har vært det beste eksempelet på utvikling når fortiden skulle forklare, noe drømmende, hva fremtiden kan bringe. Den flyvende bilen har lenge følt som en nær og holdbar drøm.

Teknologi er i konstant utvikling, spesielt for IT-teknologi de siste tiårene, som gir muligheter i områder som tidligere gjorde sveveversjoner vanskelig og/eller kostbart å gjennomføre. Utviklingen betyr at muligheter rundt stabilitet, sikkerhet og styring kan nå styres, eller være behjulpel, av IT-systemer. Dette betyr mye for svevende objekter, som for eksempel

utviklingen de siste årene av droner viser. Droner har blitt rimelige produkter som er enkle å manøvrere, da gyroskop og mikrochiper er billig å både utvikle og produsere.

Utfordringene i konseptutviklingsfasen er fortsatt mange og manifesteres hovedsakelig i de mekaniske og fysiske grensespesifikasjonene. Det er mange elementer som har behov spesifikke egenskaper som størrelse, styrke og vekt for å gjøre de nødvendige oppgavene. Å utvikle funksjoner og design som plasserer elementer på en aerodynamisk måte i flere retninger er utfordrende nok i seg selv, når det i tillegg skal anvendes av mennesker tilegnes det nye utfordringer. Ergonomiaspektet betyr at designet som skal fungere i takt med mennesket. Dette medfører en lang rekke utfordringer som påvirker designet, som kupéens størrelse og design, sikt ved bilkjøring og flygning, plassering av varmeskapene elementer, støy og sikkerhet i både krisesituasjoner og daglig bruk. Når alt pakkes inn i en størrelse som ikke overstiger en personbil er det utfordrende å finne løsninger som er gjennomførbare og gunstige.

## 1.4 Oppdragsbeskrivelse

Oppdraget er å utvikle et konsept basert på tidligere Dolphinkonsept med en svevefunksjon. Funksjonen som være en integrert løsning, som innebærer at når konseptet skal fungerer som en bil eller et fly skal elementer ikke tas av eller settes på kjøretøyet.

For at konseptet skal være realistisk er det viktig at fly- og bil-funksjonene ikke belaster på en slik måte at det er irrelevant ved å være en stor last for brukere. Dette innebærer at de ergonomiske og aerodynamiske egenskapene skal være fordelaktig for sluttbruker.

Konseptet er ønsket å være en «high end» versjon i Dolphin-konseptfamilien, som betyr at pris ikke er like relevant men at svevefunksjonen er en egenskap som skaper en stor gevinst for personer som er ute etter en enkel hverdag, et leketøy eller symboler for status og rikdom.

## 1.5 Problemstillinger

Det er gjennomført en rekke mastergradsarbeid i Dolphin konseptet familien og denne rapporten tar konseptet et steg videre som en flygende versjon av trehjuls bilen. Det er generert problemstillinger som skal belyses i denne oppgaven:

- ❖ Hvor langt er utviklingen av slike sveve-/flygendebiler kommet, hvilke typer eksisterer og hvilke av dem har praktisk og kommersielt anvendbare egenskaper?
- ❖ Hvilke utfordringer byr forhold som vekt, designløsninger og tilgjengelig teknologi på med hensyn til å oppnå gode aerodynamiske egenskaper?
- ❖ Hvordan kan en svevefunksjon integreres i en av variantene av Dolphin-konseptet hvor man også beholder veieegenskaper og får et funksjonelt svevekonsept?

## 2 PROSJEKTPLAN

Dette kapitlet tar for seg prosjektets målsettinger, milepæler og avgrensninger. For en kreativt utfordrende oppgave er det viktig å ha god struktur i bunn.

### 2.1 Målsettinger

Målsettingene for prosjektet er delt opp i to delkapitler; hovedmål og delmål.

#### 2.1.1 Hovedmål

Følgende hovedmålsetting for mastergradarbeidet er satt for masterarbeidet:

«Å utvikle et integrert designkonsept for en sveveversjon av Dolphin-konseptet med fokus på aerodynamikk, funksjonalitet, bruksegenskaper og et innovativt og fremtidsrettet ytre design»

#### 2.1.2 Delmål

Hovedmålet er delt opp i følgende delmål.

- Skape en oversikt av flyvende konseptbiler som nærmer seg markedet
- Funksjonsanalyse basert på aerodynamiske- og stabilitetsbetraktninger
- Generere et overordnet konseptdesign
- Utvikle en 3D visualisering av konseptet
- Innlevering av mastergradsarbeid

## 2.2 Arbeidsplan og milepæler

Fremdriftsplan med milepæler:

Tabell 2-1 Arbeidsplan og milepæler for prosjektet.

	Januar	Februar	Mars	April	Mai	Juni
Prosjektspesifisering	■					
Prosjektplanlegging	■	■				
Litteraturstudie	■	■	■			
Konkurrentutredning			▲			
Funksjonsutredning			■	▲		
Funksjonsvalg				■		
Designutredning				■		
Konseptutvelgelse				▲		
3D-modellering				■	■	
Sluttrendring				■	▲	
Rapportering		■	■	■	■	
Innlevering					▲	
Presentasjon av prosjektet						▲

## Milepæler med dato

Tabell 2-2 oversikt over milepæler med tilknyttet tidsfrist

<b>Milepæler</b>	<b>Dato</b>
<i>Konkurrentutredning</i>	29. feb
<i>Funksjonsanalyse</i>	15. april
<i>Konseptutvelgelse</i>	31. april
<i>Sluttrendringer</i>	11. mai
<i>Innlevering</i>	18. mai
<i>Presentasjon</i>	9. jun

### 2.3 Avgrensninger

Konsept- og funksjonsutredning knyttet til en flyvende bil er mange og utfordrende, og det er vært behov for å avgrense arbeidet da oppgaven har et stort omfang for tidsrammene satt for mastergraden.

- ❖ Det vil bli benyttet en forenklet Pughs metode.
- ❖ Det vil ikke bli gjennomført CFD analyse.
- ❖ Det vil ikke bli gjennomført en analyse av hjul-formasjon,
- ❖ Det vil ikke bli anslått vekt på de ulike elementene.
- ❖ Det vil bli gjennomført en grove produksjons- og økonomiske betraktninger på konseptet, og det vil ikke bli valgt spesifikke materialer til elementene.
- ❖ Det vil ikke bli gjennomført en miljøresirkulerings analyse av materialer knyttet til konseptet.
- ❖ Det vil ikke bli gjennomført design valg og 3D-modellering av detaljer i konseptet, som blant annet innebærer lykter, lister, hjul, felger.
- ❖ Det vil ikke være sett på løsninger for spesifikt å beskytte thrustere når Dolphin Sky kjører på vei
- ❖ Det vil ikke bli produsert korrekte arbeidstegninger.
- ❖ Det vil ikke bli gjort utvikling av dempearmer.
- ❖ Det vil ikke bli presentert en tidlig fysisk prototype av konseptet i denne rapporten.
- ❖ Det vil ikke bli tatt hensyn til overflatebehandling.
- ❖ Det vil ikke bli gjort en evaluering på plassering av lufttilførsel til motorer.

## 3 Metodebruk

### 3.1 Terminologi

#### 3.1.1 Begreper

Begrep	Betydning
Lift	Kraft som løfter et fartøy fra bakken.
Downforce	Resultat av en mekanisme som fører til krefter mot bakken.
Forkortelse	Forklaring
Operational ceiling	Maks høyde hvor kjøretøyet kan fly
Takeoff	Operasjonen hvor flyet tar av
VTOL	Akronym, «Vertical TakeOff and Landing», et kjøretøy som tar av og lander vertikalt.
Payload	Vektkapasitet på «tilleggsvekt», dette innebærer mennesker og bagasje.
Gyrokopter	Krysning mellom helikopter og fly, hvor rotoren fungerer som en vinge. Trenger takeoff og landingsstripe
Et fly	Betegnes som et fartøy som benytter vinger som liftmekanisme.
Airphibious car	Spill på amphibious car, som betyr en bil som kan kjøre på vannet, dette er en betegnelse på en bil som kan fly.
NA	No answer, ingen informasjon
mph	Miles per hour, tilsvarer ca 1.6 km/h
Taxing	Kjøre eller trille et kjøretøy til og fra takeoff- og landingsområdet.
Drag	Kraften som kommer av vinden som treffer et kjøretøy
Gyroskop	En del som måler forandringer i bevegelse og kan sende signaler for å motvirke
NMBU	Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
CAE	Computer aided engineering
CFD	Computational fluid dynamics
CAM	Computer aided manufacturing

#### 3.1.2 Symboler og enheter

<i>Symbol</i>	Betydning	Enhet
$V$	Hastighet over et spesifikt område.	$m/s$
$V_{\infty}$	Bilens hastighet	$m/s$
$\rho$	Tetthet	$kg/m^3$
$C_d$	Drag koeffisient	

$C_l$	Lift koeffisient	
$C_p$	Lufttrykk koeffisient	
$L$	Kraft i z-retning, lift	$N$
$D$	Kraft i x-retning, drag	$N$
$A$	Frontareal av fartøy	$m^2$
$S$	Areal av vinge	$m^2$
$p$	Trykk	$MPa$
$T_h$	Thrust	$N$
$k_T$	Thrust koeffisient	
$n$	Propell hastighet	$rpm$
$D_{diameter}$	Diameter	$m$

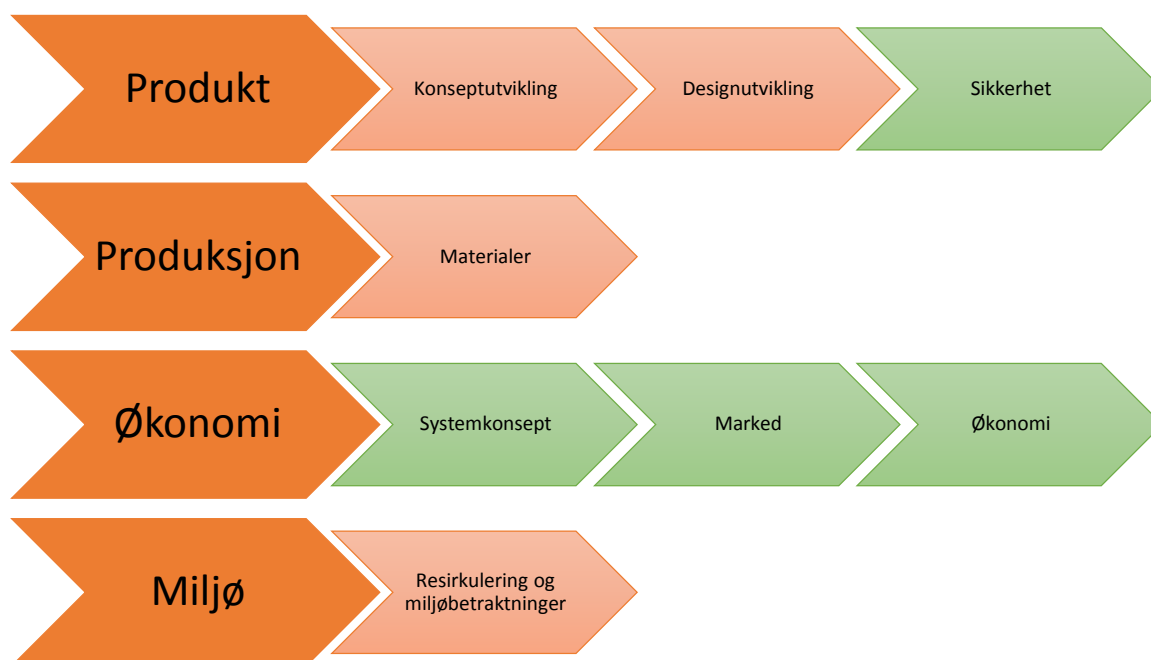
### 3.1.3 Formel-liste

	Formel	Index
	$C_d = \frac{D}{\frac{1}{2} \rho V_{\infty}^2 A}$	1
	$D = C_d \frac{1}{2} \rho V_{\infty}^2 A$	2
	$C_l = \frac{L}{\frac{1}{2} \rho V_{\infty}^2 S}$	3
	$L = C_l \frac{1}{2} \rho V_{\infty}^2 S$	4
	$p + \gamma z + \frac{1}{2} \rho V^2 = \text{konstant}$	5
	$F_{ab} = -F_{ba}$	6
	$T_h = k_T * \rho * n^2 * D^4$	7

## 3.2 Utviklingsmetodikk

I dette kapitlet vil metodikken som er benyttet i denne oppgaven presenteres.

### 3.2.1 Integret produktutvikling, IPD



Figur 3.1 IPDs hovedpilarer, produkt, produksjon, økonomi og miljø. Arbeid utført i Del A og Del B er plassert under tilknyttet pilar. Oransje farge er tilknyttet Del A, og Grønn er tilknyttet Del B.

IPD, integret produktutvikling, er en metode som tar for seg alle elementer i et produkts forløp fra ideskaping til realisering. Formålet med IPD er i tidlig fase inkludere produkt-, produksjon-, økonomi- og miljøegenskaper i produktutviklingen, og på denne måten la alle aspekter påvirke produktet i tidlig fase og bevisst utvikle et produkt som er så nærme optimalt som gjennomførbart i alle ledd i utviklingsfasen. Dette vil bety at et produkt som er designet med IPDs alle fire hovedpilarer; produkt, produksjon, økonomi og miljø. Denne oversikten vil gi en tyngde for produktet ved at produktet er designet med et design, metode, materialer, utviklet og produsert på en slik måte at det er sterke synergier som skaper en robust design.

Praktisk sett, vil gjennomføringen av IPD kunne deles opp i to deler; forprosjektet og hovedprosjektet [7]. Mastergradsarbeid tilknyttet Dolphin Sky; Del A og Del B, vil i all hovedsak anses som et samlet forprosjekt. Ved å se på markedsnisjer, tidlige økonomiske analyser, tidlig konsept og design, tidlig sikkerhetsaspekter, systemkonsepter, tidlig material- og miljøaspekter, er det som formål å danne et grunnlag for eventuell videre utvikling.

Formålet med å implementere IPD i disse to mastergradsarbeidene har som formål å få en bred oversikt over muligheter og utfordringer knyttet til en sveveversjon av Dolphin-konseptet, i tillegg til videre utvikling av Dolphin Duo og Family versjoner imot realisering. I denne oppgaven gjennomføres dette ved å utvikle et tidlig konsept av et eventuelt svevekonsept og en grov analyse på miljø og materialer for å kunne legge frem spesifikke løsninger og utfordringer som kan brukes for evaluering av et potensielt videre hovedprosjekt.

Jan Kåre Bøe peker på en rekke punkter som innebærer en «kjørerute» for prosjekter, og i ulik grad vil bli tilknyttet deler av utviklingen. I denne rapporten er det lagt vekt på følgende punkter:

- ❖ Klarlegging av kundenes behov og markedets krav
- ❖ Planlegging og styring av produktutviklingsprosessen
- ❖ Integrasjon av prosessdesign
- ❖ Styring av prosjektkostnadene fra starten
- ❖ Involvering av leverandører og underleverandører tidlig i prosessen
- ❖ Utvikling av robuste design
- ❖ Integrering av CAE, CAD, CAM og relevante dataverktøy i utviklingsprosessen
- ❖ Generering av en mest mulig effektiv tilnærming til utviklingsarbeidet
- ❖ Kontinuerlig forbedring av utviklingsprosessen

Punktene vil i ulik grad være relevant for oppgaven, men alle vil på en eller mange måter treffe oppgavens gjennomførelse. Noen vil være mer relevant, dette da dette prosjektet er en del av et større samlet prosjekt, men det er viktig å ta inn mange aspekter tidlig i utviklingen.

### 3.2.2 SCAMPER

SCAMPER er en metode blant annet brukt i produktutvikling for å forenkle og utfordre konseptutvikling, ved å bistå et produkt opp mot en potensiell bedre løsning. SCAMPER er et akronym, og som står for åtte ulike metoder for å potensielt forbedre produktet. Gjennom idefase mot ferdig konsept, vil tankeprosessen være behjelpelig for å utfordre status quo. SCAMPER står for følgende:

- ❖ **S - Substitutt (substitute).** Å bytte ut produkter eller komponenter for å utføre samme handling eller å få samme resultat. For eksempel er en sykkel og en motorsykkel ulikt, hvor pedalkraft hos sykkelen er byttet ut med motorkraft hos motorsykkelen.
- ❖ **C - Kombinere (Combine).** Å få ulike komponenter til å utføre flere handlinger og dermed senke antall komponenter og/eller forenkle produktet, eller å kombinere to produkter til å utføre handlingene bedre eller bevege produktene mot et bedre produkt.
- ❖ **A - Tilpasse (adapt).** Å tilpasse et produkt som er egnet for en handling, så den passer på en annen handling. Dean Kamen utviklet en vannrenser for et dialyseprodukt. Dette produktet var så effektive at det blir videre utviklet for å rense vann hvor dette er mangelvare.
- ❖ **M - Modifisere (modify).** Dele opp attributtene til et produkt og å forandre disse; størrelse, form, tekstur, farge etc.
- ❖ **P - Hensikt (Purpose, put to other use).** Å endre intensjonen til et produkt. Et produkt er designet for å utføre en spesifikk handling, men den samme prosessen kan være nyttig for andre formål med andre resultater.
- ❖ **E - Fjern - (Eliminate).** Fjerne elementer rundt et produkt, for å bli værende med dens kjerne funksjonalitet.
- ❖ **R - Reversere (Reverse).** Å snu på retningene; opp-ned, innsiden ut, en motsetning til hva produktet opprinnelig var designet for.



- ❖ **R - Omorganisere (Rearrange).** Å endre plassering på et produkts basiselementer, se hva resultatene vil gjøre med produktets funksjonalitet og brukervennlighet.

SCAMPER er et verktøy for å aktivt tenke mot hva som opprinnelig er godtatt eller utviklet. Metoden er meget tverrfaglig, og trenger ikke spesifikt brukes i en ren produktutviklingssetting, for eksempel kan det brukes i salg, markedsføring, økonomi etc.

Lignende metoder er TRIZ og SIT, som har som mål å bistå utvikling på samme måte men med en ulik tilnærming, det er valgt å bruke SCAMPER da dette anses som godt egnet [2].

### 3.2.3 Pughs metode

Pughs metode er et system for utvelgelse av produkter som egner seg best i forhold til egenskaper, og sortere ut gode produkter fra dårlige. I boken Total Design [24] påpeker Stuart Pugh 15 punkter som innebæres i første runde. Første runde, eller fase en, vil det være en utvelgelse. Om det ikke velges ut et spesifikt produkt, men flere, er det nødt til å tas videre i fase to, eller andre runde. Denne fasen innebærer å videreutvikle konsepter for å bedre få en sikker seleksjon.

Pughs metode baserer seg på en seleksjonsmatrise for egenskaper knyttet til produktet er kriteriene som vil til slutt vise hvilket produkt er best egnet for aktiviteten.

Tabell 3-1 Oversikt over seleksjonsmatrise med alternativer (alt. 1-4), vekting, poeng (X), vektet poeng (Y), vektet sum (Z), rangering (A) og valg av beste løsning

Kriterier	Vekting	Alt. 1		Alt. 2		Alt. 3		Alt. 4	
		Poeng	Sum	Poeng	Sum	Poeng	Sum	Poeng	Sum
Kriterie 1	10%	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Kriterie 2	20%	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Kriterie 3	20%	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Kriterie 4	30%	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Kriterie 5	20%	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Vektet sum		Z		Z		Z		Z	
Rangering		A		A		A		A	
Beste løsning									

I Tabell 3-1 er det en oversikt over hvordan en seleksjonsmatrise basert på Pughs metode vil se ut. I dette eksempelet vil alternativene bli bedømt ut av 5 kriterier, med en ulik vekting av kriteriene basert på hvor viktig disse kriteriene er i tilknytning til ønsket resultat.

Vekting er gjort på følgende måte:

<b>Kriterie 1</b>	<b>10%</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
-------------------	------------	----------	----------

Figur 3.2 Utdrag av Tabell 3.1

I Figur 3.2 Utdrag av Tabell 3.1 er det tatt ut vektning, poeng og poengsum på et konsept og en kriterie. Summen innebærer at 10%, eller 0,10, ganges med X. Dermed:  $0,10 * x = y$

Poeng	Sum
X	Y
X	Y
X	Y
X	Y
X	Y
	<b>Z = <math>\sum Y</math></b>

Figur 3.3 Summering av vektet sum.

For vektet sum, eller den totale summen av alle vektete delsummer, legges alle delsummene til sammen i en poengsum, se Figur 3.3.

Som nevnt er det 15 punkter som Pugh trekker frem som sentrale for seleksjonen av produkter, disse innebærer [24];

- 1) Alle alternativene løser oppgaven ifølge produkt- eller konseptspesifikasjonene.
- 2) Fremvisning av alternativene skal inneholde samme grad av detaljer.
- 3) At alle alternativer bedømmes etter samme kriterier, som i Tabell 3-1.
- 4) Det er viktig at seleksjonsmatrisen innehar alle visuelle faktorer for utvelgelse, i tillegg til forklaring av alternativene
- 5) At alle konseptene er valide, at konseptene løser problemet på samme nivå.
- 6) Produser kriterier i forkant av genereringen av konseptene, og at kriteriene er direkte knyttet til produkt- eller konseptspesifikasjonene
- 7) Bedøm alle alternativene på samme tidspunkt opp mot et produkt som gjør den samme oppgaven på samme metode. Om dette ikke finnes, velg et av produktene som anses intuitive til å være det beste.
- 8) Bedømmelsen bruker følgende gradering:
  - + (pluss): betyr at produktet innehar en egenskap som er bra i forhold til kriteriet
  - - (minus): Betyr at produktet er dårlig, eller uegnet, i forhold til kriteriet.
  - = (er lik): Om det er usikkerhet om alternativet innehar en bedre eller dårligere løsning.
- 9) Tell opp totalsum for antall +’er, -’er og =’er og summer. Det er viktig å ikke behandle summen som en absoluttsum og velge ut produkt som passer best.

- 10) Gå i dybden på hvert konsept og se på eksepsjonelle styrker eller svakheter.
- 11) Se på de potensielle negative kriteriene til sterke konsepter og se om et modifisert konsept kan legges til i seleksjonsmatrisen
- 12) Se på de svake konseptene og om det kan gjøre endringer på disse og introdusere disse i seleksjonsmatrisen
- 13) Etter å ha lagt til en rekke nye konsepter, ved punkt 11 og 12, kjør igjennom matrisen og eliminer potensielle svake konsepter for å redusere størrelsen på matrisen.
- 14) Om det ikke trer frem konsepter som er sterke, gjennom steg 11-13, altså om produktene innehar de samme svake og sterke kriteriene, kan dette bety at kriteriene er flertydig eller at konseptene har for stor tilknytning til hverandre.
- 15) Når et konsept trer frem som den beste løsningen, velg denne som basis for bedømming og test matrisen enda en gang. Om resultatet ikke er entydig med at dette konseptet er best egnet, gjør punkt 11 og 12 om igjen.

Hele denne prosessen er tidkrevende, og det er gjort noen endringer. Det er ikke valgt et produkt hvor alle elementene testes opp mot, men om egenskapene kan anses som generelt god eller dårligere og i hvilken grad. I de senere seleksjonsmatrisene er det valgt å bruke en bredere bedømmingsgrunnlag, alltså større spennvidde enn - til +. Det er blitt valgt å vekte hvert kriterie, da det anses at noen kriterier er mer sentrale i ulike deler av utviklingen. Videre er det valgt å beholde det konseptet med høyest poengsum, og se om det er mulig å gjøre små endringer der det er svake poengsummer i matrisen. Det vil bli vurdert om ulike tilnærminger kan forandres i mellom konseptene, og dette er gjort både underveis og etter seleksjonsmatrisen. Det er planlagt at spesielt svake konsepter kan elimineres fra rapporten som i punkt 13. Eksempler på dette kan ses i vedleggene.

Om det ikke er entydighet rundt valg av konsept, vil det bli vurdert om flere konsepter eller funksjoner er med videre for testing, eller fase to.

### 3.3 Kildebruk

Det er gjort en rekke nett-søk for å finne informasjon om flyvende biler og tilknyttet informasjon. Her trer Google frem som den viktigste portalen. Ord og uttrykk benyttet for søk innebærer:

- Flying car(s) (Flyvende bil(er))
- VTOL
- Hovering
- Gyrocopter
- Gyroplane
- Thruster
- Wings (vinge)

I tillegg har produkter og konsepter blitt søkt på spesifikt som et resultat av søkene som er gjort og nettsider med informasjon om en rekke konsepter.

Amazon har vært brukt for å finne relevante bøker.

Programmene Solidworks og Microsoft Office package er installert i tilknytning til NMBU.

### 3.4 Programvare

Det vil bli brukt en knippe programvare og tilleggsprogramvare i utviklingsprosessen. Disse innebærer:

#### ❖ Solidworks 2015-2016

- Computer aided design (CAD) program. Brukt for å modellere 3D modeller
- Tilleggsprogramvare brukt:
  - Photoview 360 - brukt for rendring av bilder av Solidworks modellen.

#### ❖ Paint

- Basalt tegneprogram. Brukt for å strippe screenshots, bilder og illustrasjoner.

#### ❖ Microsoft Office 365 ProPlus

- Microsoft word har blitt brukt for skriving av mastergradsrapporten.
- Tilleggsprogramvare:
  - Endnote X7. Brukes ved referering og refereringslisting.

#### ❖ Krita 2.9.11

- Bilderedigeringsprogram.
- De fleste bilder, illustrasjoner og figurer brukt i rapporten har blitt redigert i ulik grad for å visuelt skape et bedre inntrykk.

### 3.5 Skisse- og illustrasjonsteknikker

Denne rapporten inneholder en rekke figurer som er tegnet for hånd. Derfor er det sett på som naturlig å forklare metode brukt for håndtegninger og tilknyttet informasjon.

For inspirasjon og faglig støtte har det blitt brukt to bøker for å lære mer om tegning og design:

***How to Draw: Drawing and sketching objects and environments from your imagination [9].***

***How to Render: The fundamentals of light, shadow and reflectivity [8].***

Gjennom perioden, og tidligere erfaringer, har det blitt brukt verktøy som godt egner seg for å skape tydelige produkttegninger og mer kunstneriske konsepttegninger, på en tidseffektiv måte.

Generell informasjon er hentete fra mange deler av en dags løp, og når man fordyper seg i en designoppgave vil man bli årvåken på objekter og produkter i nærområdet og internett. Det er mye inspirasjon som tas inn daglig, og det vil bli vanskelig å spesifikt peke på hva som er brukt i designutvikling, men det er viktig å påpeke at trender følges ikke bare i biler men i de fleste produkter som selges og utvikles. Det har derfor blitt et sentralt punkt i utviklingen å bruke øynene å se litt nærmere på ting i nærområdet, og spesifikt se hvordan de er designet samt hvordan effekter påvirker hverandre.



Figur 3.4 1) Viskelær, 2) tegnestifter, 3) blyantspisser, 4) Blyant for tidlig skissering, 5) holder for å bruke penn til 6) passer, 7) uniChalk marker white 8) Windsor & Newton Promarker bredt fargespekter, 9) Pilot V7 Hi-tecpoint 0,7 sort, 10) Stabilo Pen 68 sort, 11) Stabilo M Write-4-all sort, 12) Penol 700 Fine line sort, 13) Penol 750 Medium line sort, 14) Linjal for blyant og penn, 15) linjal for tusj. [42-44, 46, 59]

Verktøyet i Figur 3.4 er brukt på følgende måte:

- ❖ 1-3) Viskelær og blyantspisser. Tegnestifter er hyppig brukt for å henge tegninger rundt kontors pult for å ha de siste tegningene nærme til enhver tid.
- ❖ 4) det er brukt en myk blyant for skissering. Hovedsakelig 4H eller mykere. Disse skaper skisser som enkelt kan viskes ut om dette er ønsket.
- ❖ 5-6) Det er hyppig brukt passer for å tegne sirkler eller konstruere lengdeforhold om tegningene skal være nøyaktigere. Holderen brukes for å feste penn eller tusj.
- ❖ 7) En tusj som gir et tjukt lag med hvitt blekk, for highlights i tegninger.
- ❖ 8) Det er brukt Promarkers fra Windsor & Newton [43] som til farge, skygge og blanding, disse fungerer meget godt men kan være kostbare. Copics Classic Markers [47] er også å anbefale, og i tillegg kan disse fylles på med blekk i etterkant.
- ❖ 9-13) Fem forskjellige størrelser av svart penn/tusj. For forskjellige nivåer av detaljer og størrelse på tegninger, er det nødvendig å ha et vidt spekter med sort for linjer.
- ❖ 14-15) Tusj legger seg ofte på linjalen, og kan sverte, så det er brukt to ulike linjal; en til tusj, en til alt annet.

### 3.6 Kvalitetssikring

For metodene som er utvalgt for denne oppgaven er det hovedsakelig basert på anerkjente metoder, spesifikt IPD, SCAMPER og Pughs metode.

For kilder er det lagt vekt på å bruke skriftlige kilder fremfor internettkilder. Det er prøvd å bruke anerkjente utgivere fremfor mindre kjente om dette er mulig og nyttig. Om det er brukt nettsider er det vært fokus på å bruke anerkjente nettsider, som ved thrusterdimensjonering.

For SCAMPER er det brukt en enkel bok, da denne føltes å forklare metoden på en god måte.

### 3.7 Prosesskart



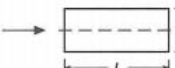
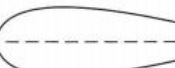


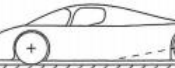


Figur 3.5 prosesskart

## 4 Teori og teknologibeskrivelse

Det er en stor mengde teori og teknologi som er relevant for denne oppgaven. Det er valgt ut teori som har en større betydning på formvalg ved tidlig konseptutvikling. Teorien har fra tidlig fase påvirket utviklingen av funksjoner og design.

### 4.1 Form og luftmotstand

			$C_L$	$C_D$
1	Circular plate		0	1.17
2	Circular cylinder $L/D < 1$		0	1.15
3	Circular cylinder $L/D > 2$		0	0.82
4	Low drag body of revolution		0	0.04
5	Low drag vehicle near the ground		0.18	0.15
6	Generic automobile		0.32	0.43
7	Prototype race car		-3.00	0.75

Figur 4.1 Korrelasjon mellom form og C-verdier[20]

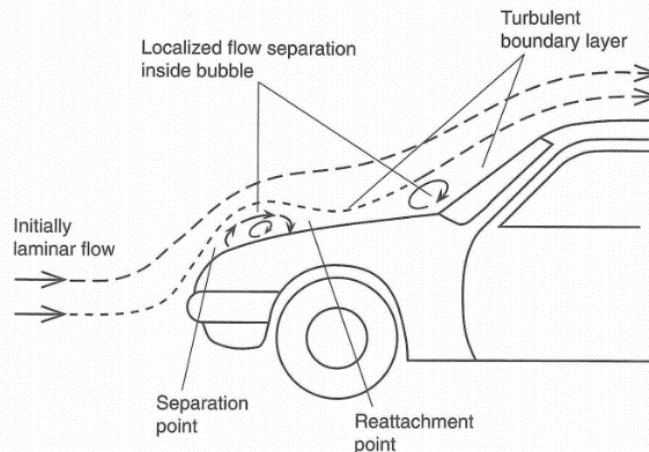
Formen på kjøretøyet vil i stor grad påvirke den resulterende kraften som skapes av luftmotstand.  $C_d$ -verdien forteller hvor egnet formen er for å bevege seg i luft eller andre gasser og fluider, og er en verdi som vil fortelle hvor stor kraft som resulterer ved ulike hastigheter, frontarealer og fluider.

Den best egnede formen er en dråpeform som vil bryte luften og skaper fordelaktige luftstrømmer.

#### Separated og attached flow

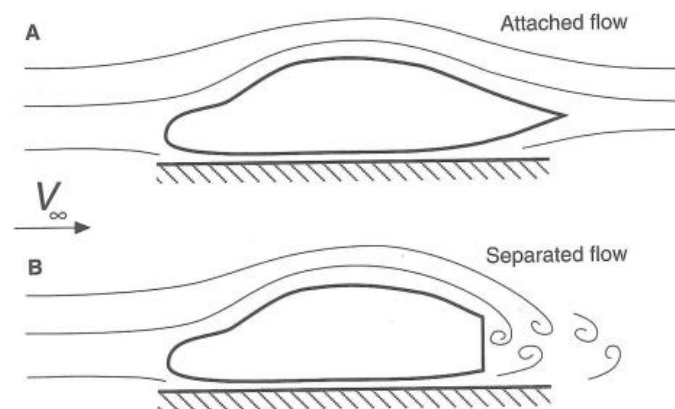
Ved raske overganger vil det skapes separasjons bobler. Race car aerodynamics [20] nevner tre årsaker til hvorfor dette er viktig, to som anses som relevant for masteren:

1. Den laminære boblen er sensitiv og kan separeres fullstendig, som fører til en markant økning av drag koeffisienten.
2. Reynoldstallet for boblen har et lavt Reynoldstall ( $10^4 - 0,2 * 10^6$ ) og kan forsvinne ved høyere hastigheter. Dette medfører avvik i flow simuleringer og aerodynamiske data når man sammenligninger er gjort over et bredt spekter av hastigheter. Det blir enda mer relevant ved små-skala forsøk frem mot en full-skala modell.



Figur 4.2 Lokale seperasjonsbobler [20]

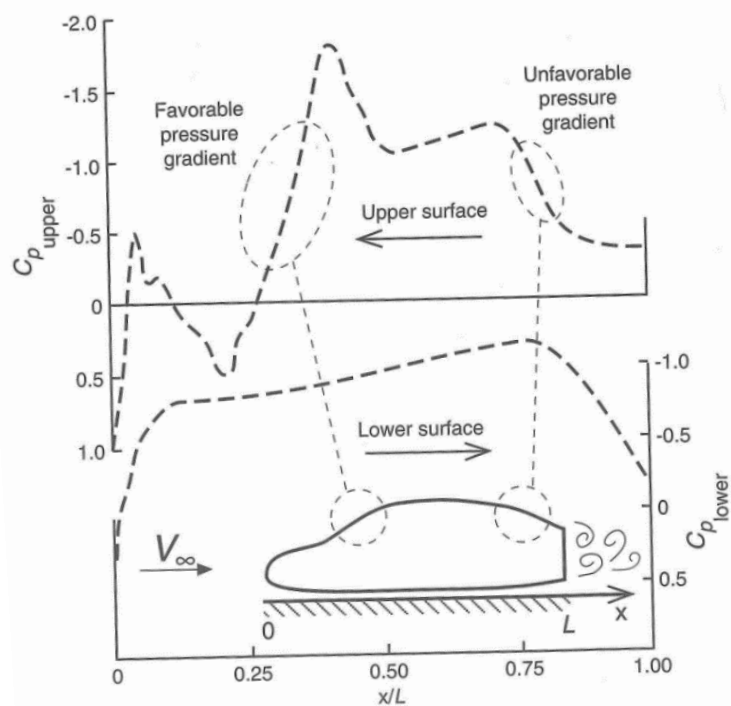
Generelt resultat av avkuttet, og tapered, avslutning på bakenden på en bil. I bil B i Figur 4.3 ser vi turbulent luftstrøm og resulterer i en høyere dragkoeffisient. Ved bruk av f.eks diffusorer vil dette resultatet minske. Optimalt design for en bil vil ha en attached flow på bak fartøyet da dette påvirker drag koeffisienten minst.



Figur 4.3 Separert flow på bakgrunn av bilens bakre form [20]

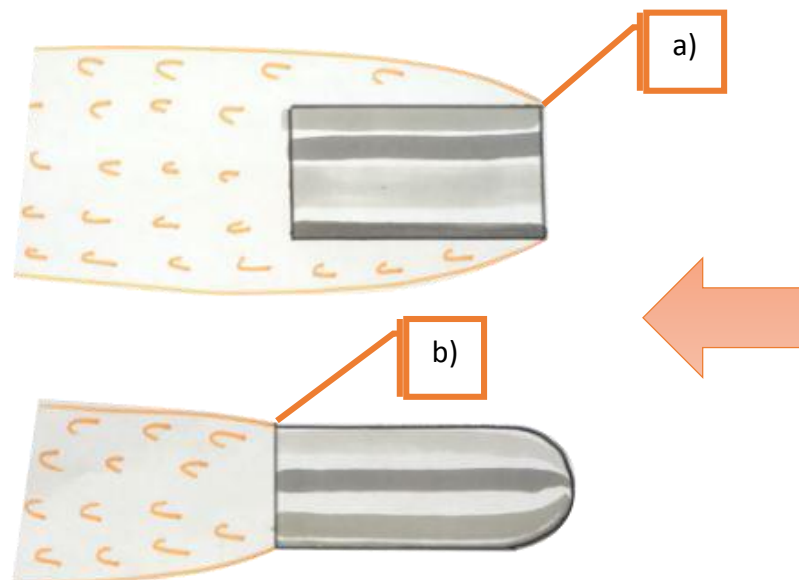
Årsaken til at drag koeffisienten påvirkes, kan ses ved Figur 4.4. Over- og undersiden av bilen starter på  $C_p = 1$ , som betyr at hastigheten i fronten av bilen (hvor den er butt) er 0, se formel #. Formen skaper hastighetsøkning over frontvindu og hastigheten vil synke på baksiden hvor hvor vinduet går nedover. Både på undersiden og oversiden går  $C_p \neq 1$ , på grunn av avkuttet bakside. Dette betyr et overtrykk skaper turbulens, siden  $C_p \neq 1$ , og denne flow seperasjonen skaper en kraft som holder igjen bilen. Denne kraften vil øke  $C_d$ , eller drag koeffisienten, for bilen. Ved å ha en dråpeform som ikke avkuttet, som form nummer 4 i Figur 4.1, vil denne resulterende trykket være lav.





Figur 4.4 Illustrasjon som viser trykkomfang på en generell bilform [20]

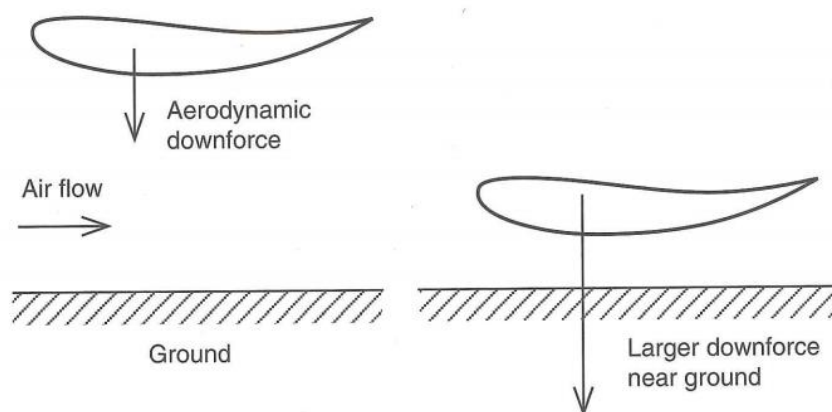
Seperasjonspunktet påvirkes i tillegg av både formen av front og langs siden. Figur 4.5 illustrerer effekten ved avrundet og rett front.



Figur 4.5 Begge formene er sylindriske, a) seperasjonspunkt starter allerede i front, forventet  $C_d$ -verdi er 0,75. b) Seperasjonspunktet er nå mye lengre bak som egner seg for med tanke på aerodynamikken til formen, forventet  $C_d$ -verdi er 0,45 [18].

## Downforce i forhold til avstand fra bakken

Downforce, eller lift, vil være ulik i forhold til anstand fra bakken til overflaten på vingen. Dette på grunn av ground effect. Denne effekten fungerer likt for inverterte vinger. Dette utnyttes for eksempel gjennom diffusorer i biler, som ligger under chassis og skaper ekstra trykk på hjulene på bilen.



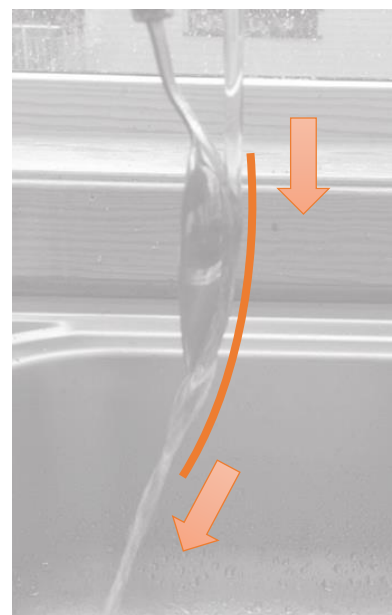
Figur 4.6 Bakkens effekt på downforce [20]

## Coandă effekten

Coandă effekten er at en fluid vil følge et nærliggende objekt, selv når gravitasjonskreftene trekker det i en annen retning. Et godt eksempel er om du legger en skje inntil en vannstråle, vil vannstrålen bevege seg med skjeen, og trekkes vekk fra den vanlige strømrretningen.

Coandă effekten har flere praktiske egenskaper, blant annet i bildesign, hvor det kan ledes luftstrømmer i spesifikke retninger uten store tap i motstand.

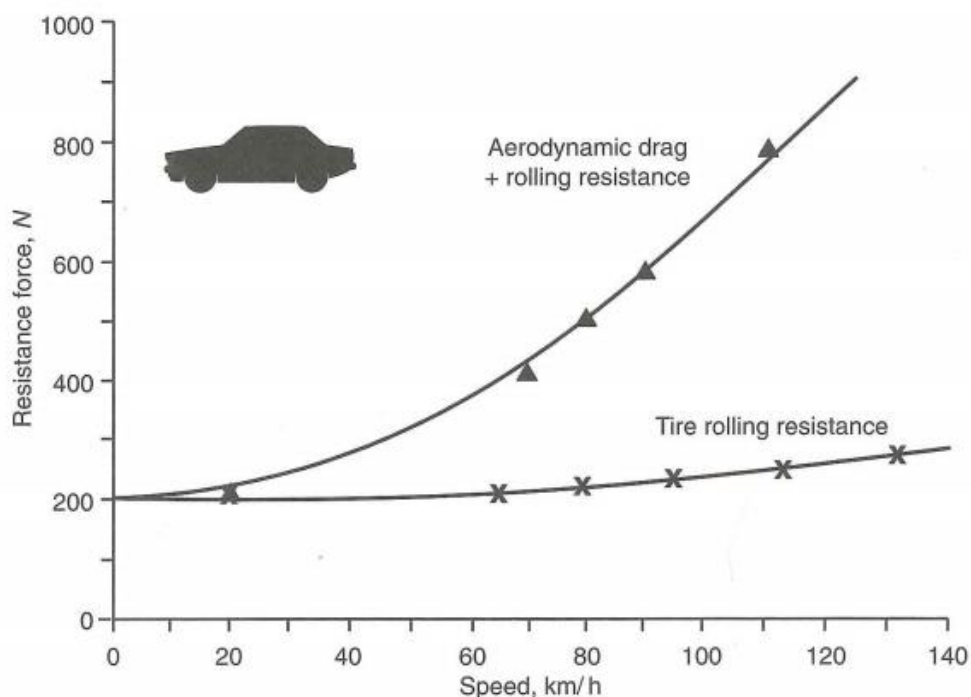
Ved å kunne lede luft på denne måten er også bakgrunnen for formen til en vinge. Oversiden av vingen vil lede luftstrømmen over, og langs med formen på vingen og dermed skape lift.



Figur 4.7 Egenprodusert visualisering av Coandă effekten

## Drag og hjulenes friksjonsmotstand

Trykkforskjellen kan være skape fordelaktige plasseringer for eksempel for å plassere eksosuttak, (nevnt som favorable og unfavorable i grafen). Det vil være en friksjonskraft i hjulene som skaper en motstand. Motstanden vil derimot være forholdsvis konstant, mens de aerodynamiske egenskapene vil øke markant ved ulike hastigheter.

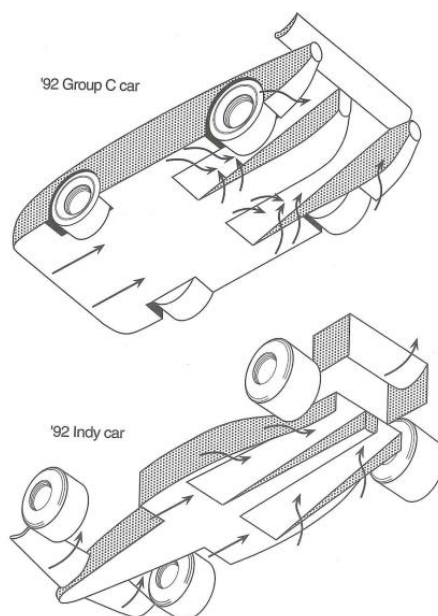


Figur 4.8 Generelt forhold mellom hjulets friksjonsmotstand og luftmotstand [20]

## Diffusor

En diffusor er en kanalgang på undersiden av bilen. Denne kanalgangen skaper en luftstrøm som vil skape trykk mot bakken som resulterer i en trykkøkning på hjulene, også kjent som downforce, og bedre kjøreegenskaper. Det er også viktig å påpeke at dette vil øke formens  $C_d$  verdi, så dimensjonering etter behov er viktig.

Figur 4.9 viser typisk plassering av diffusorer i sportslige biler.

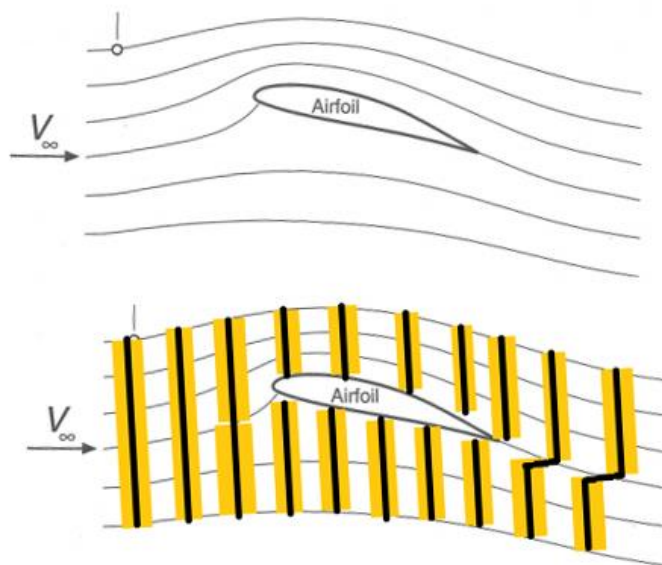


Figur 4.9 Plassering, og enkle linjer som viser luftstrømmer, av diffusorer på sportsbiler [20]

## Grunnlag for oppdrift

Figur # viser en generell visualisasjon av strømlinjene over en vinge. En raskere hastighet på oversiden av vingen skaper en forskyvning av luften på oversiden i forhold til undersiden. Dette er visualisert i figur #. Dette er resultatet av Bernoullis ligning.

Denne forskyvningen av luften skaper trykkforskjellen som tilfører trykk på undersiden av vingen og skaper lift. Dette er en av to måter for å forklare hvorfor en vinge skaper oppdrift.



Figur 4.10 a) luftstrømslinjer for å illustrere hvordan luften beveger seg over en vinge [19]. b) Modifisert for å vise hvordan luftstrømmer skilles.

## Newtons tredje bevegelses lov

Bernoullis ligning forklarer ikke hvorfor et fly fortsatt fungerer opp ned. Dette forklares derimot med Newtons tredje lov, som sier at alle krefter har en motsatt og like stor kraft.

$$F_{ab} = -F_{ba} \quad 5)$$

Vinkelen på vingen forandrer retningen på luftstrømmen, og ved å endre retning til luften nedover, dytter den seg selv opp.

Vingens vinkel bestemmer dermed retningen på kraften, og en stor vinkel vil skape en stor kraft som senker hastigheten til flyet.

Diagrammet under viser vinkelen på en vinge, og den resulterende  $C_l$  verdi.

## Bernoullis ligning

$$p + \gamma z + \frac{1}{2} \rho V^2 = \text{konstant}$$

Bernoullis ligning har fem antagelser [18].

1. at friksjon er neglisjerbart
2. at flow er konstant
3. at ligningen gjelder langs en strømlinje
4. at fluiden er inkompressibel
5. at ingen energi er lagt til eller tatt ut fra fluiden langs strømlinjen

Da trykkforskjellen basert på høydeforskjellen over en vingee er minimal, vil  $\gamma z$  anses som neglisjerbart i utviklingen av Dolphin Sky.

$$p + \frac{1}{2}\rho V^2 = \text{konstant} \quad 7)$$

Det er to faktorer som vil endre seg over en vingee,  $V$  og  $p$ , hvor om en øker, vil den andre synke. Over en vingee vil farten øke på oversiden av vingen som vil senke trykket. Trykkforskjellen må dermed skape et løft i vingen.

Praktisk betyr dette at å få en høyere hastighet over en vingee gir høyere trykkforskjell som resulterer i høyere lift.

## 4.2 Koeffisienter

### Drag koeffisient:

Drag koeffisienten beskriver bilens forhold mellom arealet og kraften som oppstår ved luftens påvirkning på gjenstanden, i en gitt hastighet [20].

$$C_d = \frac{D}{\frac{1}{2}\rho V_\infty^2 A} \quad 1)$$

Fra drag koeffisienten får vi at kraften,  $L$ , bestemmes av følgende formel [20]:

$$D = C_d \frac{1}{2}\rho V_\infty^2 A \quad 2)$$

### Lift koeffisient:

Lift koeffisienten beskriver en flys egenskap til å skape lift, kraften som vil presse opp eller ned på flyet, i forhold til arealet av vingene,  $S$ , ved en gitt hastighet og kraft [23].

$$C_l = \frac{L}{\frac{1}{2}\rho V_\infty^2 S} \quad 3)$$

Fra lift koeffisienten får vi at kraften,  $L$ , bestemmes av følgende formel [23]:

$$L = C_l \frac{1}{2}\rho V_\infty^2 S \quad 4)$$

### Thruster dimensjonering

For å dimensjonere thrusterer vil det bli gjort en stor forenkling. Utgangspunktet er en formel for å måle thrusterkraft i propeller [50], og tilegne denne for å sammenligne to ulike thrusterer.

$$T_h = k_T * \rho * n^2 * D^4 \quad 7)$$

Årsaken til denne forenklingen er på grunn av kompleksiteten i designet, og denne formelen vil skape et svar som både enkelt kan utregnes og i tillegg vil eventuelle ulikheter være sammenlignbare for begge thrusterene. Da designet er et tidlig konsept, og at konseptet det

blir sammenlignet med erlignende, vil ikke små avvik skape store forandringer eller problemer i designet.

### 4.3 Tabeller for konstanter og relevante variasjonsbredder

Det er en rekke relevante verdier for oppgaven, her oppramset i tabellene under.

Tabell 4-1, lufttetthet og viskositet ved romtemperatur, vann brukt som sammenligning [20]

fluid	$\rho$	$\mu$
Luft	1.22	$1.8 \cdot 10^{-5}$
Vann	1000	$1.0 \cdot 10^{-3}$

Tabell 4-2, typiske  $C_p$  verdier ved ulike hastigheter [20]

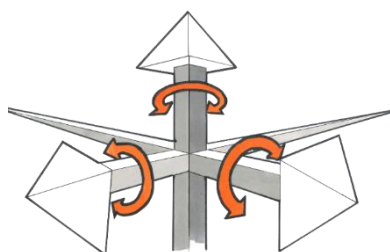
Lokasjon	Hastighet	$C_p$
Stagnasjonspunkt	0	1.0
På fartøy	$V < V_\infty$	0 – 1.0
På fartøy	$V > V_\infty$	Negativ

Tabell 4-3 Typiske variasjonsomgang på ulike aerodynamiske effekter på veien, drag [20]

Faktor	$\Delta C_d$
Skin friction	0.04 – 0.05
Cooling friction	0.00 – 0.06
Internal flow, ventilation	0.00 – 0.05
Form drag	0.00 – 0.45
Lift-induced drag	0.00 – 0.60

Tabell 4-4 Typisk variasjonsomfang på ulike aerodynamiske effekter på veien, lift [20]

Lokasjon	$\Delta C_l$
Vehicle body	0.35 – (-0.10)
Wings	0.00 – (-2.00)
Wing/body interaction	0.00 – (-2.00)



Figur 4.11 Egenprodusert illustrasjon av de 6 frihetsgradene.

### Frihetsgrader

Det er seks frihetsgrader i et objekt, tre frihetsgrader beskriver bevegelse, og tre frihetsgrader beskriver rotasjon. Det er delt opp i X-, Y- og Z retninger, og  $\theta_x$ ,  $\theta_y$  og  $\theta_z$ .  $\theta_x$  er rotasjon om X-retninger,  $\theta_y$  om Y-retning og  $\theta_z$  om Z-retningen.

## 5 Konseptspesifisering

Dette kapittelet spesifiserer krav og målsettinger som er knyttet til prosjektet. Kravene og målsettinger er satt basert på tidligere Dolphin arbeid, ønsket resultat og generelle behov.

### 5.1 Konseptmålsetting og krav

#### Produktmålsettinger

- ❖ *Et design som er stabil i både luften og på bakken*
- ❖ *Ta mindre, eller tilsvarende, plass i trafikken som en normal person bil.*
- ❖ *Fremtidsrettet designet*
- ❖ *Lav kompleksitet*

#### Krav som er satt for oppgave

Det er konseptspesifikasjoner som er definert tidlig for bruken og funksjonene til Dolphin Sky, og er det definert slik:

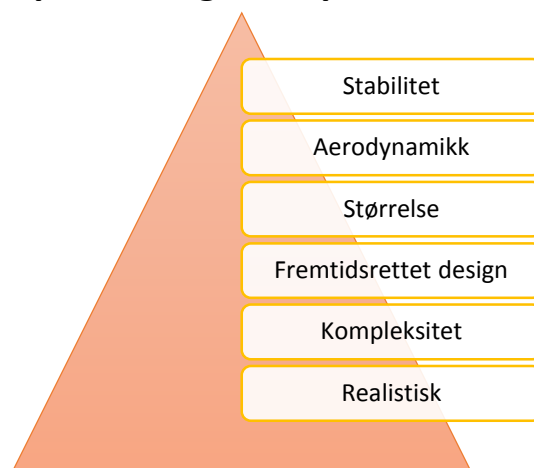
- ❖ *Fartøyet skal ha tre hjul, som en videreutvikling av Dolphin-familien; Duo og Family.*
- ❖ *Bilen skal ha fokus på fremkommelighet fremfor hastighet. Dolphin Sky skal utvikles for å kjøre i en hastighet opp til 100 km/t på både veien og 60-100 km/t i luften.*
- ❖ *Om en av motorene slutter å fungere, skal Dolphin Sky fortsatt fungere og kunne lande ved nærmeste mulighet.*
- ❖ *Optimal kjørehøyde skal være ca. 10 meter*
- ❖ *Fartøyet skal være en bil som kan fly, kjøreegenskapene er primært og fly egenskapene skal være definert som en sekundær handling. Forholdstall defineres ca. 80/20.*
- ❖ *Fartøyet skal utnytte hybridturbin teknologi for oppladning av batterier, og elektriske motorer for både hjulkraft og thrusterkraft.*
- ❖ *Fartøyet skal ikke være stor i trafikken, så for veikjøring skal ikke bilen være større enn en normal bil, og optimalt mindre.*

Det er mange ulike flyvende bil konsepter, og mange har angrepet utfordring på ulike måter med ulike bruksområder. Det kan være variasjon på driftshøyde, kjøre- og flyve egenskaper, kompleksitet og komfort, eller andre spesifikasjoner som svarer til et spesifikt bruksområde.

Bruksområdet til Dolphin Sky skal være at flyving skal være en sekundær handling, og veitrafikk skal være den primære virksomheten. Flyving skal være et verktøy for å komme seg enklere fra A til B om det er behov, ved for eksempel kø, veiarbeid eller generelt dårlig fremkommelighet. Driftshøyde og -lengde skal være tilstrekkelig for å gjøre hverdagen enklere. Dette betyr at Dolphin Sky hverken skal fly høyt eller lenge. En driftshøyde på 10 meter er tilstrekkelig, og en målsetting om å kunne fly om lag en time.

Bilen som et fartøy skal være et leketøy på lik linje som en motorsykkel. Det er ikke et primært fremkomstmiddel, men heller en bil nummer to.

## 5.2 Rangering av produktegenskaper

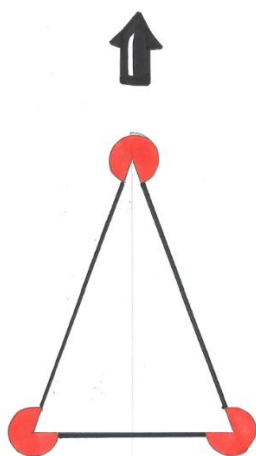


Alle produktegenskapene, stabilitet, lift og størrelse, er sentrale for å oppnå målsettingene til produktet.

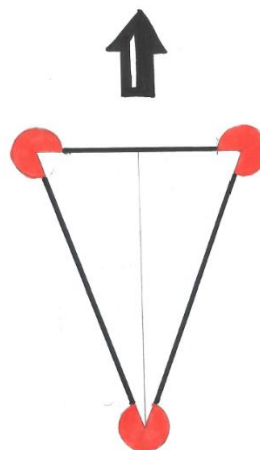
### 5.2.1 Stabilitet

En flyvende bil med tre hjul møter ulike utfordringer med tanke på stabilitet. Disse inkluderer både kjøreegenskaper og flyve egenskaper.

#### Stabilitet på veien



Figur 5.1 Delta konfigurasjon, egenprodusert

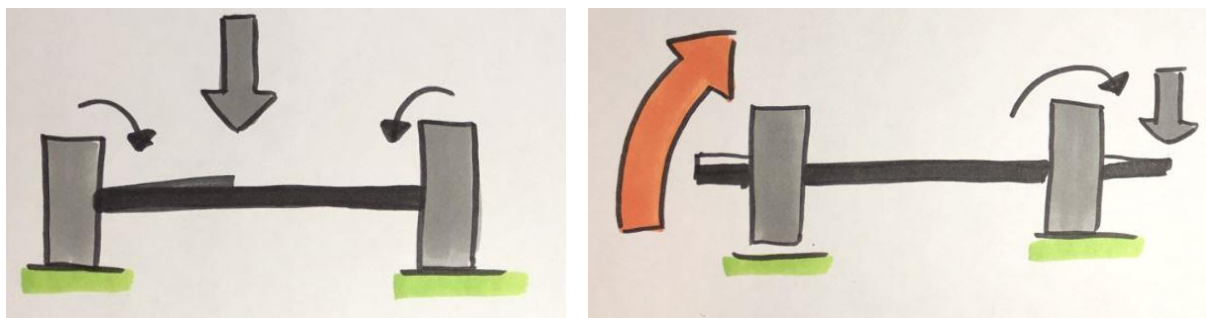


Figur 5.2 Tadpole konfigurasjon, egenprodusert

For at en bil med tre hjul skal være stabil når den kjører på veien er det viktig at vekten ikke vil tippe bilen over. Dette sikres på to ulike måter, at vekten er innenfor trekanten som defineres av hjulene, og at vekten er lavt plassert.

Ved at vekten er innenfor hjulene sikrer at det ikke vil bli et moment som henger over hjulene, et moment som vil øke drastisk når bilen svinger.



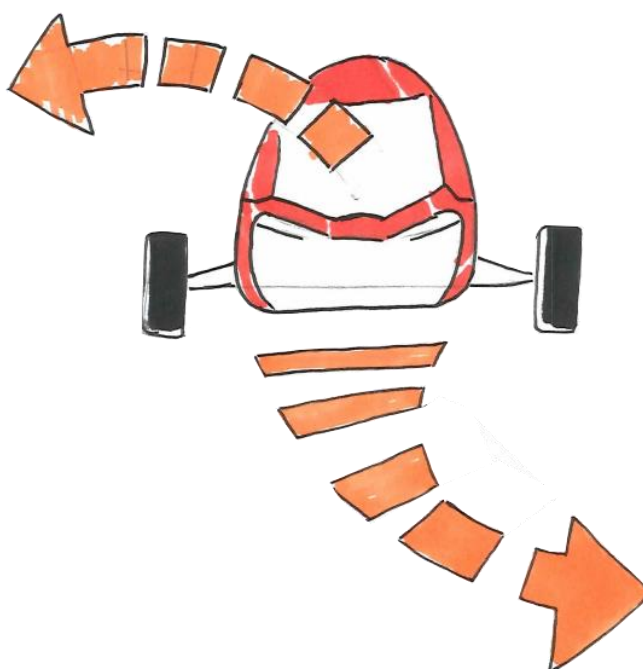


Figur 5.3 Venstre) vekten er plassert mellom hjulene. Høyre) Vekten er plassert på utsiden, og momentet vil føre til at vekt vil senke trykket på motstående hjul.

Vektens plassering i høyden vil også skape et moment når bilen svinger, om aksel mellom to hjul som er i ytterkant av svingen. Ved å holde vekten lavt, innenfor hjulenes trekant og en bred aksel, vil best mulig stabilitet sikres.

Det er to hovedformer som definerer en bil med tre hjul, Delta og Tadpole. Delta har singelhjulet i forkant, og delta har singelhjulet i bakkant. Det vil ikke bli gjort en tidlig utvelgelse av formasjon, da konsepter har ulik tilnærming til en flyvende bil løsning, og konseptene bruker ulik konfigurasjon. Den mest egnede totaløsningen vil jobbes videre med, ikke basert på ønsket formasjon. I figur 2-1 og 2-2 er hjulene definert med en rød sirkel.

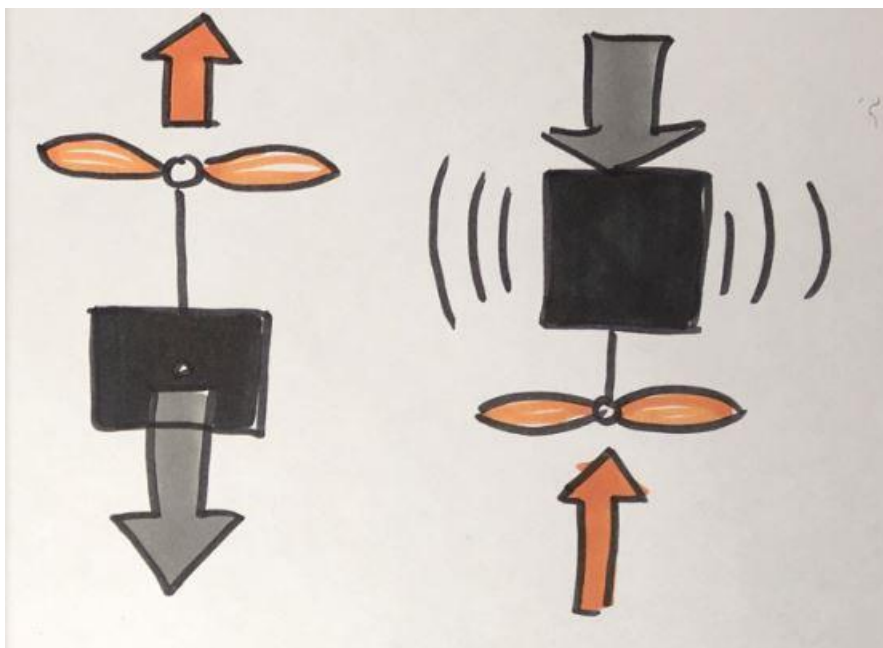
Formen på bilen er også med på å stabilisere, ved å ha kontroll over tyngdepunktets plassering og downforce, kan det sikres god friksjon mellom hjulene og veien. Ved å ha god fiksjon mellom dekk og veibane, vil bilen ha god kontroll rundt svinger og motvirker tipping. Eksempler på dette er sportsbiler som anvender seg av diffusorer, som skaper undertrykk under bilen og dermed suger fast bilen på veibanen.



Figur 5.4 Pilen til venstre viser hvor vekten til bilen vil gå, og pilen til høyre viser kjøreretning til bilen. Pilen til venstre er definert av to punkter, tyngdepunktet og aksel mellom bakhjul og venstre framhjul.

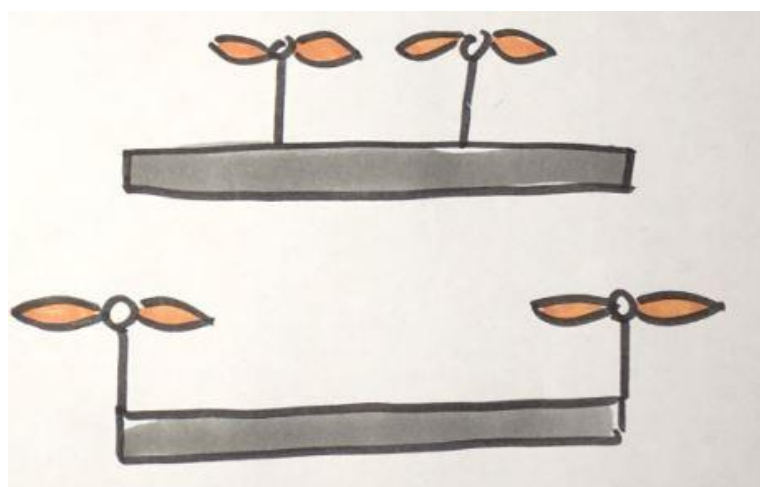
## Stabilitet i luften

Når bilen flyr er vekten fortsatt best å ha lavt. Om tyngdepunktet på fartøyet ligger under thrusterenes angrepslinje, vil vekten henge på rotoren. Dette betyr at vekten ikke skaper rotasjon som må balanseres.



Figur 5.5 Venstre) rotor er over vekten, og vil "dra" vekten opp. Høyre) Vekten er plassert på toppen, og rotoren vil dytte vekten opp, medfører at kreftene går i mot hverandre og skaper problemer.

På samme måte som med vekten innenfor hjulene, vil vekten innenfor rotorene være med å stabilisere. Det er også viktig rotorene har en tilstrekkelig bredde og lengde mellom seg. Om rotorene har for smalt mellomrom, vil rotorene ha problem med å stabilisere opp mot for eksempel vind og vær, og flyet kan rotere om sin akse og miste kontroll.



Figur 5.6 Over) smalt mellomrom mellom thrusterne vil senke muligheten for motkraft ved begjær. Under) bred plassering øker muligheten for å stabilisere

Ved flygning i vannrett retning vil formen på bilen påvirkes på to spesifikke måter. Det er en mengde lift som skapes, og med tilstrekkelig mengde lift vil det ikke være behov for thrusterne for å bli værende i luften. Dette vil være et mål som vil være nødvendig, for å sikre miljøvennlig og rimelig ferdsel i luften.

Den andre faktoren som påvirker er drag effekten som blir skapt av formen på bilen. En bil med mye drag vil sterkere bli påvirket av vind, både forfra og fra siden. Om denne verdien er lav, vil også kreftene som skapes ved flyving bli lavere. Disse kreftene vil derfor bli lettere å motvirke om  $C_d$  og  $C_y$  er lave.

### 5.2.2 Aerodynamikk

Om fartøyet skaper lift tilstrekkelig for at fartøyet kan holde høyden uten hjelp fra thrusterne, vil thrusterne bruke alle kreftene til å skape fremdrift. Om thrusterne i tillegg må skape lift, vil kreftene til fremdrift synke og effektiviteten senkes deretter.

Dolphin Sky må i tillegg ikke skape lift når den fungerer som en bil. Om det er for mye lift når bilen kjører i normal hastighet, vil kjøreegenskapene svekkes drastisk, på grunn av kraften på hjulene forsvinner, og i værste fall, vil bilen lette. Dette skaper utfordringer ved utviklingen.

Det er i tillegg vektlagt at designet skal ha en form som er egnet for miljøet. Dette innebærer at aerodynamikken vil påvirke forbruket, og et lavt forbruk vil være mer miljøvennlig, dermed er en aerodynamisk bil med lav  $C_d$  og front-areal være gunstig.

### 5.2.3 Størrelse

Utfordringen ved en flyvende bil er størrelsen. Om en flyvende bil skal fungere i daglig bruk, må størrelsen ikke skape problemer i trafikken. Etablerte løsninger som veistørrelse, parkeringsplasser og svingradius, skal ikke være nødvendig å endre for å implementere konseptet i daglig bruk.

### 5.2.4 Være fremtidsrettet designet

I denne oppgaven er designet på bilen vektlagt, og at designet er fremtidsrettet. Designet skal være plassert i en designretning som forventes å være relevant også flere år i fremtiden.

### 5.2.5 Kompleksitet

Det er viktig at løsningen som presenteres har fokus på at kompleksiteten senkes. Komplekse produkter og løsninger er ofte dyre og ineffektive.

### 5.2.6 Realistisk

Prosjektet skal være innenfor visse realistiske forutsetninger. Det kan være at valgt konsept har per dags dato ikke-utviklet løsninger, men det er sentralt at forutsetningen for teknologien er tilgjengelig. Dette betyr at for eksempel løsninger som utnytter «anti-gravitasjonskraft» er urealistisk, og dermed ikke en løsning som burde designes rundt.

Det er også viktig at det valgte designet er realistisk i forhold til grunnleggende ergonomiske forutsetninger.

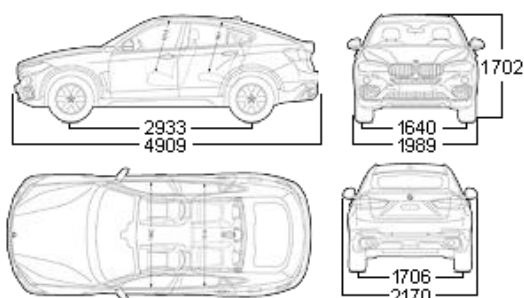
## 5.3 Metriske grensespesifikasjoner

### Størrelse

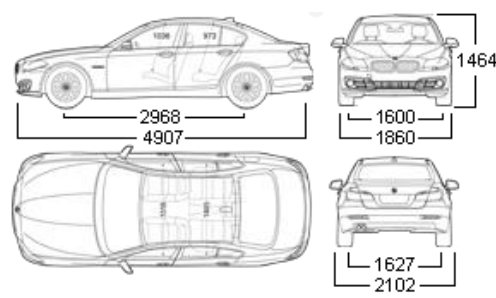
For at fartøyet ikke skal ta stor plass i trafikken, ser vi på dimensjonene til fire ulike biltyper; Sportsbil, sedan, hatchback og SUV. Som referanse velges modeller fra samme leverandør, BMW, for å sammenligne størrelse.

Tabell 5-1 Oversikt over størrelsene til BMW X6, - 5-serie, -1-serien og -Z4.

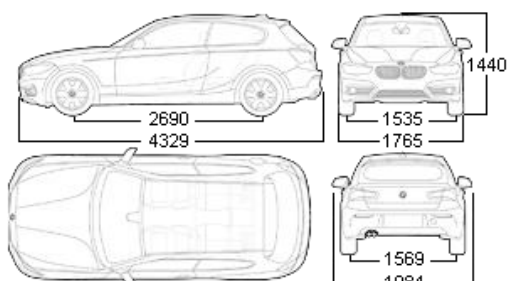
Modell	Lengde	Bredde	Høyde	Hjulavstand
X6	4909mm	2170mm	1702mm	2933mm
5-serie	4907mm	2102mm	1464mm	2968mm
1-serie	4329mm	1962mm	1440mm	2690mm
Z4	4239mm	1951mm	1291mm	2496mm



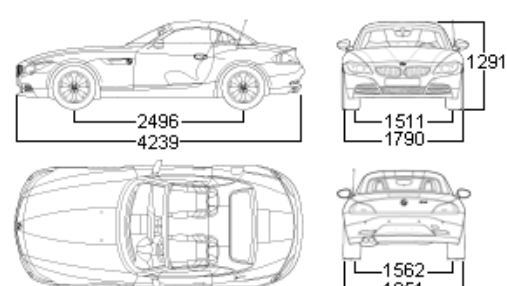
Figur 5.7 BMW X6, SUV [51].



Figur 5.8 BMW 5-serie, sedan [51].

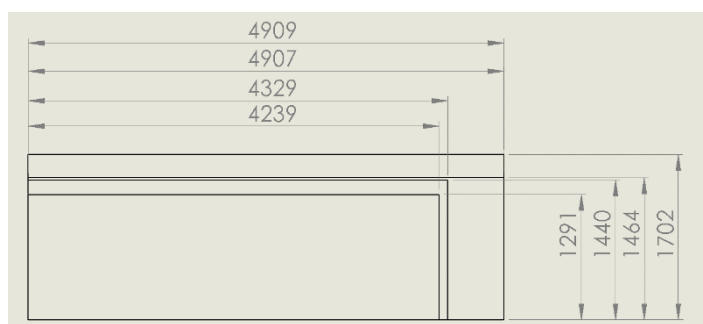


Figur 5.9 BMW 1-serie, hatchback [51].



Figur 5.10 BMW Z4 [51].

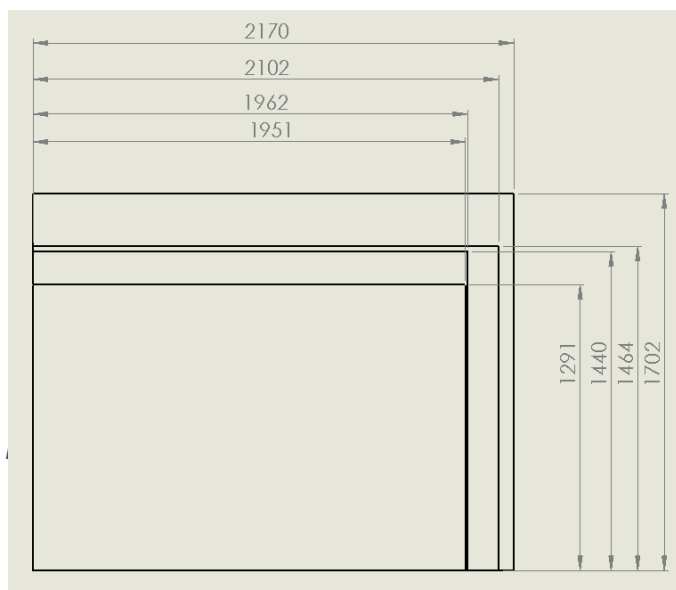
Det er en tydelig variasjonsbredde i lengde mellom X6 og 5-serie til de mindre bilene, 1-serie og Z4. X6 er klart den høyeste modellen av de 4, mens høyden varierer lite mellom 5-serie, 1-serie og Z4.



Figur 5.11 Lengde og høyde visualisert, målsatt i mm

Dolphin Sky vil oppleves som normal i trafikken om målene holder seg innen disse parameterne. BMW X6 kan argumenteres å være stor i trafikken, og det kan være fordelaktig at størrelsen har en god margin i høyde og bredde for disse målene.

Hjulavstanden påvirker svingradiusen, samtidig som at tyngdepunkt og stabilitet krever avstand mellom hjulene. Dette betyr at optimal hjulavstand er utfordrende å utrette, og kan være forandre seg mellom modeller. For eksempel er hjulavstanden større hos 5-serien mot X6, selv om X6 er en større modell i alle retninger.



Hjulavstanden i en bil med tre hjul vil operere noe annerledes, da det er mer sentralt med stabilitet og vektfordeling. Mulighetene for å ha vekt utenfor området mellom hjulene, er hemmet, da tipping er et større problem. Dette betyr at hjulavstanden vil muligens bli større etter behov og for hjulavstanden vil det ikke bli satt en grensespesifikasjon.

Da målet med Dolphin Sky er å fungere normal i trafikken, vil grensespesifikasjonene bli noe nedskalert i forhold til X6, som er i det største laget. Grensespesifikasjonene blir som følger:

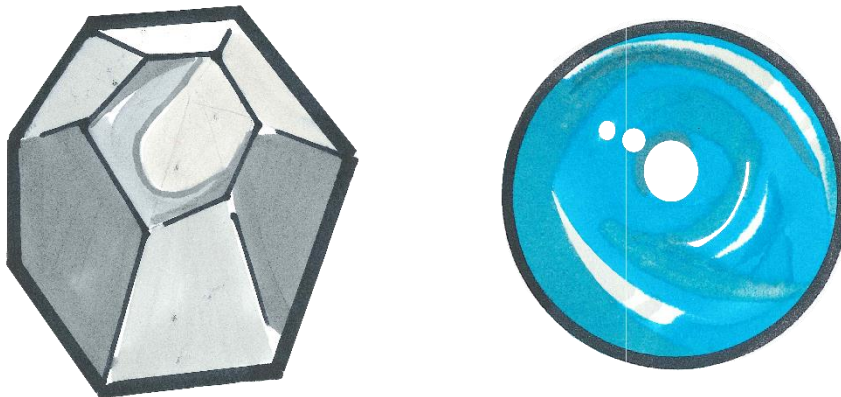
Tabell 5-2 Grensespesifikasjoner knyttet til størrelsen av Dolphin Sky

Høyde	Lengde	Bredde
1550 mm	4900 mm	2100 mm

Vekt burde ligge mellom 800 kg og 1000 kg.

## 6 Formspråk og designtrender

### 6.1 Organisk og uorganisk designform



Figur 6.1 Venstre, en enkel uorganisk form og til høyre en enkel organisk form

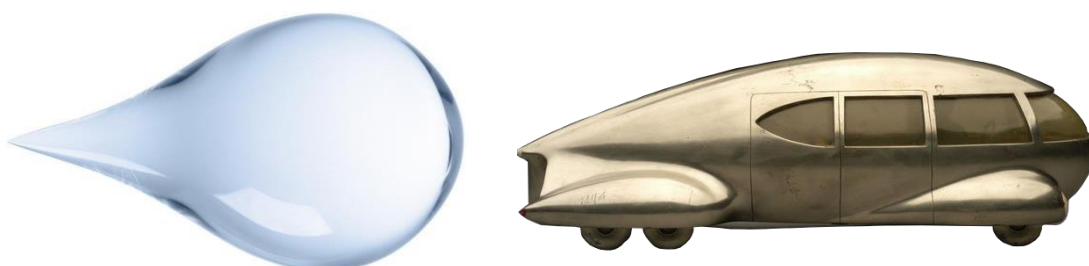
Organisk design er, som det så enkelt beskriver, en designform som er inspirert av alt levende. Med levende inkluderes i tillegg bevegelig. Dette betyr at for eksempel vann, vind.

I arkitektur er en viktig del av organisk design å jobbe med tomten som eksisterer. Gjennom å designe huset rundt tomten og implementere formene og fargene inn i arkitekturen skapes det en harmoni mellom beliggenhet og hus.



Figur 6.2 Organisk arkitektur av Kendrick Bangs Kellogg [30]

Det er også slik at inspirasjonen til et produkt kan designes på bakgrunn av en organisk gjenstand, bevegelse, overflate, materiale, funksjon, livssyklus, oppbygging. Naturen har hatt



Figur 6.3 Til venstre en vanddråpe, til høyre design av Norman Bel Geddes inspirert av en vanddråpe; «Motor Car No. 9 without tail fin» fra 1933. [32, 35]

lang tid til å optimalisere disse egenskapene og det er mye som kan læres av å se mot naturen, kjent som Biomimicry. Et eksempel på dette er en dråpe. Dråpe formen er kjent som en egnet form for å få en gunstig  $C_d$ -verdi.

Der organisk design skiller seg fra Biomimicry er at som en ren designform er organisk design eksklusivt en formgivende beskrivelse. Organisk design gir inntrykk av at et design er inspirert av naturen, uten å beskrive funksjonaliteten. Dette betyr at et organisk designintrykk etterligner alt som er levende, inspirasjonskilden til utseende er nøkkelen, og med dette vil linjer og overflater gi inntrykk av tilfeldighet.



*Figur 6.4 Konseptbilen Mazda Furai fra 2013 bruker en tydelig organisk form som spesielt vises i frontlyktene. Linjene oppleves tilfeldig i en naturlig bølgebevegelse som kan forventes å finne igjen i naturen. Furai er det femte konseptet i Mazda's «Nagare» serie, som betyr «flow» på engelsk. [33, 34]*

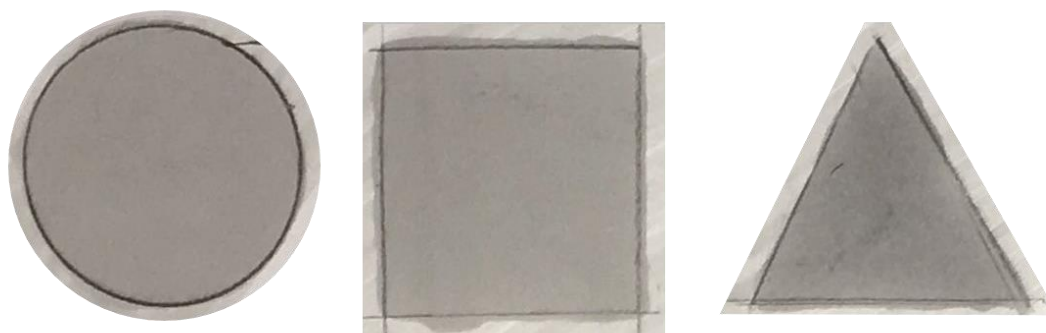
Den enkleste måte å forklare uorganisk design, er alt som ikke er organisk design. Uorganisk design har et inntrykk av kontrast; når naturen føles tilfeldig, føles uorganisk design bestemt og står i kontrast med naturens former.

Uorganisk design har et preg av forutbestemte linjer og overflater. I bildesign er Lamborghini kjent for sine ekstreme bildesign med et tydelig uorganisk preg. De bruker komplekse design, mange overflater og har skapt en tydelig stilart over bilene levert med Lamborghini emblemet.



*Figur 6.5 Volvo 740, bilens design er godt eksempel på uorganisk form [29].*

## 6.2 Grunnformer



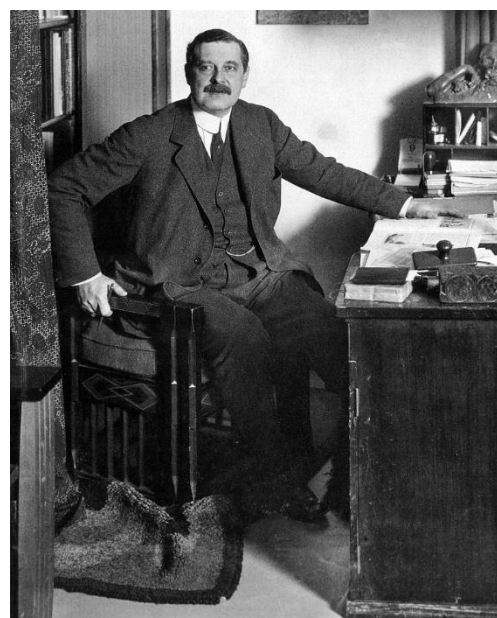
Figur 6.6 Sirkel, firkant og trekant er formene som ligger til grunn for all design

## 6.3 Tidlig utvikling av industridesign

I boken «Industri design»[22] fremhever Per Farstad tre personer han mener har hatt betydningen for utviklingen av industridesign; Peter Behrens, Raymond Loewy og Henry Dreyfuss.

Peter Behrens (1868-1940), utdannet malekunstner sent 1800-tallet, ble senere en sentral figur som arkitekt. Behrens var en aktiv aktør innen nyklassisismen og jugendstilen, og var en markant forløper til funksjonalismen. Fra 1907 jobbet Behrens som kunstnerisk konsulent AEG, og kan sies å være den første personen til å utvikle en bedrifts identitet, gjennom å designe produkter, logo, markedsføring og bygninger i en stilart som knyttes til bedriften.

Ved å være en aktør i alle ledd i bedriften, sto Behrens for helheten i designet, som påvirket hvordan produkter ble utviklet. Å være tro mot materialer, form og funksjon, mente Behrens at det var sentralt at disse egenskapene hadde en sammenheng. Overflate og utseende skulle være tro mot materialet det var utviklet av; formen og funksjonen skulle ha en sammenheng og konstruert for å produseres. Dette er sterke sammenhenger med funksjonalismen, eller som Jan Kåre Bøe skriver om funksjonalismen: «Form følger funksjon (...) var et viktig slagord som kjennetegner denne stilarten» [21]

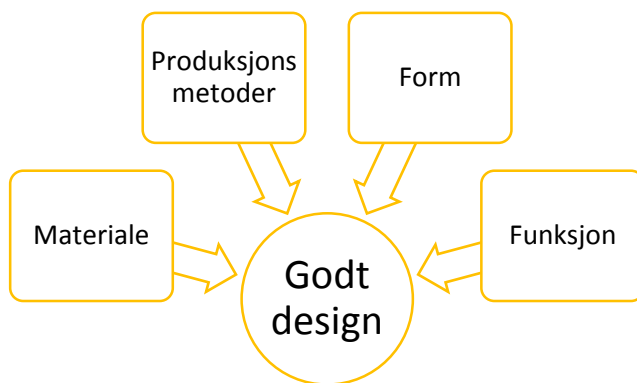


Figur 6.8 Peter Behrens [25]



Figur 6.7 En AEG fabrikk, tegnet av Peter Behrens [28]



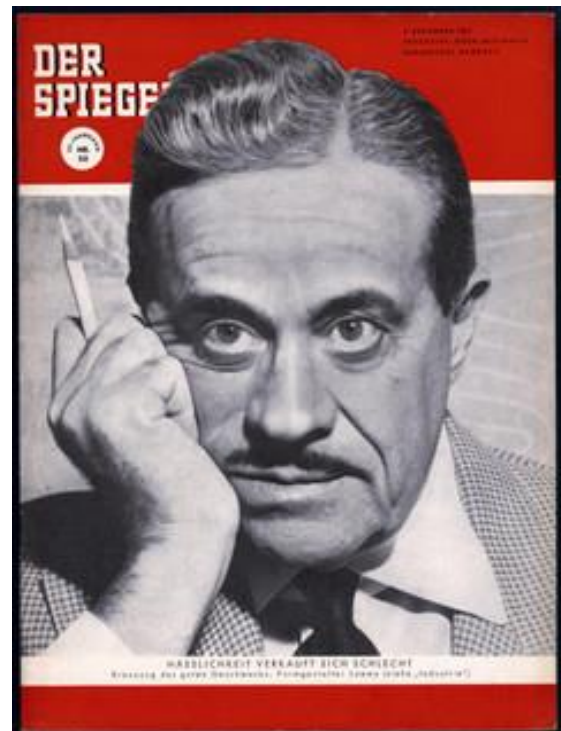


Figur 6.9 Peter Behrens designfilosofi enkelt presentert

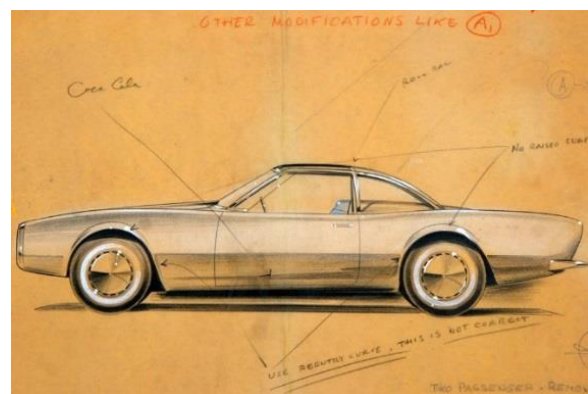
Raymond Loewy (1893-1986) flyttet i 1919 fra Frankrike til USA, hvor han jobbet som designer i motebransjen og senere i transportindustrien. Raymond står frem som den første designeren bak personifiseringen av designeren sammen med sitt produkt. Design ble nå satt som en egen egenskap hos produktet, med reelle verdier og økonomisk gunstig. Raymond Loewy sier det best selv: "Between two products equal in price, function, and quality, the better looking will outsell the other." [22]. Designet og designere skapte nå markedsføringsverdi, på en måte som tidligere bare var å se i motebransjen.

Med Loewys design ideal var enkelt og moderne; «det vakre er å kutte vekk alt det overflødig» [22], designet han en hel rekke produkter. Fra å redesignet Coca cola flasken og emballasje til Lucky Strike til Kennedys privatfly, Apollo og Skylab for romfartsadministrasjonen i USA, Studebaker biler og logo.

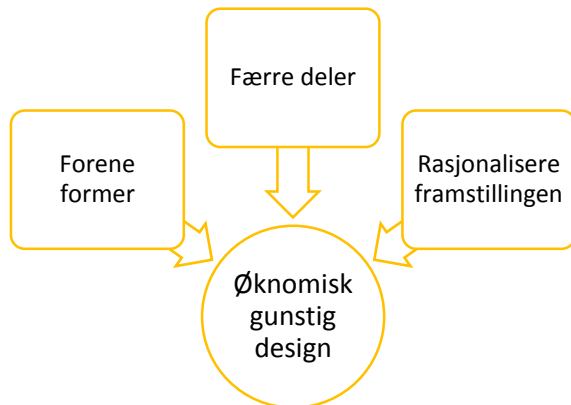
Filosofien til Loewy er «å tilpasse produktet til situasjonen gjennom å forene formene, omforme antall deler, rasjonalisere fremstillingen og dermed gjøre reservedeler og reparasjoner billige, til glede for både produsent og forbruker» [22].



Figur 6.10 Raymond Loewy, her på fremsiden av magasinet "der spiegel" [31]



Figur 6.11 Studebaker Avanti, designet av Raymond Loewy og et lite team av unge designere [37]



Figur 6.12 Illustrasjon av filosofien til Loewy, og hvordan skape økonomisk gunstig design for forbruker og produsent

Henry Dreyfuss (1904-1972) vektla de bruksfunksjonelle sidene ved produktet. «Vi tar i betraktning at gjenstanden som blir utformet skal kjøres i, sittes på, betraktes, snakkes inn i, startes opp, betjenes og på andre måter brukes av mennesker» [22].

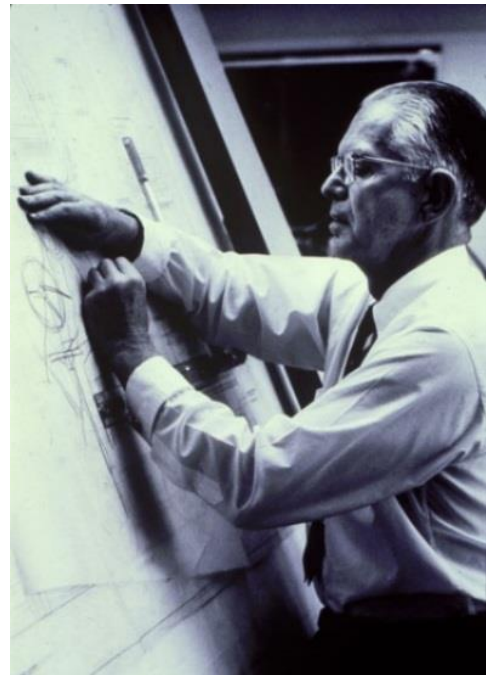
Med dette står Dreyfuss sentralt i begrepet «man and machine» og står bak det vi i dag betegner ergonomi.

Ved å implementere ergonomi i funksjonen og designet, er produktet formet for å fungere med brukerens sanser, og på den måten oppleves som et godt produkt.

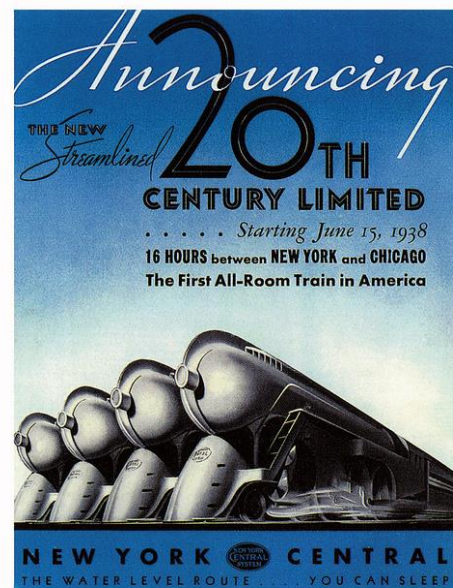
I utvikling av maskiner, fremskaffet han data i samarbeid med operatøren om hva maskinen skulle oppfylle, ved å analysere den i bruk.

Dreyfuss er kjent for å utforme symboler og logiske bilder i stedet for tekst og ord, eller symbolkommunikasjon. Dreyfuss argumenterte at symboler kunne forstås på tvers av kultur og språk, og var en bedre og raskere informasjonsleverer.

Men mest av alt var Dreyfuss en aktiv designer i Streamline-perioden ved å utvikle lokomotiv, landbruksmaskiner samt hverdagsprodukter.



Figur 6.13 Henry Dreyfuss [49].



Figur 6.14 Streamlinere designet av Henry Dreyfuss [27]

## 6.4 Formtrender i bildesign

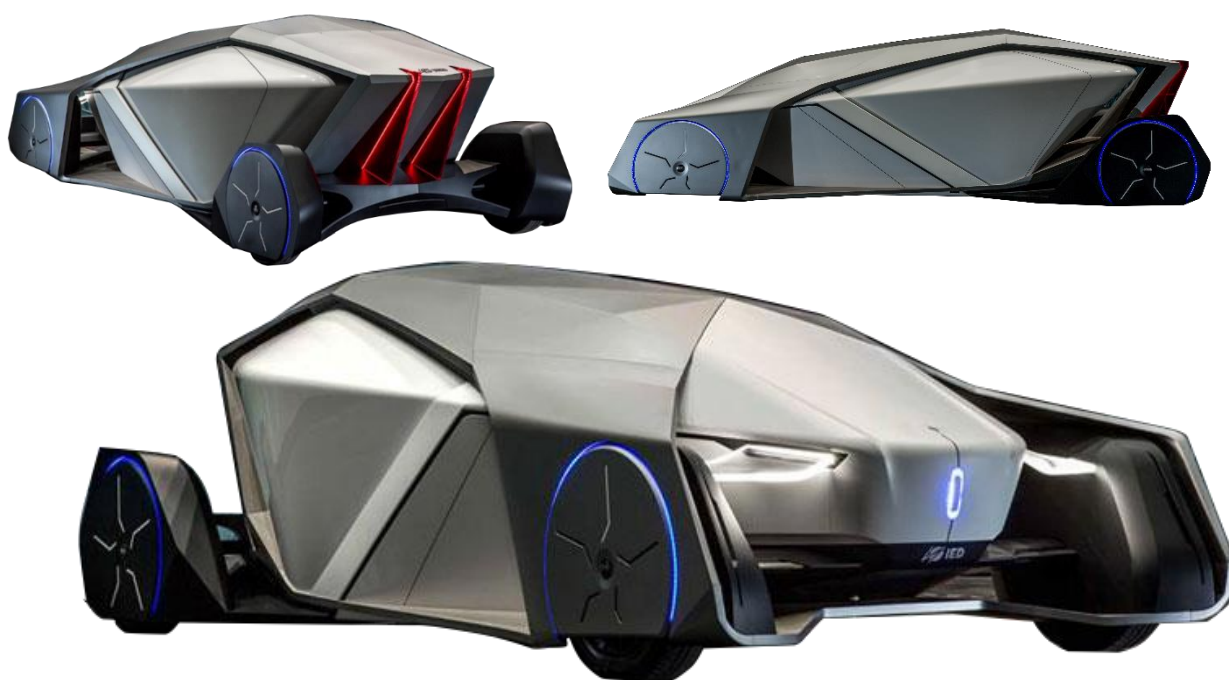
*«I believe that within the application of new technologies there is an opportunity for design»  
- Roberto Piatti, Designer, Torino Design*

Formtrender og designtrender i bildesign er veletablert og faste. For å se nærmere på futuristiske designtrender er det interessant å se på nærliggende teknologi å se på designkonsept der designtrender er mer nyere og i etableringsfasen. Disse nye trendene er mindre låst fast i historie og personer oppfattelse av design.

For biler er det flere nærliggende teknologi som åpner opp for helt nye typer konsept. For en selvkjørende bil vil sikt og ergonomi få helt nye muligheter, for en el-bil vil rombehovet endres, og designkonseptene til disse er veldig annerledes og futuristiske enn de fleste konseptene for nye normale biler.

Det er vist spesifikke ekstreme eksempler som innehar flere egenskaper som rapporten anser som fremtidsrettede design.

### Shiwa



Tabell 6-1 Bildekollasj av bilkonseptet Shiwa [54].

Shiwa er en autonom bil uten vinduer inspirert av origami. Trekantede og overlappende overflater er gjennomgående i designet. Linjene skifter fra rette linjer og harde vinkler, til rette linjer med svakt buede vinkler.

Designet minner høyt om en krystall eller diamant, med mange rette trekantede overflater. Lysene bærer samme form hvor, med fravær av overflaten. Det er lange LED lys med med variasjon av buede og spisse kanter.

Fronten, med hjuldeksel, bunnplate og tak, former en ramme rundt designet, og skaper en aggressiv og spennende design, hvor den interne kroppen står i kontrast med en lysere farge og mykere linjer og form.

### Cody



Tabell 6-2 Bildekollasj av Cody [53].

Cody er et konsept for en autonom pakkeleverings bil. Bilen er preget av en stor rund organisk form som innehar pakkeoppbevaring og leveringssystemet. Lysene er en stor sirkulær form i begge ender, som i tillegg avslutter den runde formen av overchassis. Bilen er nesten helt gjennomskinnelig.

Skjellete bærer formen av flere trekkanter, og bryter om den ellers organiske runde formen.

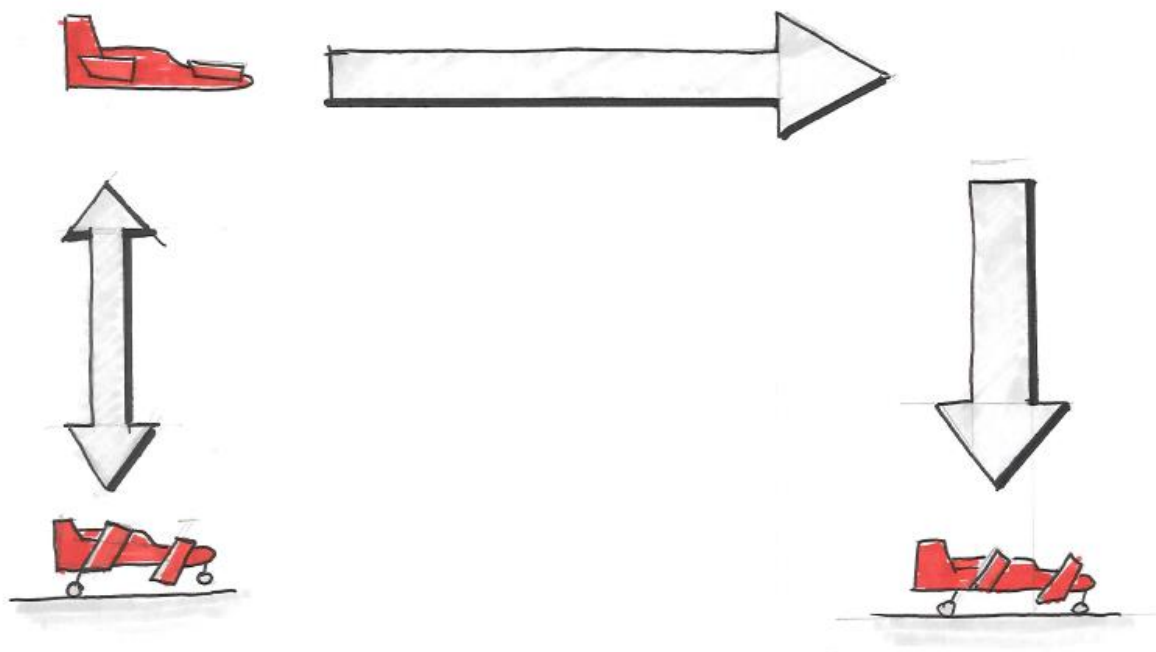
### Trender

Det er to tydelige formprinsipper som skiller seg ut blant futuristiske konseptbiler; Trekant- og uorganiskform, og rund- og organiskform. Disse to retningene skiller seg vesentlig på noen spesifikke områder, her vist i tabellen under.

## 7 Konkurrerende konsepter

Rapporten ser på de ledende konseptene i kategorien flyvende bil, som er med på å forme dagens marked. Konseptene tatt med er enten et ferdig konsept «flyvende bil», eller et interessant nærliggende konsept som er interessant som konkurrent eller inspirasjon.

### 7.1 Moller International, Skycar 400



Figur 7.1 Flyløp for Moller Skycar 400

Moller international er en bedrift som har jobbet med den flyvende bilen i 25 år, og har utviklet flere konsept, deriblant bilen Skycar 400.

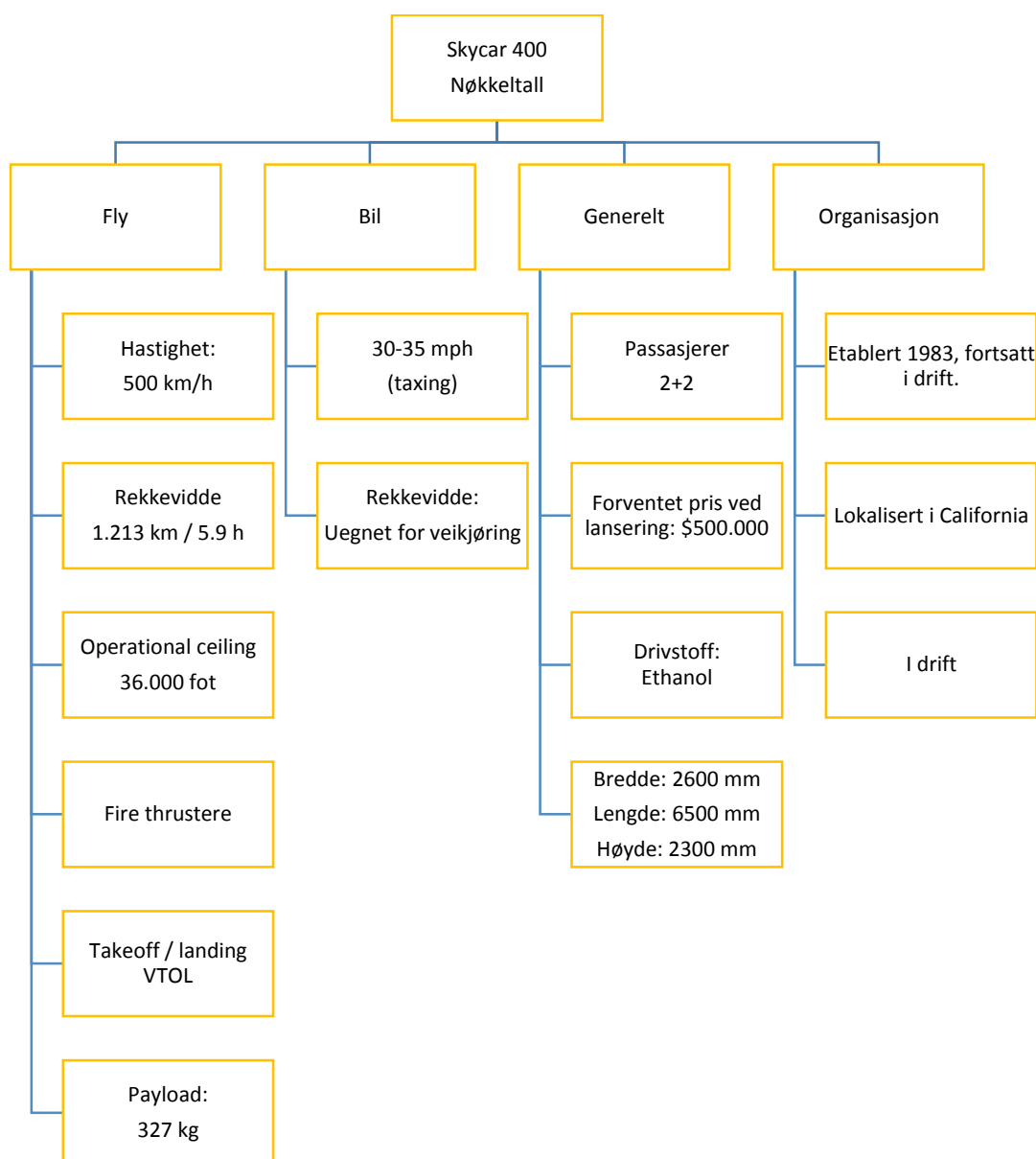
Skycar 400 er sekundært en bil. Dette er hovedsakelig en flyvende variant av en bil, altså luftens svar på en bil. Derfor havner denne litt utenfor prosjektets mål, en flyvende bil som hovedsakelig er en bil, men som kan fly.

#### 7.1.1 Konseptbeskrivelse

Skycar 400 letter vertikalt og har minimalt behov for takeoff og landings areal, spesifikt 35 fot diameter, neste 10 meter. Skycar 400 har åtte motorer, to motorer per thruster. Hver thruster fungerer med en motor, så skulle en motor bli defekt vil det ikke forårsake en ulykke. Ved en dobbel defekt thruster, vil det utløses en fallskjerm.

Motorene har til sammen 720 hp, tilsvarende 90 hp per motor, og bruker ethanol som drivstoff.

Hjulene er utelukkende egnet for taxiing, dermed er dette ikke en flyvende bil så mye som det er en flyets versjon av bilen.



Figur 7.2 Oversikt over nøkkeltall av Skycar 400 [41]

### 7.1.2 Resultat

Hastigheten toppes rundt 522 km/h og har cruisehastighet på 20.000 fot på 496 km/h. Rekkevidde på 1.213 km, eller 5,9 timer, tilsvarer en forholdsvis høy rekkevidde i forhold til andre kandidater.

Det forventes at fartøyet vil ligge på \$500.000 ved tidlig produksjon (500 enheter pr år), og kan forventes å senkes til \$60.000-\$80.000 ved masse produksjon



Figur 7.3 Moller Skycar 400 i luften [41]



Figur 7.4 Moller Skycar 400 letter fra bakken [41]

### 7.1.3 Andre Moller modeller

Det er flere modeller Moller utvikler som utvikles med tilsvarende teknologi som SkyCar 400. SkyCar 400 er Mollers flaggskip, i tillegg har Moller; Neuera, Firefly, Aerobot og SkyCar 200.

#### SkyCar 200

SkyCar 200 [41], en mindre versjon av SkyCar 400, har tatt noen snarveier i forhold til storebroren. I likhet med 400, har 200 fire thrustere, men i motsetning er alle fastmontert inkludert to integrert i frontpartiet. Nøkkeltallene tilsvarer mer eller mindre litt over halvparten av 400, som samsvarer med at 200 skal være en mindre versjon av 400.

#### Neuera 200

Neuera [41] (uttales new era) er Mollers første konsept og designet minner om en flyvende tallerken. Konseptet har åtte thrustere i en sirkulær plassering rundt cockpiten. Designet drar ikke nytte av aerodynamiske effekter, som senker effektiviteten. Cruisespeed på 75 mph, range på 100 miles og payload på 350 lbs, gjør konseptet til noe ugunstig til normal bruk men heller mot et rekreasjonsfartøy. Modellen har kapasitet til to personer.

#### Firefly

Firefly [41] er en videreutvikling av Neuero. Rettet mot et spesifikt marked, som et redningsfartøy, differensierer Firefly seg ved å være åpen og enkel. Komfort og design rettet mot det kommersielle markedet er byttet ut med et design som utnytter plass og en høyere payload. Motorene er kraftigere og en høyere payload gir muligheten for å bære fire personer, som gir en høyere verdi for et redningsselskap. Lite informasjon er gitt fra hjemmesiden til Moller.

#### Aerobot

Aerobot [41] havner noe utenfor prosjektets formål da denne er ubemannet. Modellen utnytter design utviklet i modellene over, og utvikler designet mot militæret. Det er flere konsept, med ulike mengder thrustere og formål.



Figur 7.5 Skycar 200 [41]



Figur 7.6 Neuera 200 [41]

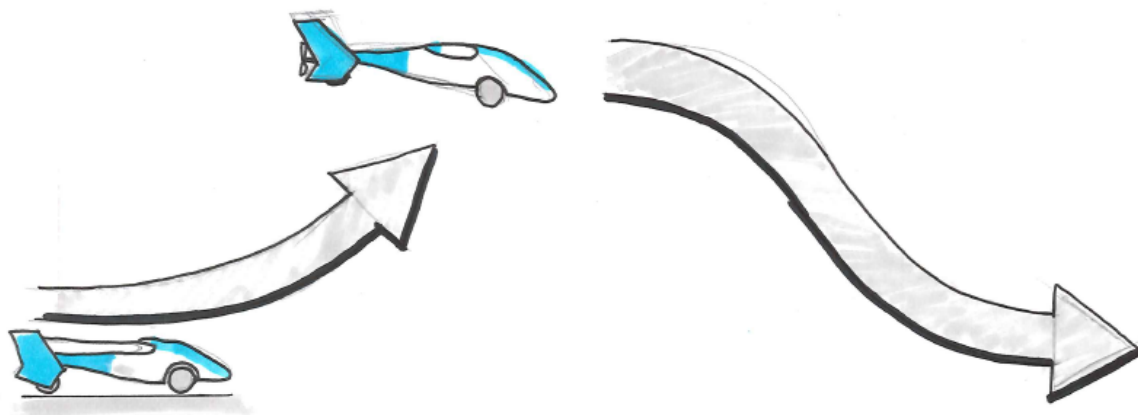


Figur 7.7 Firefly [41]



Figur 7.8 Aerobot [41]

## 7.2 AeroMobil s.r.o, AeroMobil 3.0



Figur 7.9 Illustrasjon som enkelt viser take-off og landing av AeroMobil 3.0

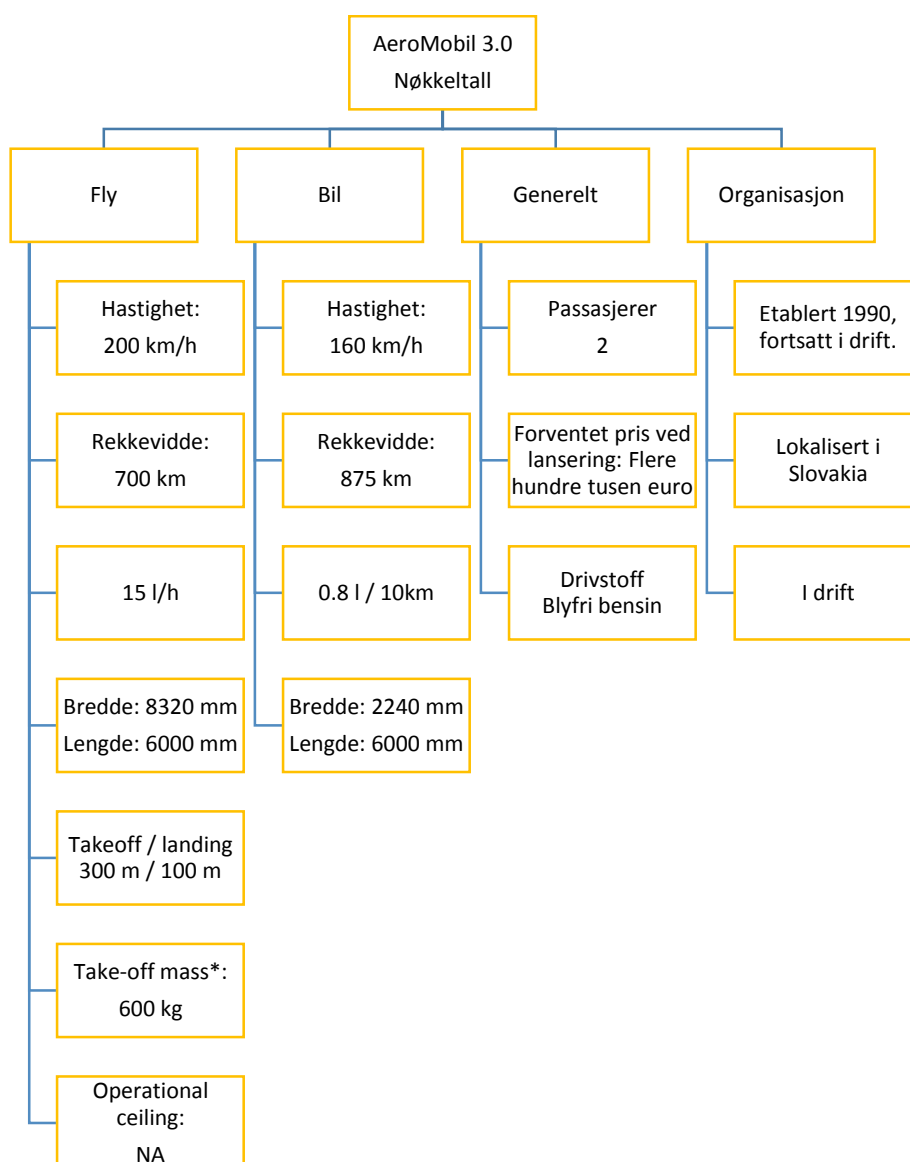




Figur 7.10 AeroMobil 3.0, fra siden, sammenfoldet [55]



Figur 7.11 AeroMobil 3.0, i fly-modus [55]



Figur 7.12 Nøkkeltall for AeroMobil 3.0 [55].

### 7.2.1 Konseptbeskrivelse

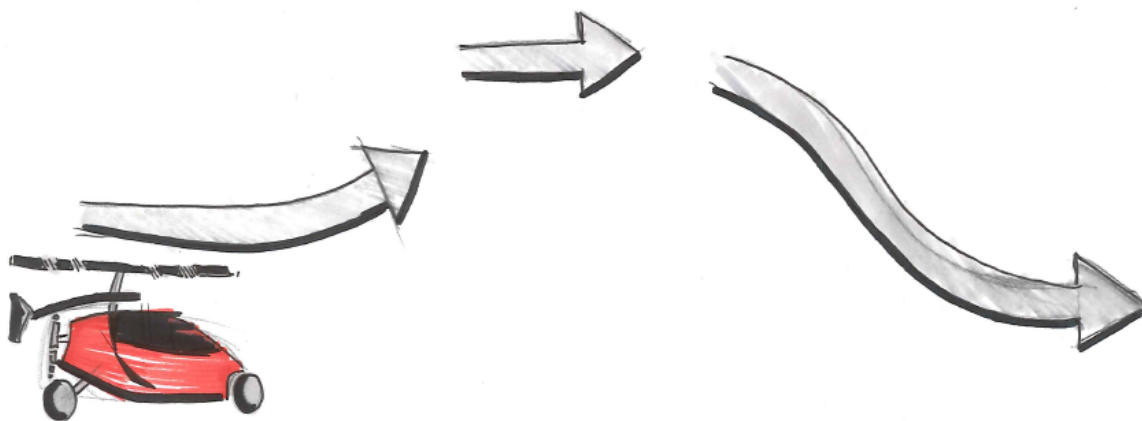
AeroMobil er et resultat av utvikling siden 1990, og det forventes lansering om 2-3 år. AeroMobil er en direkte krysning av en bil og et fly, hvor det ofres mye plass for vinger. Prinsippene er forholdsmessig gamle, med vinger og en rotor. Bilen er stor, både foldet sammen og i «flymodus», som kan være problematisk for områder hvor størrelse er sentralt. Med en lengde på 6 meter, men fortsatt bare 2 seter, kan det diskuteres hvor effektivt dette konseptet er. AeroMobil benytter en Rotax 912 motor, som yter 100 hp, for begge formålene.

### 7.2.2 Resultat

Kjøretøyet må ha fly førerkort for å kunne fly, men et normalt førerkort klasse B for standard veikjøring.

Prosessen fra «bil-modus» til «fly-modus» gjøres automatisk, og har ingen behov for å gjøre noe fysisk interaksjon. Dette betyr at du kan sitte i bilen gjennom hele prosessen. Da AeroMobil fungerer som et fly, vil fartøyet ha behov for kjørebane. Kjørebanen behøver å være minst 300 m ved takeoff, og 100 m ved landing. Forbruket i bilmodus er relativt høyt sammenlignet med en bil, med 0.8 liter blyfri bensin per mil. At bilen utnytter normal blyfri bensin

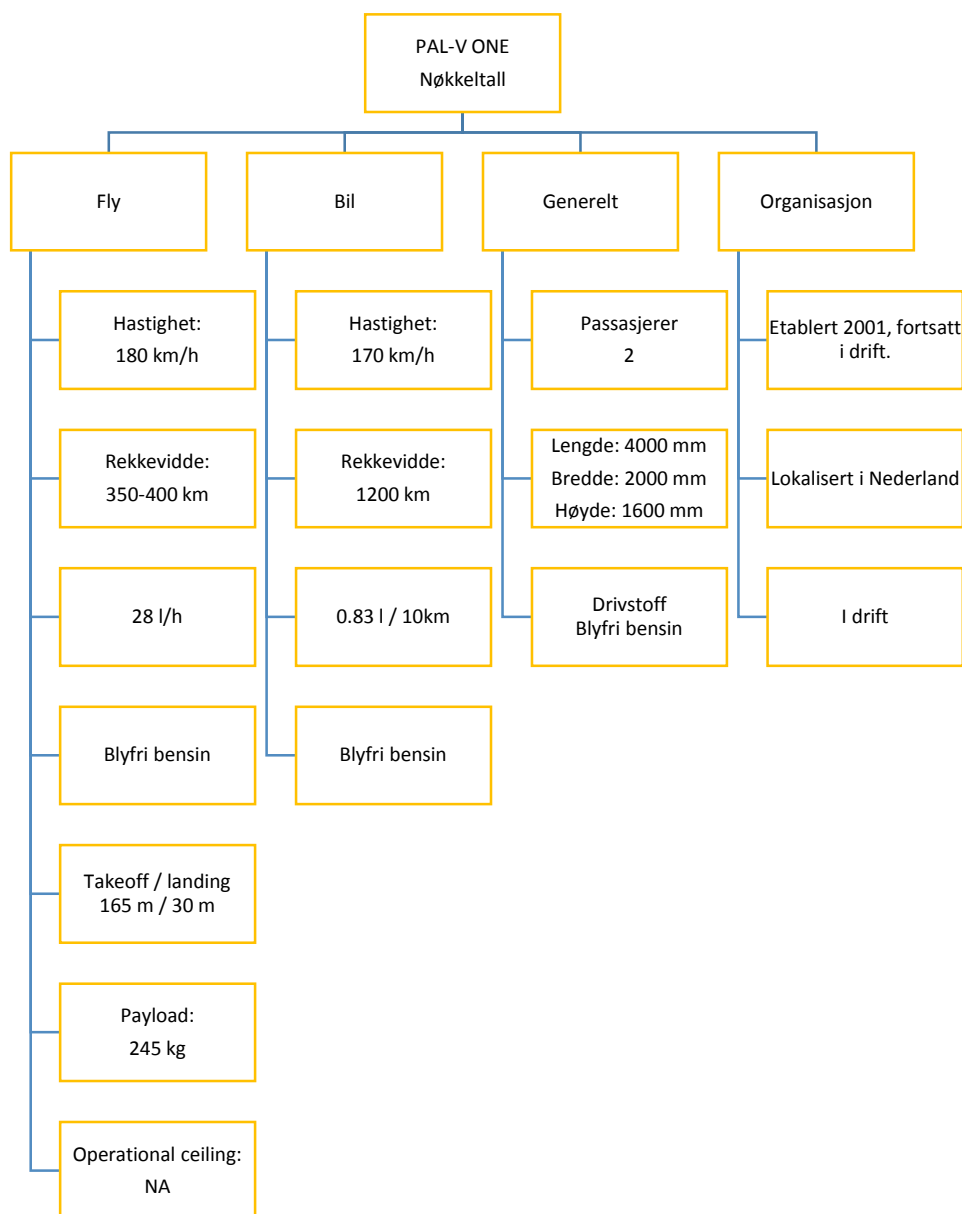
## 7.3 PAL-V ONE



Figur 7.13 PAL-V ONE flyløp

### 7.3.1 Konseptbeskrivelse

PAL-V ONE er en sammenleggbare gyrokopter og en trehjuls bil i delta formasjon. Bilen utnytter en patntløsning utviklet for Carver ONE, som tilter bilen inn i svingen, for å forbedre kjøreegenskapene. Motorstørrelse er 180kW og går på normal blyfri bensin. Gyrokopter bruker en lavere hastighet på rotoren som skaper mindre støy enn et helikopter.



Figur 7.14 Nøkkeltall for PAL-V ONE [56].

### 7.3.2 Resultat

PAL-V ONE har behov for en kjørebane for å lette, behøver minimum 165 meter takeoffbane og 30 meter for landing. Gyrokooper konfigurasjonen er delvis automatisk, som betyr at noen deler av transformasjonen utøves for hånd. Bilen er designet for å fly under 1.200 meter som betyr at den er utenfor rekkevidden for vanlig kommersiell flyrom.

Bilen måler 665 kg uten payload med payload kapasitet på 245 kg. På veien topper farten på 170 km/h og 180 km/h i luften, forbruket estimeres til 0.83 l/mil på veien og 28 l/h i luften. Rekkevidde på 1200 km, og 350-400 km i luften.

Designet er oppfattes som moderne og tar inspirasjon fra dagens bilmarked.

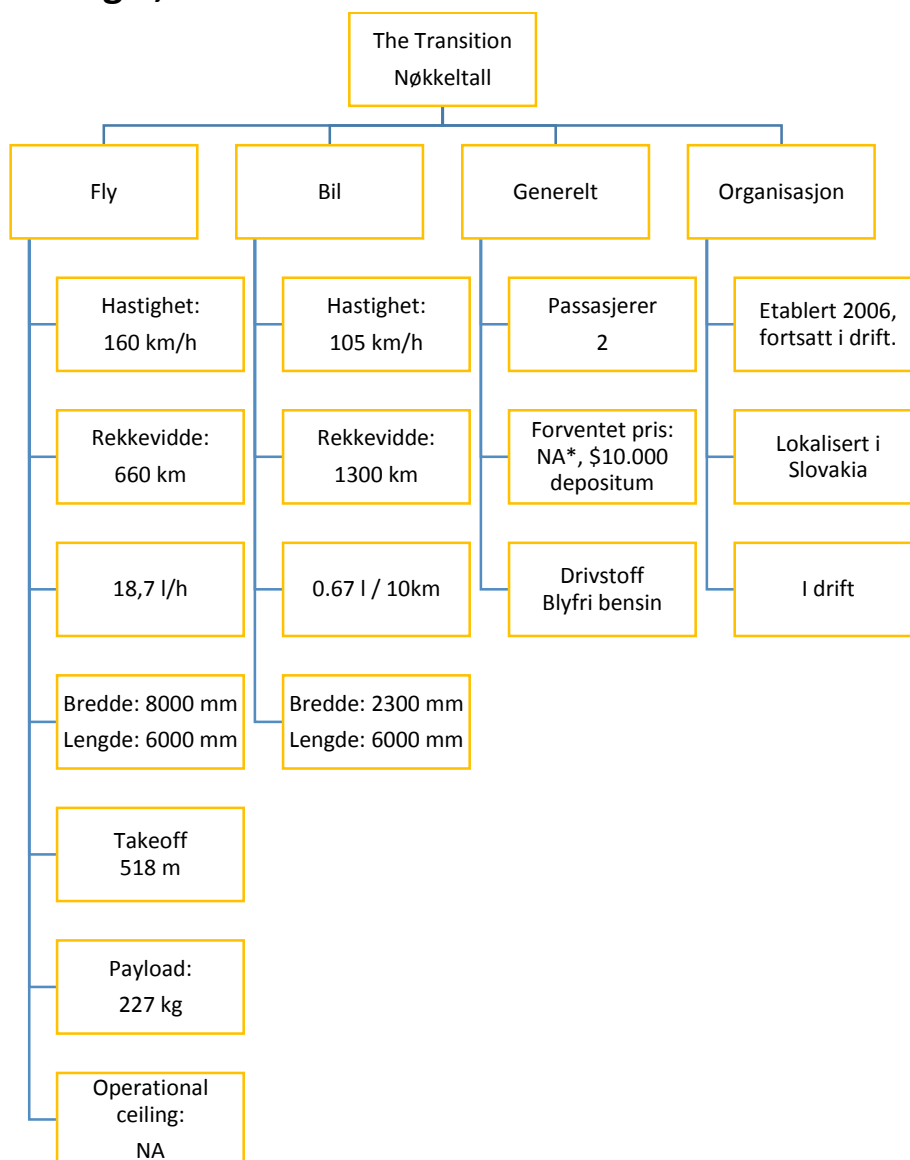


Figur 7.15 Sammenfoldet, fra siden [56].



Figur 7.16 I Fly-modus, på flystripe [56].

## 7.4 Terrafugia, The transition



Figur 7.17 Nøkkeltall av Terrafugia The Transition [38].

### 7.4.1 Konseptbeskrivelse

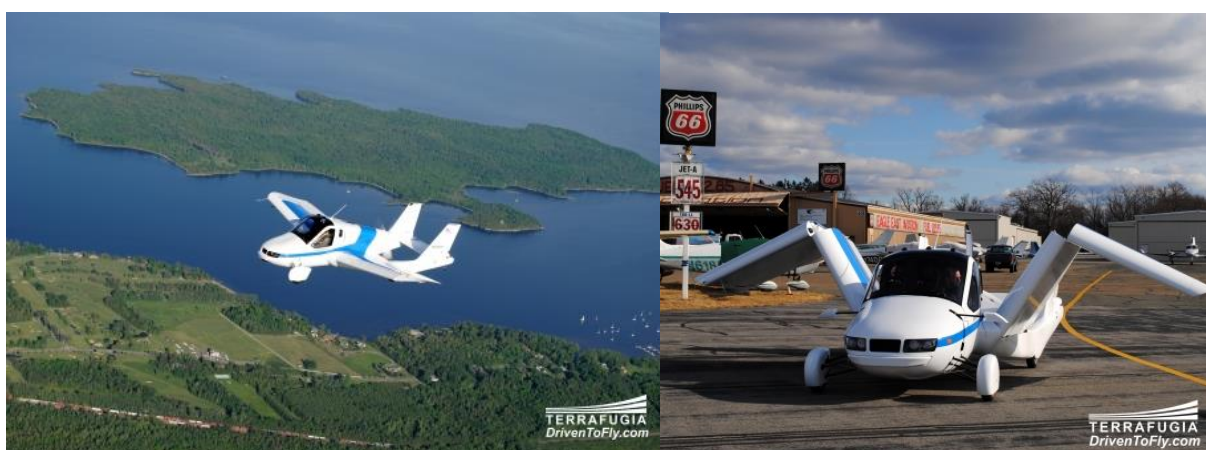
The transition utnytter vinger for å skape lift, og som navnet beskriver, er en integrert løsning som foldes ut ved behov. Fremdrift skapes av en 100 hp Rotax 912iS motor og en tre-bladet bakom vendt rotor. Vingene deles i to og er plassert ved siden av overchassis. Bilen består av fire hjul i konvensjonell plassering.

### 7.4.2 Resultat

Flyet er beskrevet som et fly som, ved dårlig vær, kan lande og kjøre lengre distanser på veien. Dette betyr at denne modellen er hovedsakelig et fly, og sekundært en bil. Takeoff lengden er forholdsvis lang, med 518 m, som beskriver lengden fra start til å sikkert fly over objekter og 50 fot som kan gjøre den vanskelig å sammenligne med andre konkurrenter.



Figur 7.19 Venstre) The transition påfyller bensin. Høyre) The transition kjører i bil-modus [38]



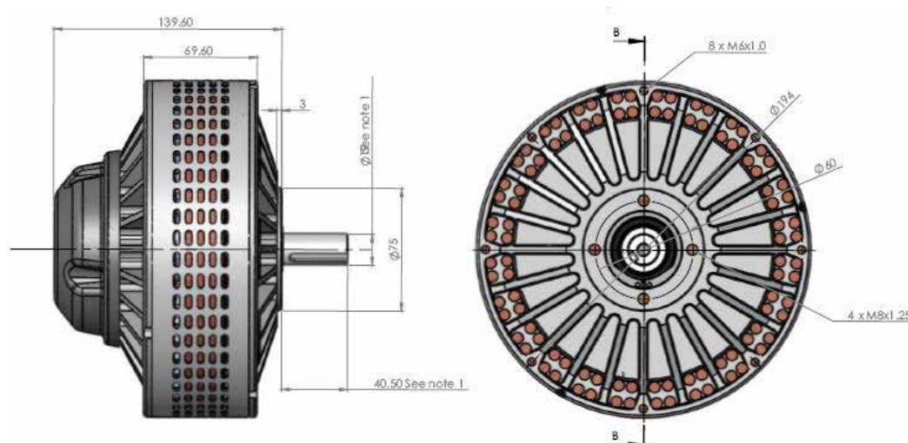
Figur 7.18 Venstre) The transition i fly-modus i luften. Høyre) The transition endrer konfigurasjon fra bil til fly [38].

## 8 Komponentspesifisering

I dette kapitlet er det sett på komponentene som vil påvirke designet på fartøyet. Da mye av komponentene er i utvikling eller utvikles etter dette prosjektet, er det gjort estimater for å ha et utgangspunkt videre i funksjonsanalysen.

### 8.1 Motor

Som utgangspunkt anvendes motoren som i 2012 ble brukt i den elektriske motorsykkelen Roskva [15]. Motoren har en høy ytelsesfaktor, opp til 93%, har lav vekt og er liten av størrelse.



Figur 8.1 Illustrasjon som viser størrelsen og form av motoren [40].

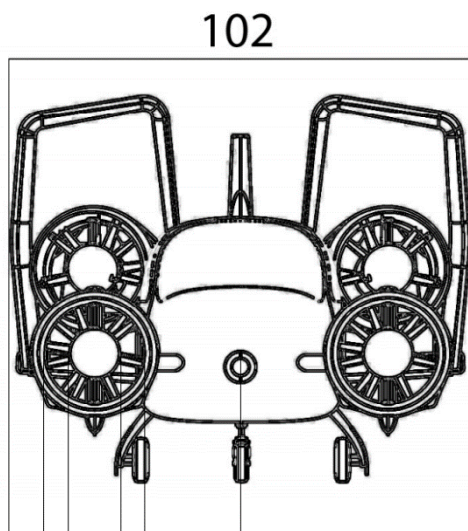
Tabell 8-1 Nøkkeltall av motor [40].

Effekt	18 kw
Topp effekt	36 kw
Moment	42 Nm
Spenning	110 V
Strøm	200 ampere
Rotasjonshastighet	4400 rpm
Vekt	11 kg

I utgangspunktet kan motoren brukes i både thrusterne og på hjulene. I Roskva er to motorer plassert i serie, en løsning som kan være relevant for thrusterne og på hjulene for Dolphin Sky, men for dette konseptet brukes det to motorer pr thruster for både tre- og fire-thrusterkonfigurasjon.

## 8.2 Thruster

Størrelsen på thrusterene har som utgangspunkt i en antagelse fra Moller International sin Skycar 400, da denne er ansett som en lignende løsning. Thrusterstørrelsen er ikke tilgjengelig over internett, men bilder og størrelse på motor er tilgjengelig. Det er gjort en enkelt utregning for å anta størrelsen.



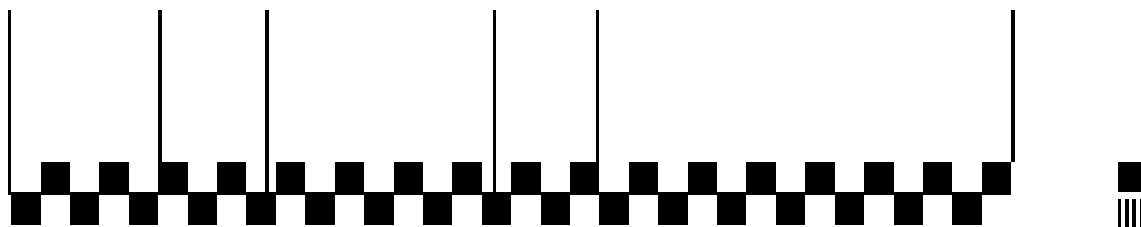
Figur 8.2 Frontillustrasjon av Skycar 400, måling er lagt til av undertegnede [41].

Det er lagt til linjer fra disse punktene:

- ❖ Ytterpunkter på motoren
- ❖ Innerpunkter på rotoren
- ❖ Ytterste punktet på fartøyet
- ❖ Midtpunkt på fartøyet

Det er lagt til et rutenett for å få størrelsesorden på rotoren. Rutenettet er dimensjonert følgende:

$$34 \text{ ruter} = 51 \text{ tommes}$$



Figur 8.3 Zoomet inn, rutenett for måling

En firkant er delt opp i 8 fraksjoner, eller 0,125 ruter i 10 talls systemet. Dette gir et forholdstall tilsvarende:

$$\frac{51}{34} = 1,5 \frac{\text{tommer}}{\text{rute}}$$

Sjekker størrelsen på motoren som er oppgitt til 11.5 tommes. Motoren har ca. 7 ruter og 5 fraksjoner, eller 7.625 ruter. Dette gir:

$$1,5 \frac{\text{tommer}}{\text{rute}} * 7.625 \text{ ruter} = 11,4375 \text{ tommes}$$

En liten feilmargin er forventet på grunn av kvalitet på bilde og størrelsen på pikslene. Forventet feilmargin tilsvarer opp til en fraksjon per rute. Resultatet 11.4375 er innenfor en fraksjons feilmargin.

$$11,5 \text{ tommer} - 11,4375 \text{ tommer} = 0,0625 \text{ tommer}$$

$$0,125 \text{ tommer} \geq 0,0625 \text{ tommer}$$

Rutenettet og tegning er derfor ansett som gyldig da mål er innenfor forventet resultat.

## Rotor areal

Det er to areal som er interessant for prosjektet, det totale innsidearealet og arealet som av rotorbanen (arealet som ikke inkluderer motor.) Arealet som i tillegg inngår i motoren tilsvarer arealet av mengde luft som motoren vil suge inn. Det er antatt at eventuelle innsugs effekter vil også være av samme forholdstall, og derfor vil arealet være tilstrekkelig for en tidlig antagelse.

Den totale diameteren av innsiden av thrusterene er følgende. Diameteren er 15 ruter - 2 fraksjoner, som tilsvarer 14,750 ruter.

$$14.750 \text{ ruter} * 1.5 \frac{\text{tommer}}{\text{ruter}} = 22,125 \text{ tommer}$$

22.125 tommer tilsvarer **0,562 m**.

## Effektivitet for rotorene til Moller International

Kategori	
Vekt	1088 kg
Effekt	541 kw

Estimering av

$$T_h = k_T * \rho * n^2 * D_{diameter}^4 \quad 7)$$

$$T_h = k_T * 1.22 * 7000rpm^2 * 0.562m^4 = (k_T * 6 * 10^6)N$$

Estimering baseres på at  $k_T$  for Moller og Dolphin er identiske og kan dermed strykes fra ligningen.

Estimerte diameter tilsvarer størrelsen for rotoren for samme thrust. For å målsette i forhold til størrelsen, kan det estimeres at mengde thrust er proporsjonal med vekten av fartøyene, og at tapt energi i omgivelsene er proporsjonal.

Vekt tar utgangspunkt i grensespesifikasjonene for Dolphin og payload til Skycar 400.

$$\frac{\text{Vekt, Dolphin Sky}}{\text{Vekt, Skycar 400}} = \frac{1000}{1415}$$



$$D_{Diameter} = \left( \frac{\frac{1000kg}{1415kg} * 6 * 10^6 N}{1,22kg/m^3 * 4400rpm^2} \right)^{\frac{1}{4}} = 0.589m$$

Dette estimatet baserer seg på fire thrustere i konfigurasjonen, to motorer med motgående rotorer, altså to motorer pr thruster.

Om det er tre thrustere, vil den thrusteren som står alene ta opp kraften tilsvarende to thrustere ved fire thrustere. Dermed kan kraften dobles, og da vil diameteren være følgende:

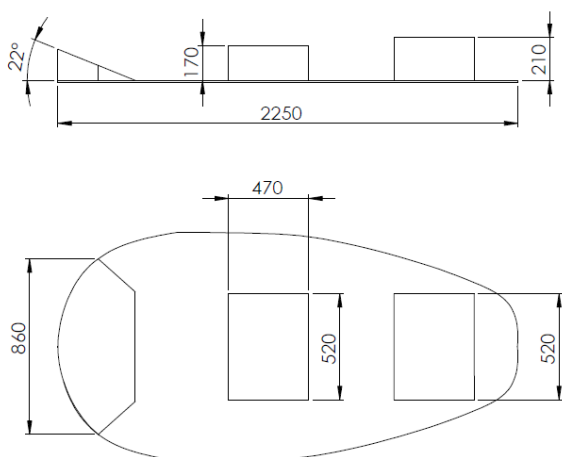
$$D_{diameter} = \left( \frac{\frac{1000}{1415} * 2 * 6 * 10^6 N}{1,22kg/m^3 * 4400rpm^2} \right)^{\frac{1}{4}} = 0.701m$$

Det kan dermed anslås at thrusterene dimensjoneres som følgende:

Tabell 8-2 Anslått diameter på thrustere

Konfigurasjon	
Fire thrustere	Alle thrustere har en diameter på 0.6 m
Tre thrustere	To thrustere har en diameter på 0.6 m, en thruster har en diameter på 0.7 m

### 8.3 Kupe



Størrelsen på Kupe tar utgangspunkt i dimensjonene fra det tidligere masterprosjektet, *Dolphin Duo 1+1: Utvikling av interiørdesign for lettvektskjøretøy*, av Mizgin Aziz Rashid. For funksjonsanalysen vil formen ikke tas i betraktning, så lengde og bredde er i utgangspunktet satt til maksverdien i tegningen. Høyden på kupeen er derimot ikke målsatt, utgangspunktet for antatt høyde er et estimat basert på Mazda mx5 da denne representerer en liten og sportslig bil

med en rimelig pris, og settes dermed som et minimum.

Mazda MX5 har en total høyde på 1225 mm [57] og bakkeklaring på 125 mm. Utgangspunktet blir et estimat på  $1225mm - 125mm = 1100mm$ . Rapporten velger å velge et estimat som er noe høyere en faktisk innvendig høyde i mx5, da mx5 kan diskuteres å være noe lav,

Figur 8.4 Størrelser av masterarbeid om interiør [10].

da personer over 1.90 m høyde kan ha problemer med å kjøre bilen [58].

Tabell 8-3 Målsetting, kupé

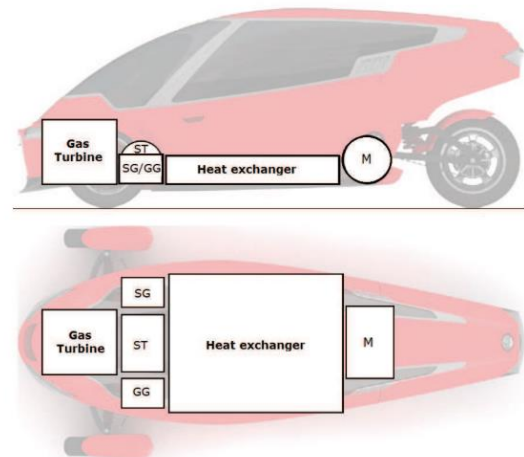
Målsetting	Kupé
Lengde	2250 mm
Høyde	1100 mm
Bredde	1120 mm

## 8.4 Varmegjenvinningsystem

Varmegjenvinningsystemet er et utviklingsprosjekt ved NMBU, og har som formål å være en miljøforbedring av motorsystemet i biler. Systemet består av en gass- og damp turbin, damp- og gassturbin generator og en varmeveksler.

Varmeveksleren er den største komponenten i systemet, og er også den tyngste. Det er viktig at denne plasseres lavt for at tyngdepunktet er optimalt plassert.

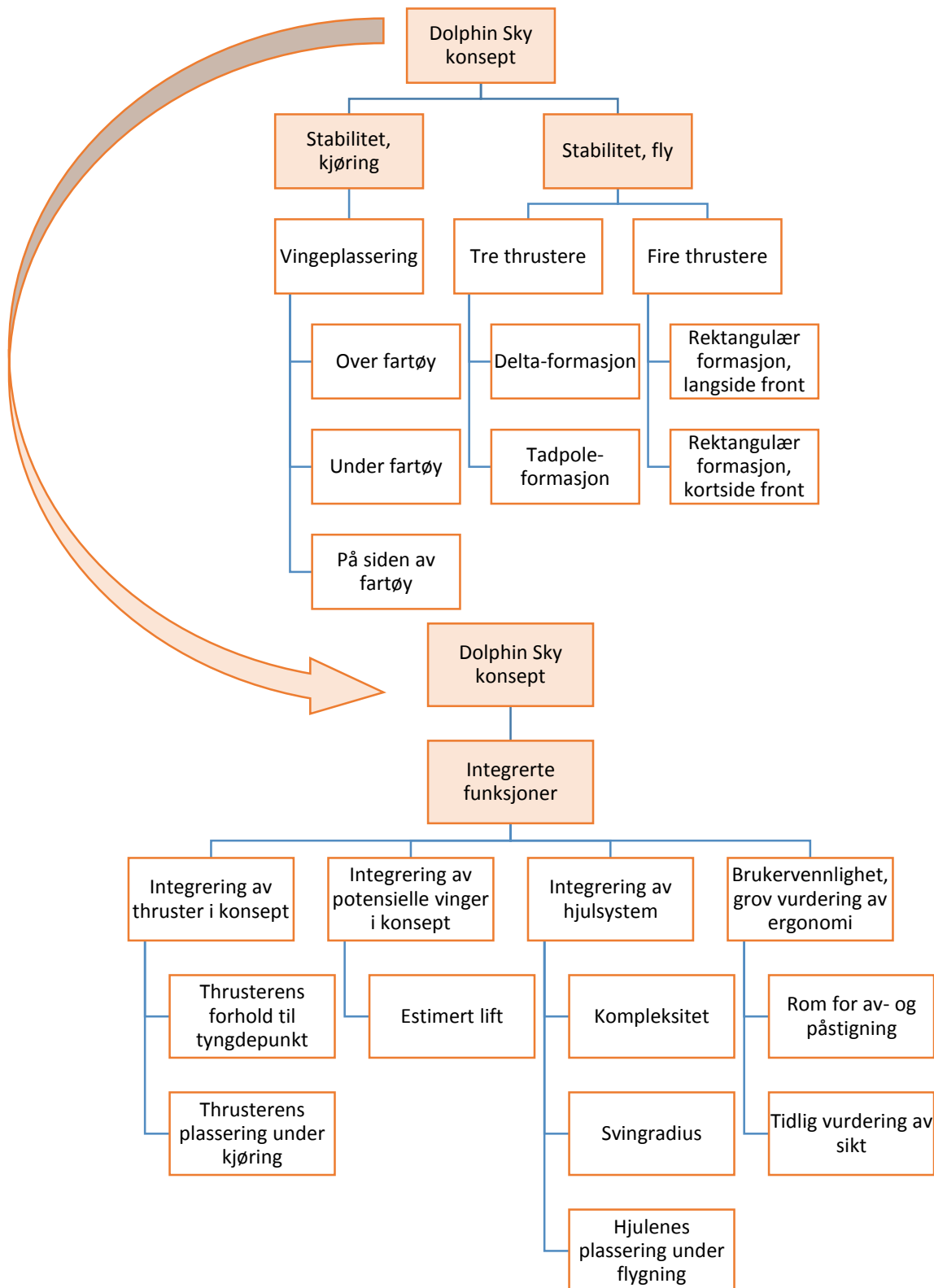
Gassturbinen behøver luftavkjøling, og plasseres slik at luftgjennomstrømningen er god.



Figur 8.5 Anbefalt plassering av elementene i varmegjenvinningsystemet i Dolphin Duo [4]

## 9 Konseptgenerering

Konseptgenereringen er basert på Pughs metode, ved å dele opp funksjoner i ulike deler og vektlegge og bedømme hver enkelt funksjon.



Figur 9.1 Figur som viser oversikten av funksjonsanalysen, med tidlig funksjonsalternativer i topp, og integrerte løsninger i bunnen.










For dette prosjektet vil integreringen av elementene spille stor rolle da fartøyet har to ulike bruksmål; veikjøring og flygning. Dette fører til en noe mer komplisert fremgangsmåte, da integrering av deler påvirker hverandre, derfor er det produsert ulike konsepter som vil delvis bedømmes. Dette betyr at funksjonsevalueringen delt opp i to deler; *tidlig funksjonsalternativer* og *funksjonsalternativer, integrerte systemer*. Tidlig funksjonsalternativer tar for seg stabilitet til de ulike thrusterplasseringene og vingeplassingene, og de integrerte løsningene bedømmer hvordan funksjonene er integrert, egenskapene og funksjonene disse skaper. De integrerte konseptene vil være produsert på bakgrunn av de tidlige funksjonsalternativene.

## 9.1 Tidlig funksjonsalternativer

### 9.1.1 Vingeplassing, veikjøring

Vinger er tunge og store deler som raskt skape problemer ved utvikling av et fartøy som har mål om å oftest fungere som en bil. Plasseringen kan tidlig gi tegn til egnethet, og det er en rekke kriterier som vil bli påvirket, disse kriteriene er forklart under tabellen.

Tabell 9-1 Oversikt over formasjoner

Plassering	Tegning fra oversiden	Tegning fra siden	Tegning fra foran
Vinger lagt på siden av fartøyet, tadpole hjulformasjon			
Vinger lagt på toppen av fartøyet, tadpole hjulformasjon			
Vinger lagt på undersiden av fartøyet, tadpole hjulformasjon			

## Evaluering

For evalueringen av vingeposisjon er det ikke brukt vektning av kategoriene. Årsaken til dette er at det er stor usikkerhet i den veldig forenkla fremgangsmåten. Vingene vil i ulik grad påvirke alle kriteriene basert på størrelsen og hvordan disse er integrert. Ved å si at for eksempel sikt og stabilitet vektet høyere enn hjuloppsett og kompleksitet, kan den beste løsningen være vanskelig å implementere men gunstig for fartøyet i det kriteriene som er vektet høyere.

Kriteriene er som følger:

- ❖ **Sikt**
  - Hvorvidt vingeplassering påvirker sikten for sjåføren.
  - Vingeplasseringens forhold til sikt forholdsvis enkelt konstrueres for å enkelt jobbes rundt, vektningen reflekterer dette
  - Vekting: 10%
- ❖ **Stabilitet**
  - Plassering vil påvirke stabiliteten til fartøyet ved å flytte tyngdepunktet i høyderetning eller ut mot siden.
  - Stabiliteten til vingene påvirker den mest sentrale egenskapen i prosjektet, og vil i tillegg være utfordrende å påvirke under konstruksjon, vektningen reflektere dette.
  - Vekting: 40%
- ❖ **Hjuloppsett**
  - Hvordan plasseringen er gunstig for hjuloppsett.
  - Vingene størrelse vil på en enkel måte påvirke om plasseringen er ugunstig. Dette gjøres forholdsvis enkelt men i form av tap i lift.
  - Vekting 20%
- ❖ **Kompleksitet**
  - Skaper denne posisjonen en utfordrende konstruksjon
  - Plasseringene imellom har ikke spesielt store forskjeller i kompleksitet, vektningen reflekterer dette
  - 10%
- ❖ **Av- og påstigning**
  - Om vingeplasseringen er gunstig plassert i forhold til kupeen, og om plasseringen skaper rom for av- og påstigning.
  - Et fartøy som har en ugunstig av- og påstigning kan raskt anses som et dårlig kjøp. Vektningen reflekterer at dette har tidlig blitt tatt i betraktning, men ikke som en sentral egenskap.
  - Vekting: 20%

Tabell 9-2 Seleksjonsmatrise for vingeplassering, v= vektning, p= gitt poengsum, Sum = summert vektet sum

	Sikt		Stabilitet		Hjul-oppsett		Kompleksitet		Av- og påstiging		Sum
	V	P	V	P	V	P	V	P	V		Sum
Vinger lagt på siden av fartøyet, tadpole	10%	=	40%	+	20%	=	10%	-	20%	-	0,1
Vinger lagt på toppen av fartøyet, tadpole	10%	-	40%	-	20%	+	10%	=	20%	+	-0,1
Vinger lagt på undersiden av fartøyet, tadpole	10%	+	40%	=	20%	+	10%	-	20%	+	0,4

## Kommentarer

Vinger på toppen av fartøyet får en dårlig bedømming på sikt. Dette da vingene vil skape problematikk for sikt bakover og opp. Da dette er en faktor som vanskelig kan endres uten å endre de andre egenskapene særdeles, vil denne vingefunksjonen utgå fra videre arbeid.

Vinger lagt på siden av fartøyet får en jevnt lav bedømming, mest begrunnet lite fleksibilitet i designet.

Vinger lagt på undersiden er bedømt til å være den beste løsningen. Det vil være en utfordring da dette skaper et høyere tyngdepunkt for bilen, men ut fra denne bedømmingen er denne den mest fleksible løsningen.

Ingen vingefunksjon får tre i bedømmingen av hjuloppsett. Dette da alle vingeformasjonene vil ha innvirkning på hjuloppsettet og vil skape en utfordring ved design og bruk.

Ingen vingefunksjon får tre i bedømmingen av kompleksitet. En vingefunksjon vil gjøre designet komplekst da det er mange bevegelige deler som kan være krevende i alle faser; utvikling, produksjon og bruk.

Vingeformasjonen hvor vinger er plassert på undersiden av fartøyet er det mest fordelaktige løsningen.

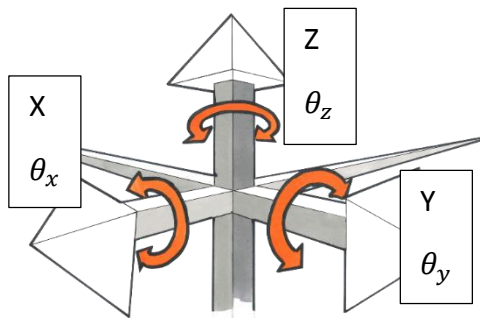
### 9.1.2 Thrusterplassering

Plasseringen av thrusterene vil i tidlig fase bety plasseringen på en vannrett flate. Plasseringen ser ikke på eventuelle bevegelige deler, men vil bedømme hvor egnet forskjellige plasseringer er på bakgrunn av stabilitet.

## Stabilitetsbakgrunn

Fly funksjonen innebærer tre steg. Lift-off, hover og fremdrift, vist i diagrammet under. ‘

## Frihetsgradene



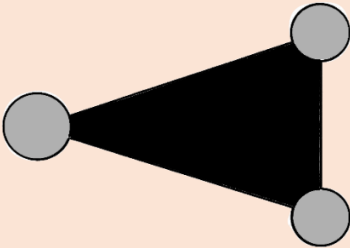
Det er seks frihetsgrader i et objekt, tre frihetsgrader beskriver bevegelse, og tre frihetsgrader beskriver rotasjon. Det er delt opp i X-, Y- og Z retninger, og  $\theta_x$ ,  $\theta_y$  og  $\theta_z$ .  $\theta_x$  er rotasjon om X-retninger,  $\theta_y$  om Y-retning og  $\theta_z$  om Z-retningen.

Figur 9.2 Frihetsgradene

Tabell 9-3 Relevante frihetsgrader

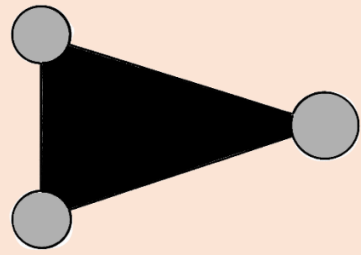
Liftoff	Hover	Fremdrift
<p>Under liftoff vil det påføres krefter i form av vindmotstand i motsatt retning av flyretning. Denne motstanden vil skape:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Kraften, <math>F_z</math>, som motor må motvirke, basert på <math>C_d</math> verdien til fartøyet, hastighet i Z-retning og fartøyet areal av overflaten normalt på kraften.</li> <li>❖ Fartøy kan få rotasjon i <math>\theta_z</math> på grunn av irregulære vindforhold og thrustere.</li> <li>❖ Kraften vil skape rotasjon i <math>\theta_x</math> og <math>\theta_y</math>.</li> </ul>	<p>Ved hovring vil fartøyet sakte bevege seg i x-y flaten. Det vil være påvirkning av vinden som kan skape urolighet i fartøyet, da fartøyet vil være balansert på overflaten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Denne kraften skape rotasjon i fartøyet i <math>\theta_x</math> og <math>\theta_y</math></li> <li>❖ Da fartøyet balansere i flaten vil fartøyet være mottagelig for rotasjon i <math>\theta_z</math> fra små endringer i vindkraft og retning.</li> <li>❖ Fartøy kan få rotasjon i <math>\theta_z</math> på grunn av irregulære vindforhold og thrustere.</li> </ul>	<p>Hoveddelen av flygningen vil være ved normal fremdrift, her i Y-retning.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ På grunn av symmetrien i designet på høyre og venstre side vil <math>\theta_y</math> være liten, da overflatetrykket på begge sidene nullstille hverandre.</li> <li>❖ Kraft som motor må motvirke, basert på <math>C_d</math> verdien til fartøyet, hastighet i Y-retning og fartøyet areal av overflaten normalt på kraften.</li> <li>❖ Lift i designet vil skape rotasjon i <math>\theta_x</math>.</li> </ul>

Tabell 9-4 Seleksjonsmatrise for tre thrustere i tadpole formasjon


		Vekting	Bedømming	Score	Vektet score
<p>Tre thrustere i tadpole konfigurasjon. Fremre thrustere er bevegelige. Bakre thruster er integrert i overchassis og har ikke mulighet for bevegelse.</p>					
<i>Liftoff</i>					
$F_z$	10%	Færre thrustere skaper en mindre komplisert formasjon	+	0.1	
$\theta_x$	10%	Med en bak og to foran, vil rotasjon i $\theta_x$ vær minimalt påvirket, da bakre thruster har tilnærmet lik kraft som foran.	+	0.1	
$\theta_y$	10%	Med en bak og to foran, vil thrusterplasseringen vil 1 thruster på hver side kunne påvirke $\theta_y$ . 1/2	=	0	
$\theta_z$	10%	Med en bak og to foran, vil thrusterplasseringen ikke påvirke merkverdig i $\theta_z$ under liftoff.	=	0	
<i>Hovring</i>					
$\theta_x$	10%	Med en bak og to foran, vil rotasjon i $\theta_x$ vær minimalt påvirket, da bakre thruster har tilnærmet lik kraft som foran.	+	0.1	
$\theta_y$	10%	Med en bak og to foran, vil thrusterplasseringen vil 1 thruster på hver side kunne påvirke $\theta_y$ . 1/2	=	0	
$\theta_z$	10%	Med en bak og to foran, vil thrusterplasseringen ikke påvirke merkverdig i $\theta_z$ under liftoff.	=	0	
<i>Fremdrift</i>					
$F_z$	10%	Bakre thruster vil skape en stabil $F_z$	+	0.1	
$F_y$	10%	Da bakre thruster er stabil, vil fremre thrustere være fleksible for bevegelse som vil sikre en stabil ukomplisert og fleksibel $F_y$ .	+	0.1	
$\theta_x$	5%	Med en bak og to foran, vil rotasjon i $\theta_x$ være kontrollert da thrustere i front enkelt kan motvirke dette	+	0.05	
$\theta_y$	5%	Med en bak og to foran, vil thrusterplasseringen vil 1 thruster på hver side kunne påvirke $\theta_y$ . 1/2	=	0	
<i>Sum</i>	100%		6	0.55	




Tabell 9-5 Seleksjonsmatrise for tre thrustere i delta formasjon

		<p>Tre thrustere i tadpole konfigurasjon. Fremre thruster er integrert i overchassis og har ikke mulighet for bevegelse. Bakre thrustere er bevegelige.</p> 		
	Vekting	Bedømming	Score	Vektet score
<i>Liftoff</i>				
$F_z$	10%	Færre thrustere skaper en mindre komplisert formasjon	+	0.1
$\theta_x$	10%	Med en bak og to forran, vil rotasjon i $\theta_x$ vær minimalt påvirket, da bakre thruster har tilnærmet lik kraft som foran.	+	0.1
$\theta_y$	10%	Med en bak og to forran, vil thrusterplasseringen vil 1 thruster på hver side kunne påvirke $\theta_y$ . 1/2	=	0
$\theta_z$	10%	Med en bak og to forran, vil thrusterplasseringen ikke påvirke merkverdig i $\theta_z$ under liftoff.	=	0
<i>Hovring</i>				
$\theta_x$	10%	Med en bak og to foran, vil rotasjon i $\theta_x$ vær minimalt påvirket, da bakre thruster har tilnærmet lik kraft som foran.	+	0.1
$\theta_y$	10%	Med en bak og to foran, vil thrusterplasseringen vil 1 thruster på hver side kunne påvirke $\theta_y$ . 1/2	=	0
$\theta_z$	10%	Med en bak og to foran, vil thrusterplasseringen ikke påvirke merkverdig i $\theta_z$ under liftoff.	=	0
<i>Fremdrift</i>				
$F_z$	10%	Bakre thruster vil skape en stabil $F_z$ .	+	0.1
$F_y$	10%	At thrusterene bak skaper $F_y$ , kan skape problematikk ved påvirkningen av overchassis og tubulente luftstrømmer.	=	0
$\theta_x$	5%	Da thrusterene «dytter» fartøyet, kontra «drar» fartøyet som i tadpole, kan dette skap problematikk ved stabilitet i $\theta_x$	=	0
$\theta_y$	5%	Med en bak og to forran, vil thrusterplasseringen ikke påvirke merkverdig i $\theta_z$ under liftoff.	=	0
<i>Sum</i>	100%		4	0.4

Tabell 9-6 Seleksjonsmatrise for fire thrustere i rektangulær formasjon, langsiden frem

		Fire thrustere i rektangulær konfigurasjon. Lengste siden i konfigurasjonen er i x-retning, normalt på flyretning.			
	Vekting	Bedømming	Score	Vektet score	
					
<b>Liftoff</b>					
$F_z$	10%	Å dele opp kraften i flere deler skaper et mer komplekst design for $F_z$ .	=	0	
$\theta_x$	10%	To thrustere som kontrollerer hver rotasjonretning er gunstig. At kortsiden er i x-retning senker effektiviteten for balansering.	=	0	
$\theta_y$	10%	To thrustere som kontrollerer rotasjonretning er gunstig. Langsiden sikrer en bred plattform som er effektiv ved balasering i $\theta_y$ .	+	0,1	
$\theta_z$	10%	Fire symmetriske thrustere som kontrollerer rotasjonen er gunstig	+	0,1	
<b>Hovring</b>					
$\theta_x$	10%	To thrustere som kontrollerer hver rotasjonretning er gunstig. At kortsiden er i x-retning senker effektiviteten for balansering.	=	0	
$\theta_y$	10%	To thrustere som kontrollerer rotasjonretning er gunstig. Langsiden sikrer en bred plattform som er effektiv ved balasering i $\theta_y$ .	+	0,1	
$\theta_z$	10%	Fire symmetriske thrustere som kontrollerer rotasjonen er gunstig	+	0,1	
<b>Fremdrift</b>					
$F_z$	10%	Fire bevegelige thrustere er en kompleks men fleksibel løsning for $F_z$	=	0	
$F_y$	10%	Fire bevegelige thrustere kan være komplisert.	=	0	
$\theta_x$	5%	To thrustere som kontrollerer hver rotasjonretning er gunstig. At kortsiden er i x-retning senker effektiviteten for balansering.	=	0	
$\theta_y$	5%	To thrustere som kontrollerer rotasjonretning er gunstig. Langsiden sikrer en bred plattform som er effektiv ved balasering i $\theta_y$ .	+	0,05	
<b>Sum</b>	<b>100%</b>		<b>5</b>	<b>0.45</b>	

Tabell 9-7 Seleksjonsmatrise for fire thrustere i rektangulær formasjon, kortside frem

		Fire thrustere i rektangulær konfigurasjon. Lengste siden i konfigurasjonen er i x-retning, normalt på flyretning.			
	Vekting	Bedømming	Score	Vektet score	
<i>Liftoff</i>					
$F_z$	10%	Å dele opp kraften i flere deler skaper et mer komplekst design for $F_z$ .	=	0	
$\theta_x$	10%	To thrustere som kontrollerer hver rotasjonretning er gunstig. Langsiden sikrer en bred plattform som er effektiv ved balansering i $\theta_x$ .	+	0,1	
$\theta_y$	10%	To thrustere som kontrollerer rotasjonretning er gunstig. At kortsiden er i y-retning senker effektiviteten for balansering.	=	0	
$\theta_z$	10%	Fire symmetriske thrustere som kontrollerer rotasjonen er gunstig	+	0,1	
<i>Hovring</i>					
$\theta_x$	10%	To thrustere som kontrollerer hver rotasjonretning er gunstig. Langsiden sikrer en bred plattform som er effektiv ved balansering i $\theta_x$ .	+	0,1	
$\theta_y$	10%	To thrustere som kontrollerer rotasjonretning er gunstig. At kortsiden er i y-retning senker effektiviteten for balansering.	=	0	
$\theta_z$	10%	Fire symmetriske thrustere som kontrollerer rotasjonen er gunstig	+	0,1	
<i>Fremdrift</i>					
$F_z$	10%	Fire bevegelige thrustere er en kompleks men fleksibel løsning for $F_z$	=	0	
$F_y$	10%	Fire bevegelige thrustere kan være komplisert.	=	0	
$\theta_x$	5%	To thrustere som kontrollerer hver rotasjonretning er gunstig. Langsiden sikrer en bred plattform som er effektiv ved balansering i $\theta_x$ .	+	0,05	
$\theta_y$	5%	To thrustere som kontrollerer rotasjonretning er gunstig. At kortsiden er i y-retning senker effektiviteten for balansering.	=	0	
<i>Sum</i>	100%		5	0.45	

## Kommentar

Veldig lite variasjon mellom de ulike formasjonene. Det er valgt å ta med alle formasjonene for testing videre til integrasjonsløsning.


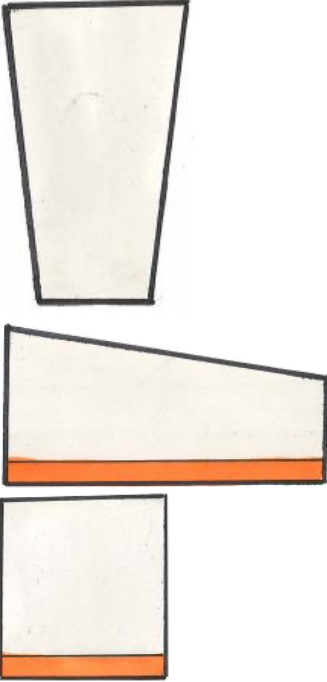
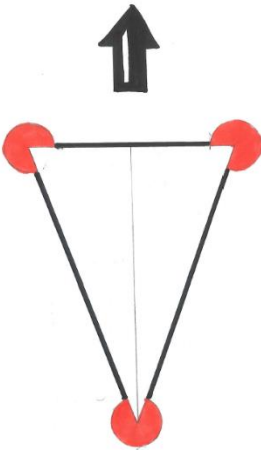
## 9.2 Funksjonsalternativer, integrerte systemer

Konseptene som er utviklet for funksjonsalternativene er hver for seg jobbet med for å få et system som kan tenkes å funke i praksis. Dette var det behov for da mange av funksjonene fungerer eksklusivt med konseptet, og det var noe vanskelig å dele opp funksjon for funksjon. Hvert konsept har blitt tildelt et navn som henter til inspirasjonen for konseptet, og brukes som konseptnavn gjennom masteren. Alle konseptene har et enkelt design for å enklere se størrelse og plassering.

### 9.2.1 Cicada, funksjonskonsept nummer 1

#### Funksjon

Tabell 9-8 Oppsummering, formasjoner

Thrusterkonfigurasjon	Vingekonfigurasjon	Hjulkonfigurasjon
 <p>Rektangel med langsider frem</p>	 <p>Tadpolekonfigurasjon</p>	 <p>Tadpolekonfigurasjon</p>

Denne modellen utnytter en funksjon som er inspirert av en Cicada visuelt, ved å dele opp vingene i to deler, fremre og bakre del.

Hjulformasjon er av typen delta, med to hjul på fremsiden og et hjul på baksiden.



Figur 9.3 Sikade med vingene strekt ut [26].

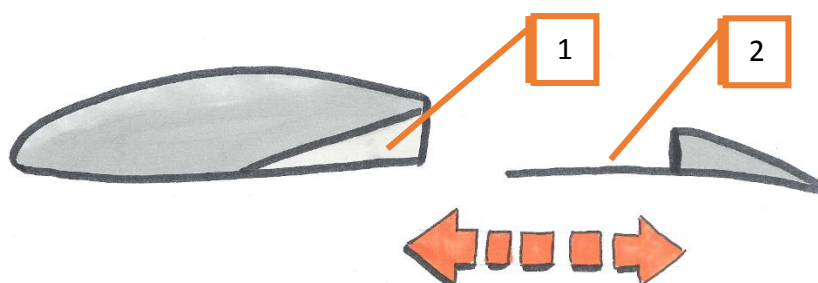
## Størrelse

Størrelsen er estimert på bakgrunn av tegning og komponenter.

Tabell 9-9 Forventede anslåtte størrelser

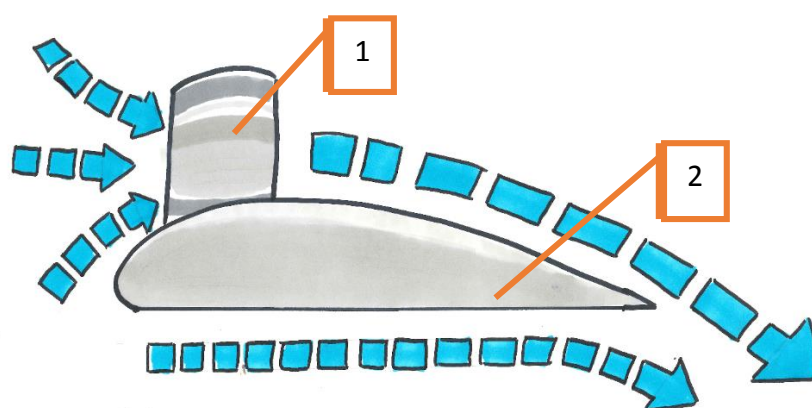
	Bil-modus	Fly-modus
<b>Høyde</b>	1 600 mm	1 600 mm
<b>Bredde</b>	2 500 mm	3 000 mm
<b>Lengde</b>	4 800 mm	4 800 mm
<b>Areal, vinge</b>		3 m <sup>2</sup>

Vingedelene skaper formen når de er samlet, og ved kjøring på veien, vil de fremre delene skape downforce ved hjelp av diffusorer innebygd i vingen og bakre del legges under overchassis.

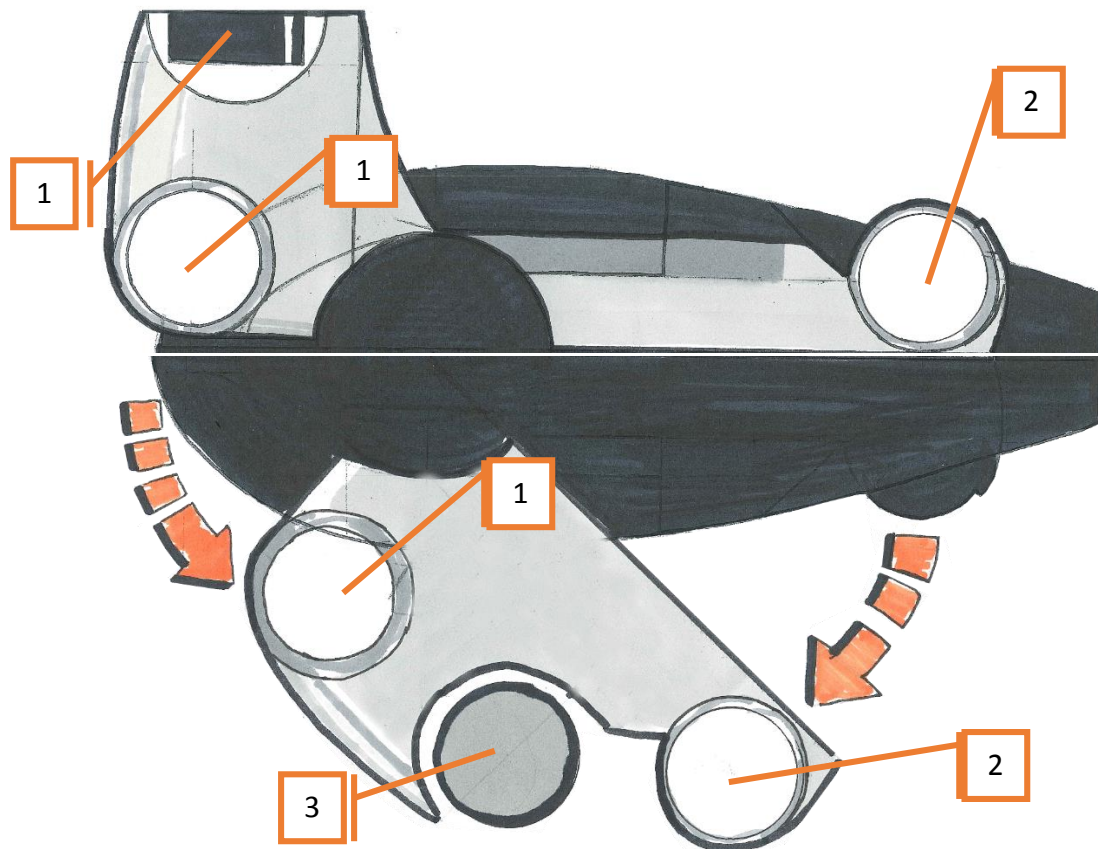


Figur 9.4 Vinge i profil. Punkt 1 viser plassering av diffusor integrert i vingen. Punkt 2 viser overlapp del som skjærer diffusor ved flygning. Oransje pil viser bevegelse av komponenter

viser plasseringen av vingedelene, bevegelsesmønsteret og silhuetten av forventet overchassistørrelse. For delen av overchassis som overlapper med vingene er det gjort plass for luft til å passere over vingen. Denne delen vil blokkeres med thrusterene når fartøyet brukes på veien, på denne måten stopper luftbanen til å skape lift dette ikke er et behov.



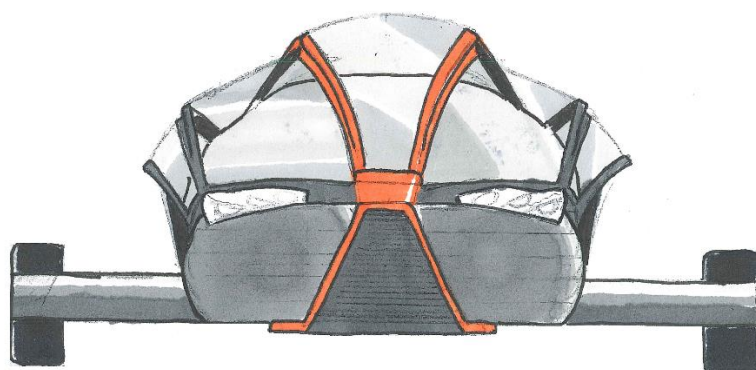
Figur 9.5 Thruster (1) og vinge (2). Blå piler visualiserer luftstrøm.



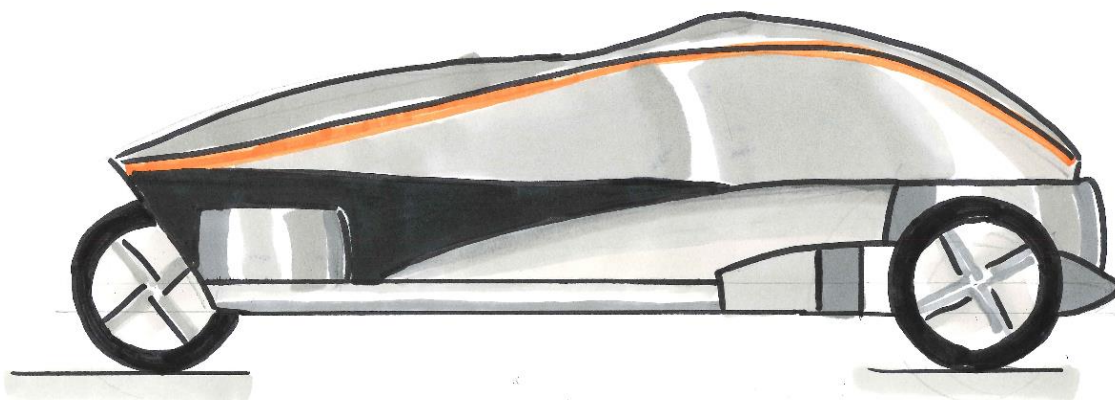
Figur 9.6 Øvre del viser konfigurasjonen ved veikjøring. Nedre del viser bevegelsesmønster og konfigurasjon ved flygning. (1) og (2) er thrustere og (3) er fremre hjul.

Thrustere plasseres på vingedelene (se Figur 9.6). Fremre vinge inneholder thruster (1), som i veitrafikk pakkes inn under fronten på overchassis, og under flygning står sentrert på vingen. Bakre del har thruster (2) ytterst på vingedelen og pakkes inn i bakre del av overchassis. Hjulet roteres for å minske vinmotstandens effekt. Under flygning skaper dette en trapesform, med thrustere (2) ytterst.

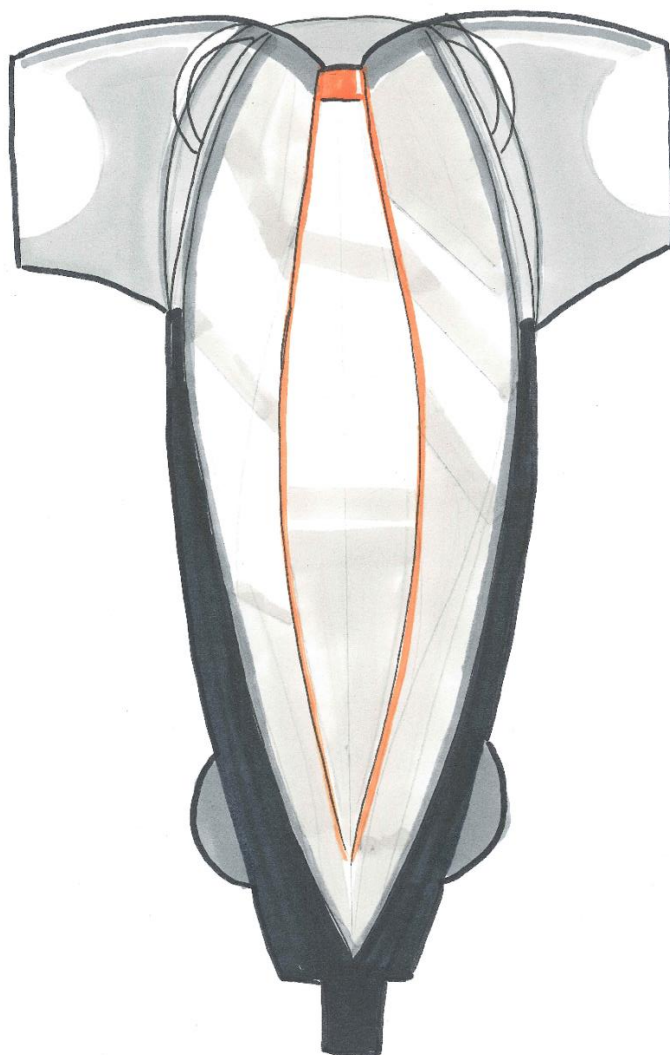
Under flygning vil thrustere (1) være plassert på oversiden av vingene, og vil med hjelp av coanda effekten, sende luften langs vingene og vinkles ned. Denne effekten vil øke effektiviteten på vingene og skape lift.



Figur 9.7 Kjøretøy sett forfra



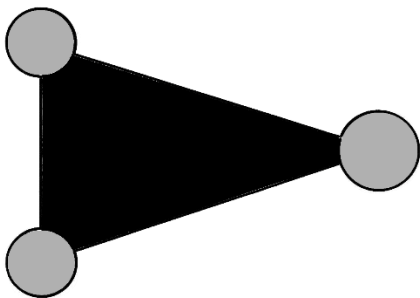
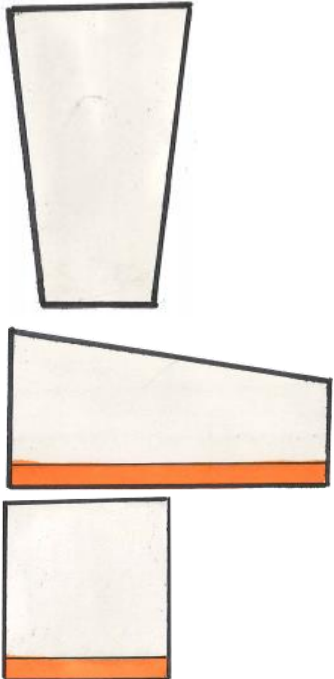
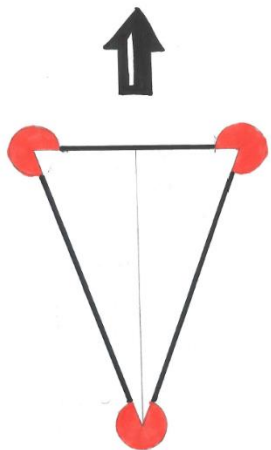
Figur 9.8 Sett fra siden, (1) viser plassering av luftgangen som er senket inn i overchassis og ligger bak thrusterene når bilen kjøres på veien.



Figur 9.9 Sett fra oversiden, veikjøring konfigurasjon

## 9.2.2 Kolibri, funksjonskonsept nummer 2

Tabell 9-10 Oppsummering, formasjoner

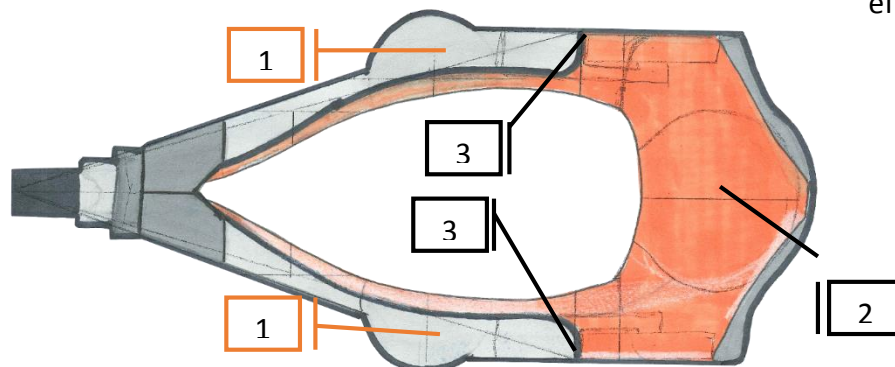
Thrusterkonfigurasjon	Vingekonfigurasjon	Hjulkonfigurasjon
 <p>Tre thrustere i delta konfigurasjon</p>	 <p>Tadpolekonfigurasjon</p>	 <p>Tadpolekonfigurasjon</p>



Figur 9.11 En kolibri som svever [25]

Konsept nummer 2 er inspirert av en kolibri, og inspirasjonen kommer spesifikt frem i vingefunksjon og form.

Modellen har et sett med vinger, tre thrustere og tadpole hjulformasjon. Det er en thruster plassert i front, som er i underkant av 15% større diameter enn bakre thrustere. De bakre thrusterene er forholdsvis smale, dette for at de skal kunne pakkes inn under bilen for å ikke skape problemer for av- og påstigning. Dette vil senke thrusterenes effektivitet.



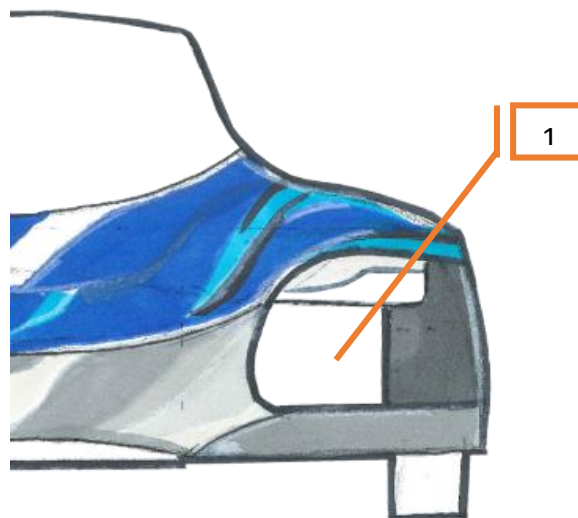
Figur 9.10 1) plassering av bakre thrustere, 2) punkt for rotasjon, 3) fremre thruster



I front er det to åpninger som slipper luft gjennom en kortere vei og formes rundt det dråpeformede overchassis. Dette vil føre til en lavere motstand men samtidig kunne utnyttes for å skape lift i fartøyet.

Designet er forholdsvis enkelt, men fører med et par usikkerhetsmomenter. Thrusterene er plassert mot midten av vingene på grunn av plassproblematikk i bakenden og på grunn av vingens lengde kan en thruster plassert på ytterkanten skape store skjærkrefter og momenter på innfestet.

Thrusteren i forkant kan ikke roteres og vil i all hovedsak skape lift ved takeoff og landing.



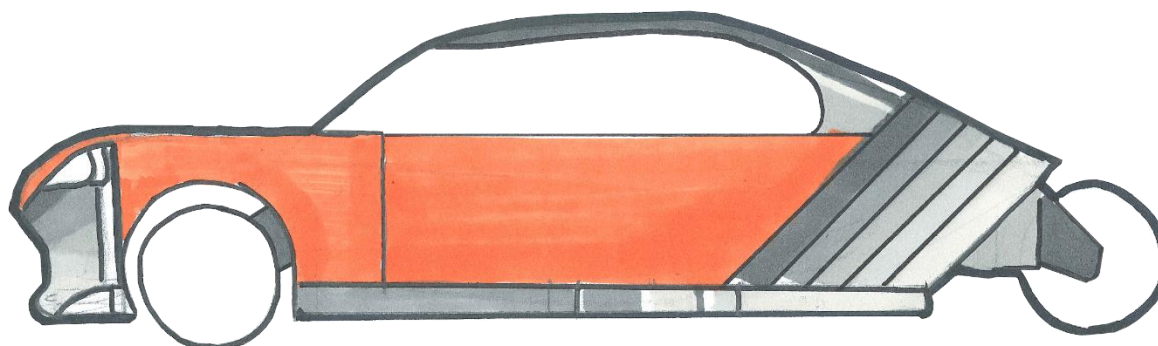
## Størrelse

Størrelsen er estimert på bakgrunn av tegning og komponenter.

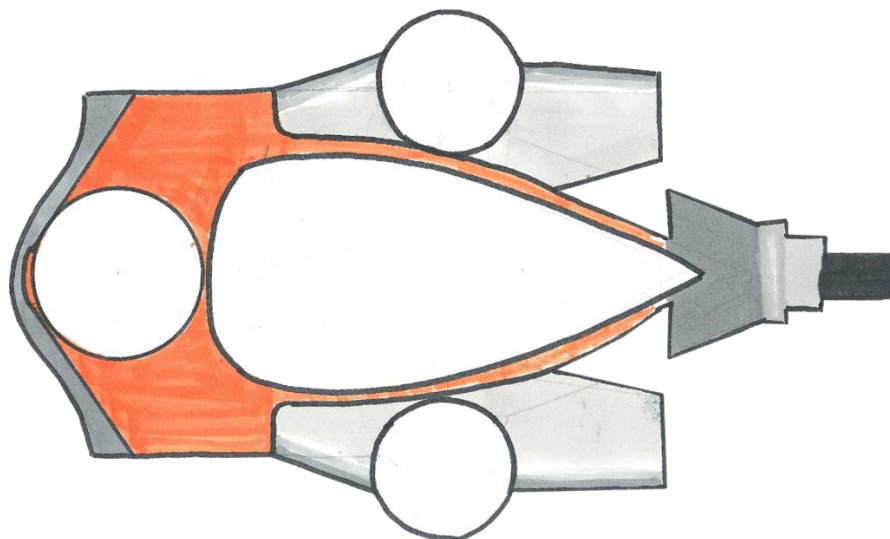
Figur 9.12 1) Plassering av åpent område som slipper luft igjennom

Tabell 9-11 forventede annslåtte størrelser

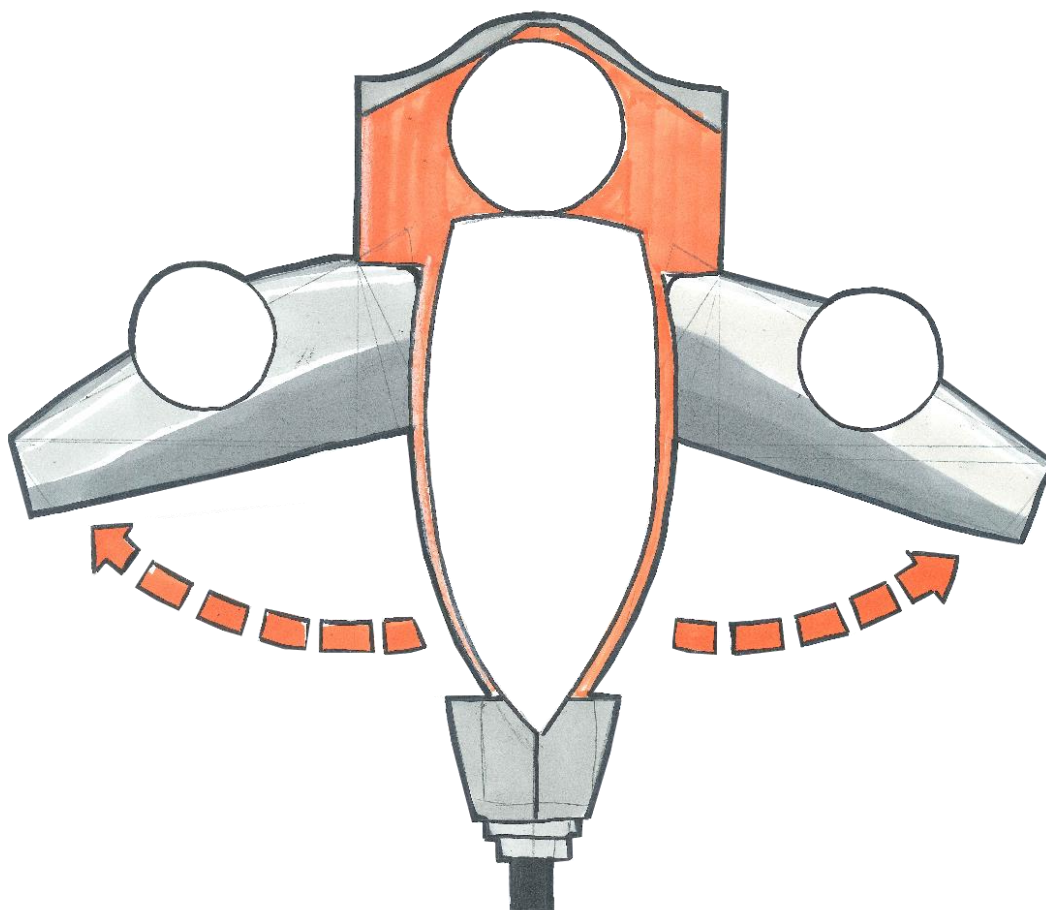
	Bil-modus	Fly-modus
Høyde	1 600 mm	1 600 mm
Bredde	2 000 mm	6 000 mm
Lengde	4 800 mm	4 800 mm
Areal, vinge		5 m <sup>2</sup>



Figur 9.13 Modellen sett fra siden



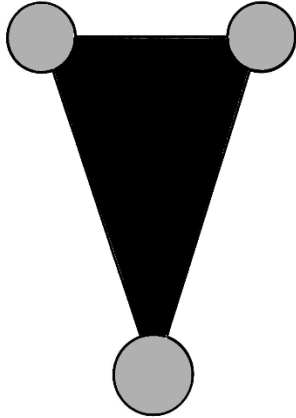
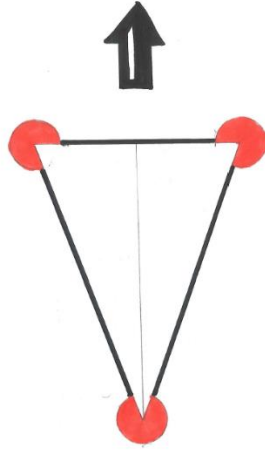
Figur 9.14 Ved liftoff vinkles vingene ut minimalt, så alle thrusterene har tilstrekkelig med rom



Figur 9.15 For cruising vinkles vingene helt ut. Denne bevegelsen foregår underveis i akselerasjonen etter liftoff, for å sikre stabilitet under flygning samt minimere plassbruk ved liftoff.

## 9.2.3 The bubble ship, konsept nummer 3

Tabell 9-12 Oppsummering, formasjoner

Thrusterkonfigurasjon	Vingekonfigurasjon	Hjulkonfigurasjon
 <p>Tre thrustere i tadpole konfigurasjon</p>	Ingen vingefunksjon	 <p>Tadpolekonfigurasjon</p>



Figur 9.16 Bilde tatt fra filmen "oblivion"

Det fjerde konseptet er inspirert av «the bubble ship» fra filmen Oblivion fra 2013. Det tydeligste fellestrekkene er thrusterplassering og den resulterende formen.

Det er to thrustere foran og en bak. Thrusteren bak skaper i hovedsak lift, og thrusterene i front vil skape fremdrift og

«Poden» foran, som inneholde hjulene og thrusterene, har flere ulike mekanismer som er sentrale for designet.

- ❖ Styringsmekanismen ved veikjøring
- ❖ Fjæringsmekanismen ved veikjøring
- ❖ Bevegelsessystemer for thrusterene
- ❖ Styringsmekanismen for flygning
- ❖ Mekaniske delen av balanseringsmekanismen

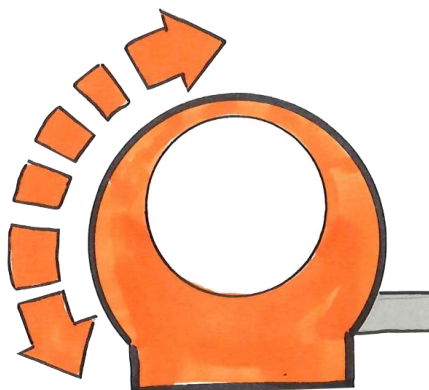
«Pod»-konseptet er basert på en videreutvikling av dempesystemet som er tidligere utviklet for Roskva-motorsykkelen.

### Bevegelsesmønster for fremre thruster og hjul

#### Rotasjon #1

Første rotasjon gjør poden om seg selv. Denne rotasjonen utnyttes for å styre fartøyet under veikjøring. I tillegg har denne rotasjonen evne til å forandre plasseringen til thrusteren, og brukes for å stabilisere fartøyet underveis i flygning.

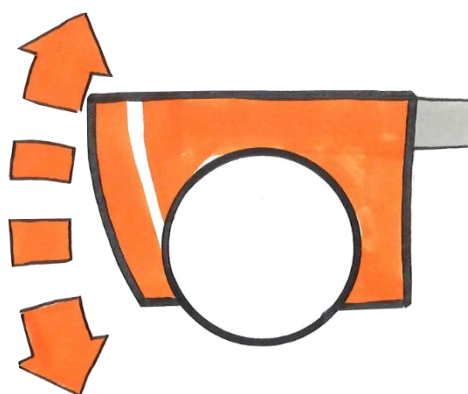
Ved liftoff i små områder, kan denne rotasjonen vinkles 180 grader, og gi en ekstra bredde mellom thrusterne, som gir mulighet for en mer stabil liftoff når «poden» ikke er rotert ut til siden.



Figur 9.17 Rotasjon #1, venstre hjul og thruster, sett ovenfra i veikjøringsmodus

### Rotasjon #2

Den neste rotasjonen fungerer på samme måte som det tidligere utviklede dempesystemet til Roskva motorsykkelen. Armen som fester «poden» til fartøyet vil ta opp kreftene ved veikjøring og dempe disse. Dette betyr at benyttet rom ved hjulene er mindre og gjør hele designet mindre



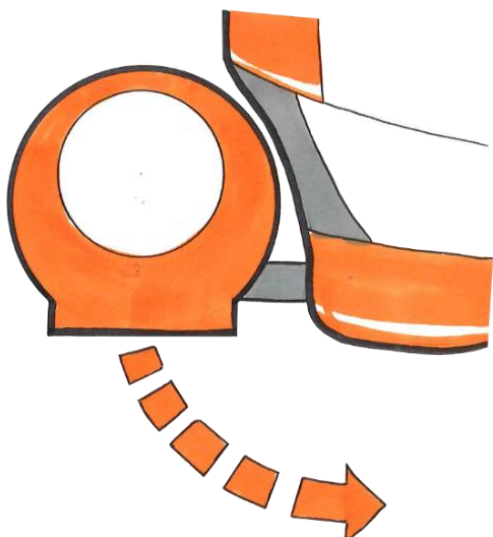
Figur 9.18 Rotasjon #2 som regulerer høyden, som brukes til å dempe fartøyet under veikjøring

### Rotasjon #3

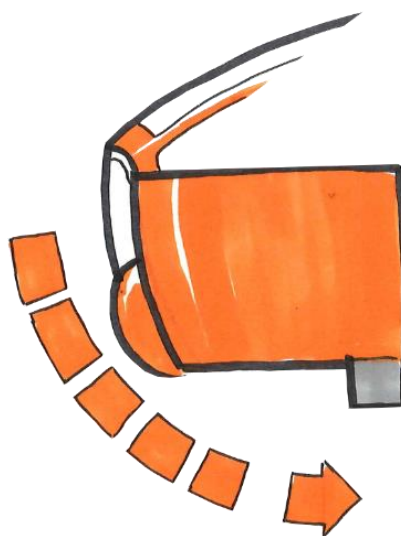
Den tredje rotasjonen er for å rotere poden ut i flymodus. Dette vil skape en bred og stabil plattform ved flygning.

### Rotasjon #4

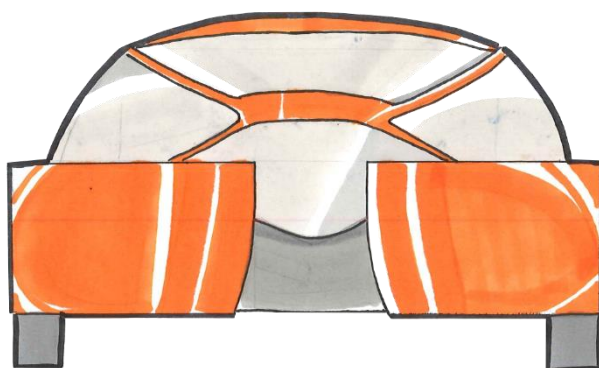
Den siste rotasjonen vinkler «poden» fra loddrett til vannrett. Denne rotasjonen vinkler thrusterene fra kun å skape lift til å skape en kraft som skaper en vannrett hastighet. Denne kan vinkles underveis etter behov, og kan både bremse hastighet.



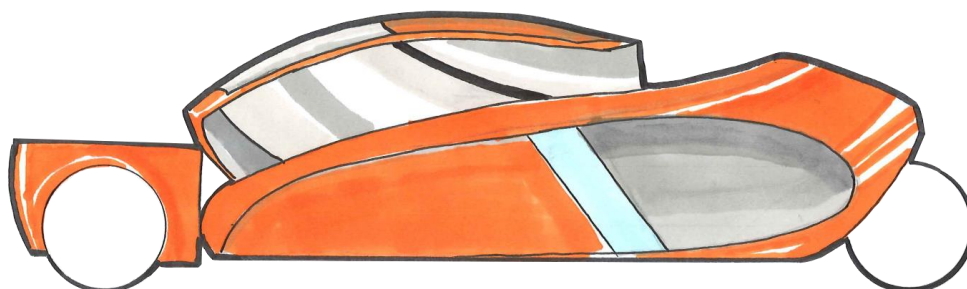
Figur 9.20 Rotasjon #3 for å sette poden i flymodus.



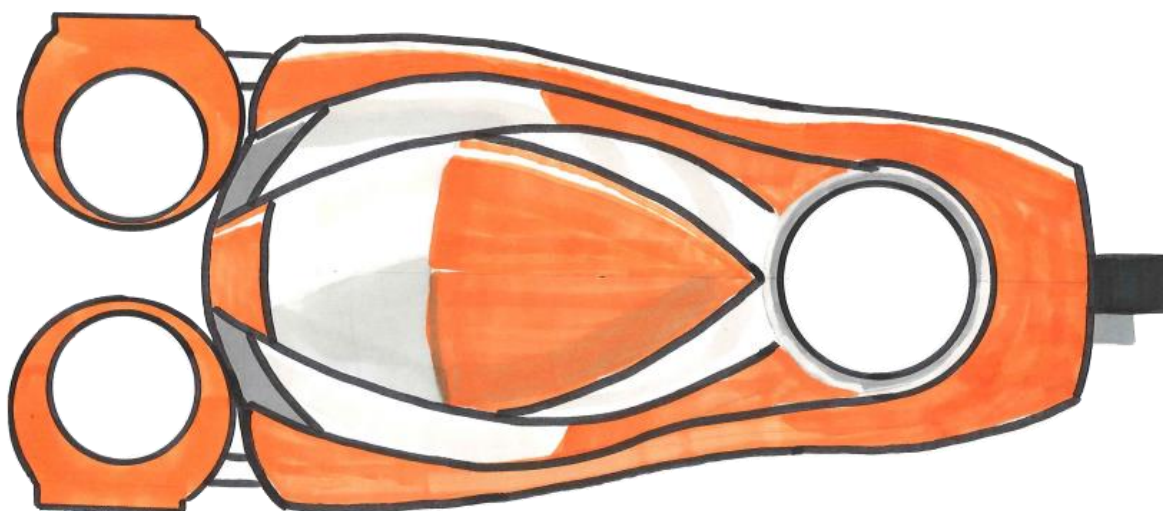
Figur 9.19 Rotasjon #4 for vinkling av thruster for å skape fremdrift og lift



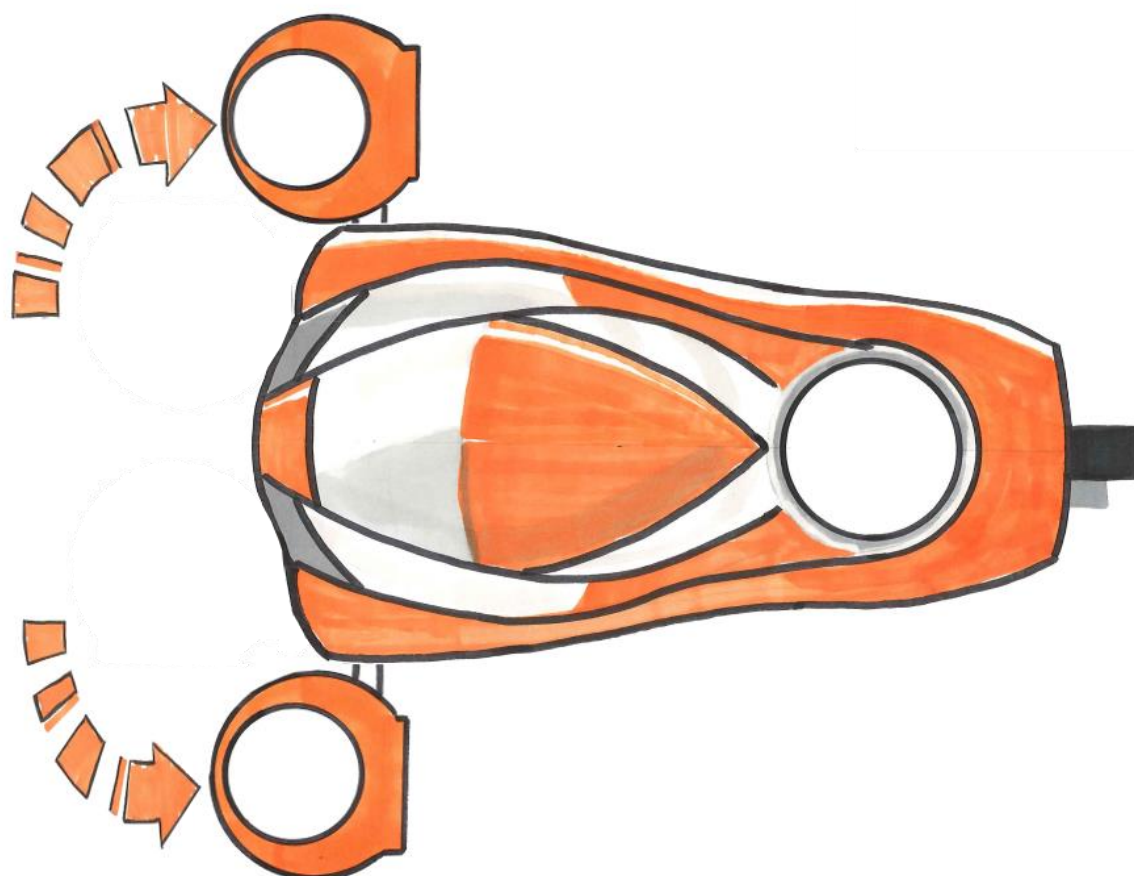
Figur 9.21 Sett forfra, i bilmodus



Figur 9.22 Sett fra siden




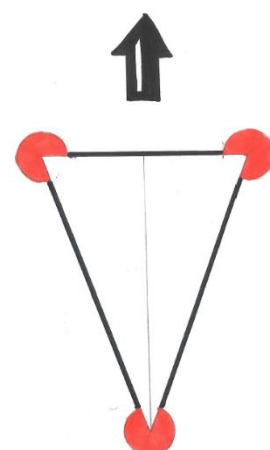
Figur 9.24 Sett ovenfra



Figur 9.23 Sett ovenfra, i flymodus, med piler som viser bevegelsesmønster

## 9.2.4 Dronen, Funksjonskonsept nummer 4

Tabell 9-13 Oppsummering, formasjoner

Thrusterkonfigurasjon	Vingekonfigurasjon	Hjulkonfigurasjon
 <p>Fire thrustere i rektangel konfigurasjon, med kortside frem</p>	Ingen vingefunksjon	 <p>Tadpolekonfigurasjon</p>



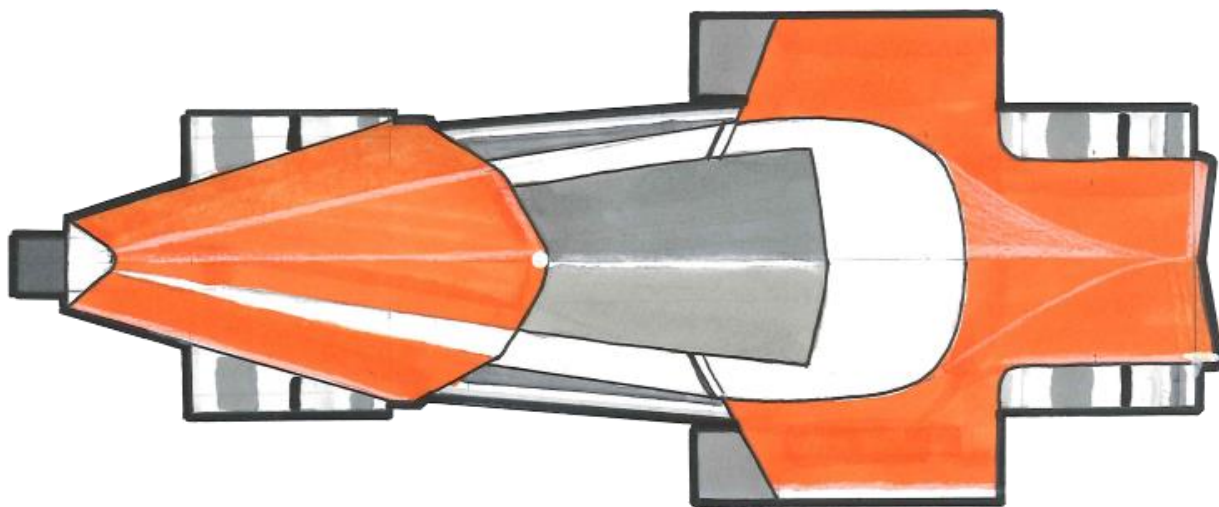
Figur 9.25 13 Bilde av dronen 3dr solo [52]

Det siste konseptet er det som kan forventes som det mest ordinære designet, med 4 thrustere og ingen vinger, i en firkantet konfigurasjon.

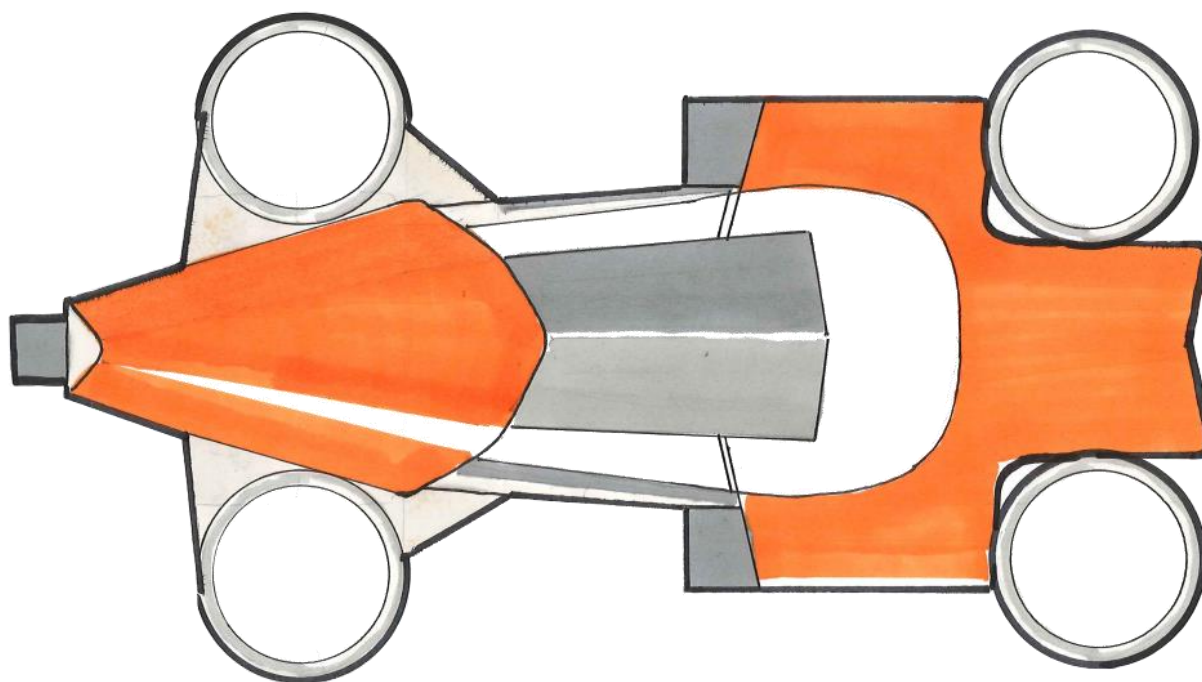
Thrusterene brettes opp foran, og ned bak. Fremdrift skapes ved å lene hele fartøyet fremover som en drone.

Konseptet er veldig lite komplekst, men kommer på bekostning av funksjonaliteten til fartøyet under

flygning. Ved å rotere hele fartøyet kan det skapes ubehagelige bevegelser for sjåfør og passasjer. Det kan også anses som forholdsvis ueffektivt å ha alle thrusterene plassert vertikalt under flygning, men det er en meget enklere måte å løse utfordringene rundt utviklingen på.

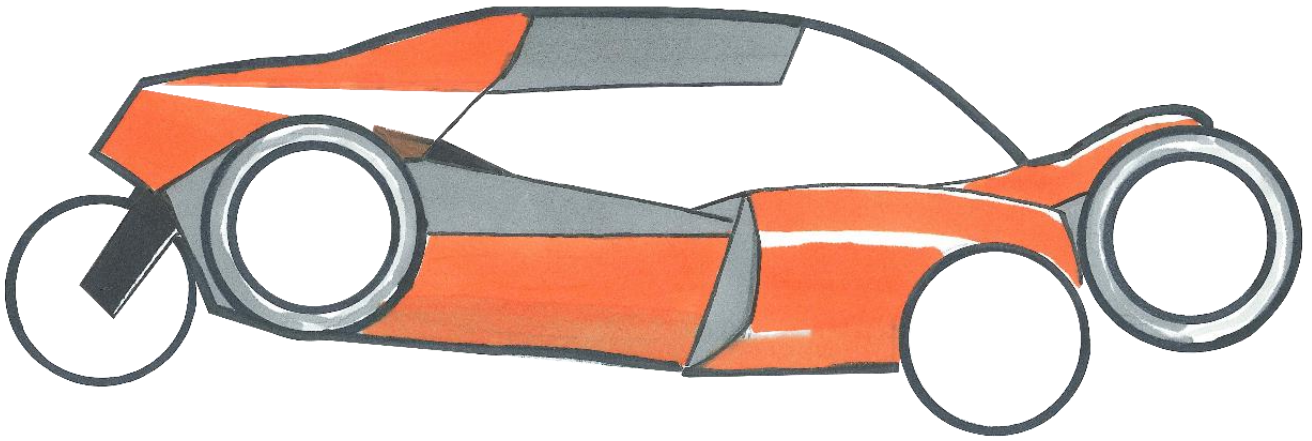


Figur 9.26 Fartøy med thrusterene plassert i bil-modus

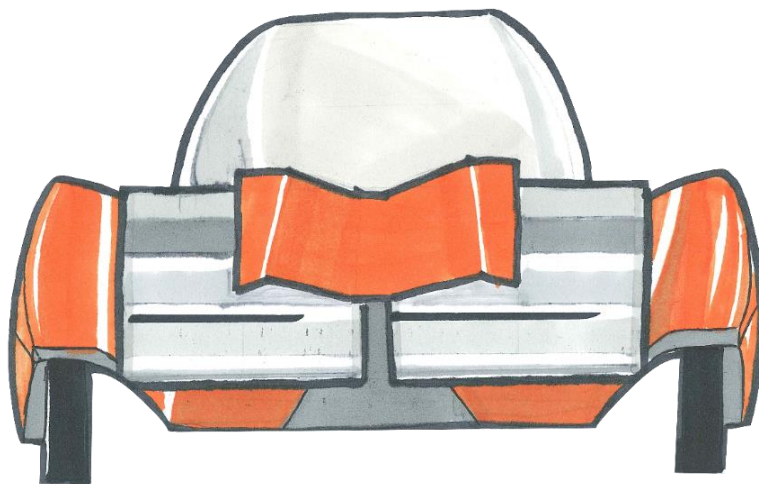


Figur 9.27 Fartøy med thrusterene plassert i fly-modus





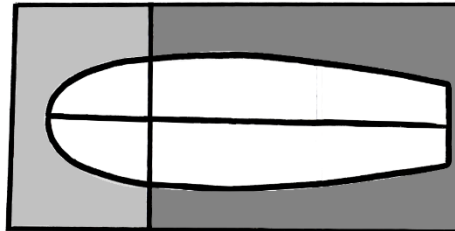
*Figur 9.28 Fartøy fra siden med thrusterene plassert i bil-modus*



*Figur 9.29 Fartøy forfra, i bil-modus*

## 9.2.5 Evaluering av de integrerte funksjonskonseptene

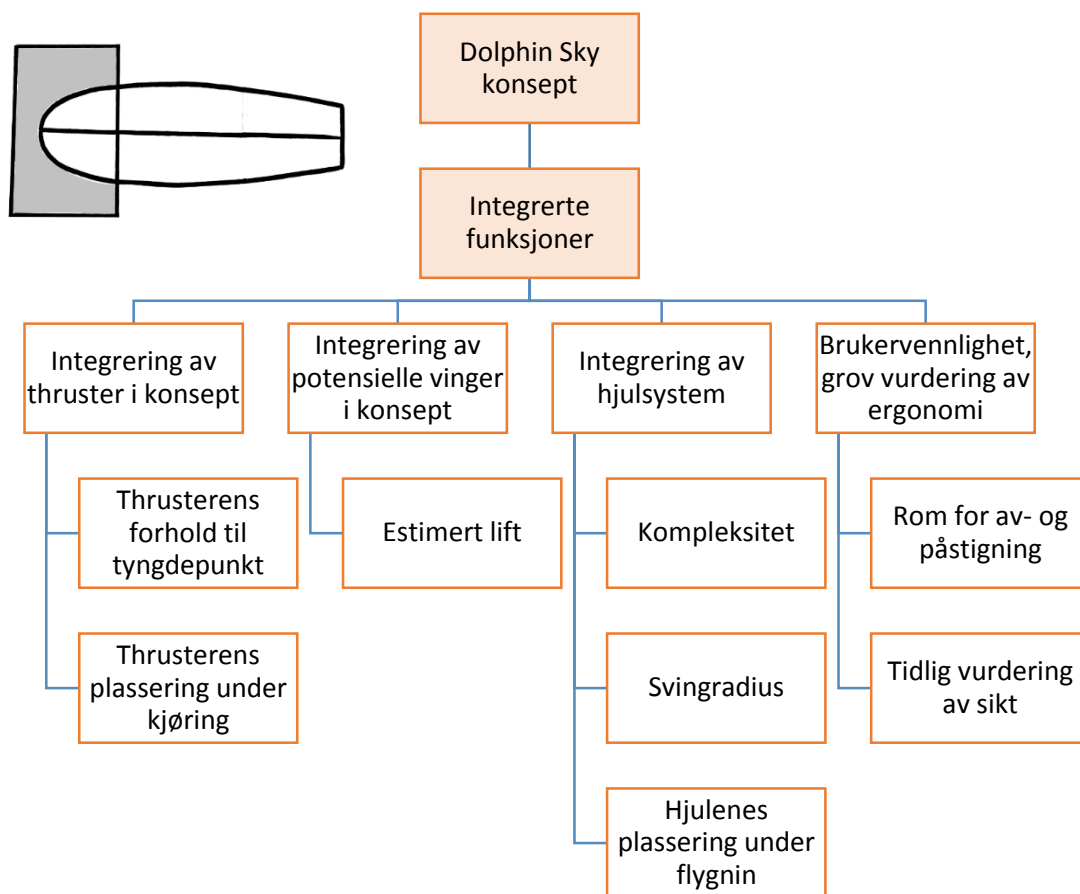
For å se på funksjonaliteten til konseptene, er fartøyet delt opp i to deler, bakre og fremre thrustersystem.



Figur 9.30 Illustrasjon som viser hvordan hele fartøyet er oppdelt

Evalueringen vil ta for seg plasseringen av thruster og hjul, funksjonaliteten og brukervennligheten. Den beste løsningen har en enkel løsning, som fungerer godt med hjulsystemet, skaper ikke problemer for sikt og har gode stabilitetsegenskaper.

### Funksjonalitet, front



Figur 9.31 Funksjonsanalysen for fremre del av fartøyet

## Vekting og kriterier:

### ❖ Integrering av thruster i konseptet

- Thrusterens plassering i forhold til tyngdepunktet ved flygning. Rotorhøyden.
  - Påvirker stabilitet, viktig egenskap, vektet deretter
    - 15%
- Thrusterplassering under bilkjøring
  - Påvirker stabilitet og aerodynamikk, viktige egenskaper, vektet deretter
    - 15%

### ❖ Integrering av potensielle vinger i konseptet

- Estimert lift i 100 km/h. Det vil bli gjort et liftestimert basert på  $C_l$ -verdi mellom 1,0 og 2,0, som er en spennvidde på forventet lav verdi og forventet høy verdi av  $C_l$ -verdi.
  - Vinger påvirker størrelse, aerodynamikk og stabilitet. Om mengde lift ikke er tilstrekkelig, vil vingene være overflødig. Vektet deretter
    - 20%

### ❖ Integrering av hjulsystem

- Kompleksitet - For at hjulsystemet skal være robust for hovedbruken av fartøyet, som vil være som en bil, må hjulsystemet være forholdsvis lav kompleksitet.
  - Egenskap som er forholdsvis lavt rangert.
    - 5%
- Hjulets svingradius.
  - Forholdsvis spesifikk kriterie i forhold til andre. Viktig element brukervennlighet under bilkjøring. Vektet som en liten kriterie.
    - 5%
- Hjulenes plassering under flygning
  - Påvirker aerodynamikken ved flygning. Et noe spesifikt element for aerodynamikken som kan skape trykkproblemer. Vektet som et kritisk punkt.
    - 20%

### ❖ Brukervennlighet, grov vurdering av ergonomi

- Rom for av- og påstigning. Vil konseptet ha elementer som plasseres på en slik måte at elementene skaper problemer for av- og påstigning.
  - Brukervennlighet er ikke et spesifikt punkt under egenskapene, men inkluderes i det realistisk og kompleksitet egenskapen til fartøyet. Vektet som en middels egenskap.
    - 10%
- Sikt. Dette kriteriet tar for seg potensielle elementer som vil være i veien for sikt, f.eks thrustere, vinger, hjul osv.
  - Vektet på samme grunnlag som av- og påstigning, som en middels egenskap.

- 10%

Tabell 9-14 Seleksjonsmatrise for fremre del, Cicada

<b>Cicada</b>				
	Vekting	Bedømming	Poeng	Vektet Poeng
<b>Integrering av thrustere</b>				
<i>Rotorhøyde og tyngdepunkt</i>	15%	Rotorhøyde angriper ca midt på fartøyets høyde. Vinger som påvirker tyngdepunktet negativt, og vil være noe høyere plassert. DÅRLIG	-	-0,15
<i>Thrusterplassering, bilkjøring</i>	15%	Fremre thrustere ligger godt under fronten på fartøyet. BRA	+	0,15
<b>Integrering av potensielle vinger</b>				
<i>Estimert lift</i>	20%	Fra formel 2 genereres følgende verdier: $L_1 = 1414 \text{ N}$ $L_2 = 2828 \text{ N}$ Vingene skaper lav lift ved 100 km/h. DÅRLIG	-	-0,20

Tabell 9-15 forts.	Vekting	Bedømming	Poeng	Vektet Poeng
<b>Integrering av hjulsystem</b>				
<i>Kompleksitet</i>	5%	Lite rom skaper en kompleks situasjon. DÅRLIG	-	-0,05
<i>Hjulets svingradius</i>	5%	Dårlige muligheter for svingradius. Baserer seg på at den komplekse konstruksjonen har gjennomført en god løsning. DÅRLIG	-	-0,05
<i>Hjulenes plassering under flygning</i>	20%	Konseptet baseres på at hjulene vinkles horisontalt under flygning. BRA	+	0,20
<b>Brukervennlighet</b>				
<i>Rom for av- og påstigning</i>	10%	Konseptet skaper ikke nevneverdige utfordringer for av- og påstigning. BRA	+	0,10
<i>Sikt</i>	10%	Vingene kan skape dårlig sikt ned. Fremre thruster kan skape problemer for sikt til siden. Hjul skaper ikke nevneverdige utfordringer. OK	=	0
<b>Sum</b>	<b>100%</b>		<b>-1</b>	<b>0</b>

## Kommentarer til fremre del av Cicada

Med en vektet poengsum på 0 er dette konseptet ansett som midt på treet.

Konseptet påvirkes av at vingesystem er en løsning som skaper ringvirkninger for tyngdepunktet, thrusterplassering, hjulsystemet og sikt. At vingene skaper en lift med en spennvidde som skaper lite trykk gjør konseptet uegnet for flygning og kjøring.

Konseptet får pluss for integrering av at thrusterene er plassert under overchassis, hjulene er integrert horisontalt ved flygning og brukervennligheten til av- og påstigning, men dette kommer på bekostning av størrelsen på vingen og at bredden overstiger de metriske grensespesifikasjonene. Det er forsøkt å implementere konseptet så grensespesifikasjonene ikke blir spesielt påvirket, men dette var ikke tilstrekkelig.

Tabell 9-16 Seleksjonsmatrise for fremre del, Kolibri

<b>Kolibri</b>				
	Vekting	Bedømming	Poeng	Vektet Poeng
<b>Integrering av thrustere</b>				
Rotorhøyde og tyngdepunkt	15%	Rotorhøyde angriper litt over midten på fartøyets høyde. Vinger påvirker tyngdepunktet negativt, og vil være noe høyere plassert. OK	=	0
Thrusterplassering, bilkjøring	15%	Godt plassert. BRA	+	0,15
<b>Integrering av potensielle vinger</b>				
Estimert lift	20%	Fra formel 2 genereres følgende verdier: $L_1 = 2357 \text{ N}$ $L_2 = 4714 \text{ N}$ Vingene skaper lav lift ved 100 km/h. DÅRLIG	-	-0,20
<b>Integrering av hjulsystem</b>				
Kompleksitet	5%	Godt med rom for hjulsystemet. BRA	+	0,05
Hjulets svingradius	5%	Gode muligheter for sving. BRA	+	0,05
Hjulenes plassering under flygning	20%	Rom for å heve hjulene delvis inn i kroppen (rett opp). OK	=	0
<b>Brukervennlighet</b>				

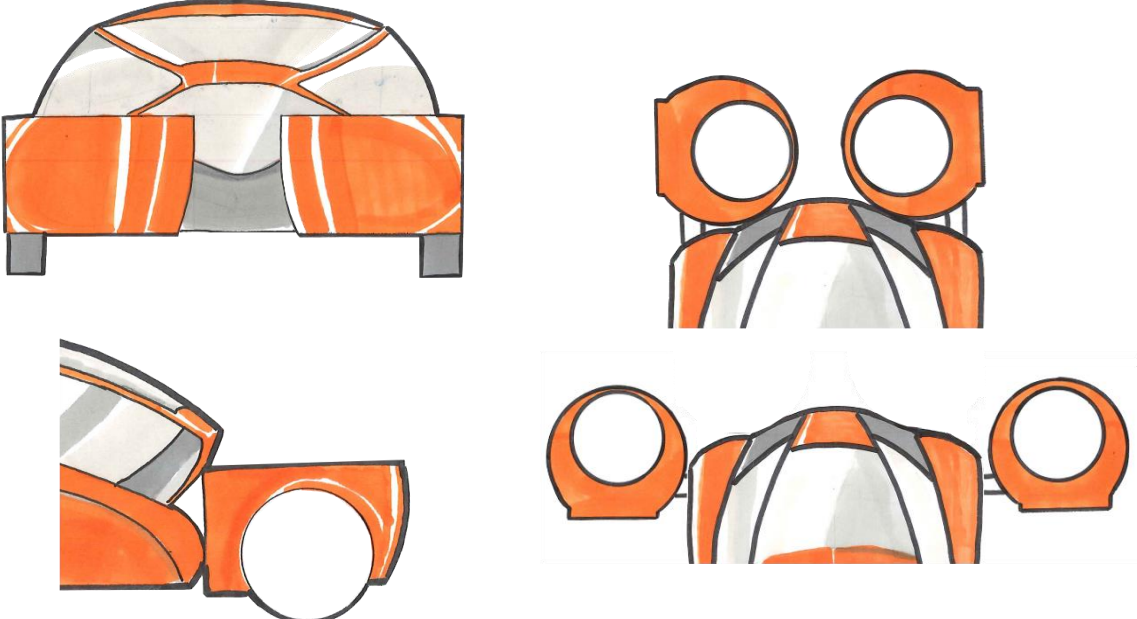
Tabell 9-17 forts.	Vekting	Bedømming	Poeng	Vektet Poeng
<i>Rom for av- og påstigning</i>	10%	Konseptet skaper ikke nevneverdige utfordringer for av- og påstigning. BRA	+	0,10
<i>Sikt</i>	10%	Forholdsvis smale vinger skaper ikke spesielt nevneverdig utfordring med sikt. En stor thruster i front tar mye rom, som kan skape utfordringer med sikt.	=	0
<b>Sum</b>	<b>100%</b>		<b>3</b>	<b>0.15</b>

### Evaluerings av fremre del av Kolibri

En bedre løsning enn Cicada da påvirkningen av vingesystemet ikke er like stor. Løsningen påvirkes fortsatt av et ufordelaktig tyngdepunkt på grunn av vingene, men thrusterplasseringen mer optimal.

Hjulsystemet er gunstig med lite påvirkning fra thruster og vingesystem.

Tabell 9-18 Seleksjonsmatrise for fremre del, The bubble ship

<b>The bubble ship</b>				
				
	Vekting	Bedømming	Poeng	Vektet Poeng
<b>Integrering av thrustere</b>				

<i>Tabell 9-19 forts.</i>	Vekting	Bedømming	Poeng	Vektet Poeng
<i>Rotorhøyde og tyngdepunkt</i>	15%	Rotorhøyde angriper litt over midten på fartøyets høyde. Ved å ikke ha vinger vil tyngdepunktet være noe lavere. BRA	+	0,15
<i>Thrusterplassering, bilkjøring</i>	15%	Ukjemmet plassert mellom fremhjulene. BRA	+	0,15
<b>Integrering av potensielle vinger</b>				
<i>Estimert lift</i>	20%	Ingen vingeløsning	=	0
<b>Integrering av hjulsystem</b>				
<i>Kompleksitet</i>	5%	Fronthjulene bærer preg av kompleksitet. Ved å sammenslå bevegelser klatrer systemet noen trinn. OK	=	0
<i>Hjulets svingradius</i>	5%	Gode muligheter for sving. Ved å rotere hjulene rundt hjulene om «poden» vil hjulene få noe dårligere plassering ved sving. OK-	=	0
<i>Hjulenes plassering under flygning</i>	20%	Hjulene roteres og ligger bak poden, når thrusterene roteres imot flyretning. Hjulene vil ofte være gunstig plassert. BRA	+	0,20
<b>Brukervennlighet</b>				
<i>Rom for av- og påstigning</i>	10%	Godt med rom for av- og påstigning. BRA	+	0,10
<i>Sikt</i>	10%	Noe sikt vil bli kjemmet av «poden», men ikke spesielt stor påvirkning. BRA	+	0,10
<b>Sum</b>	<b>100%</b>		<b>5</b>	<b>0,7</b>

## Evaluerings av fremre del av The bubble ship

En hjul- og thrusterløsning som skaper gode resultater med på en forholdsvis kompleks måte. Svingsystemet til hjulene skaper en utfordring, men kan påvirkes ved å rotere hele poden ut. Dette vil sikre stabilitet men vil øke bredden. En løsning som vil fungere men ikke er optimal.

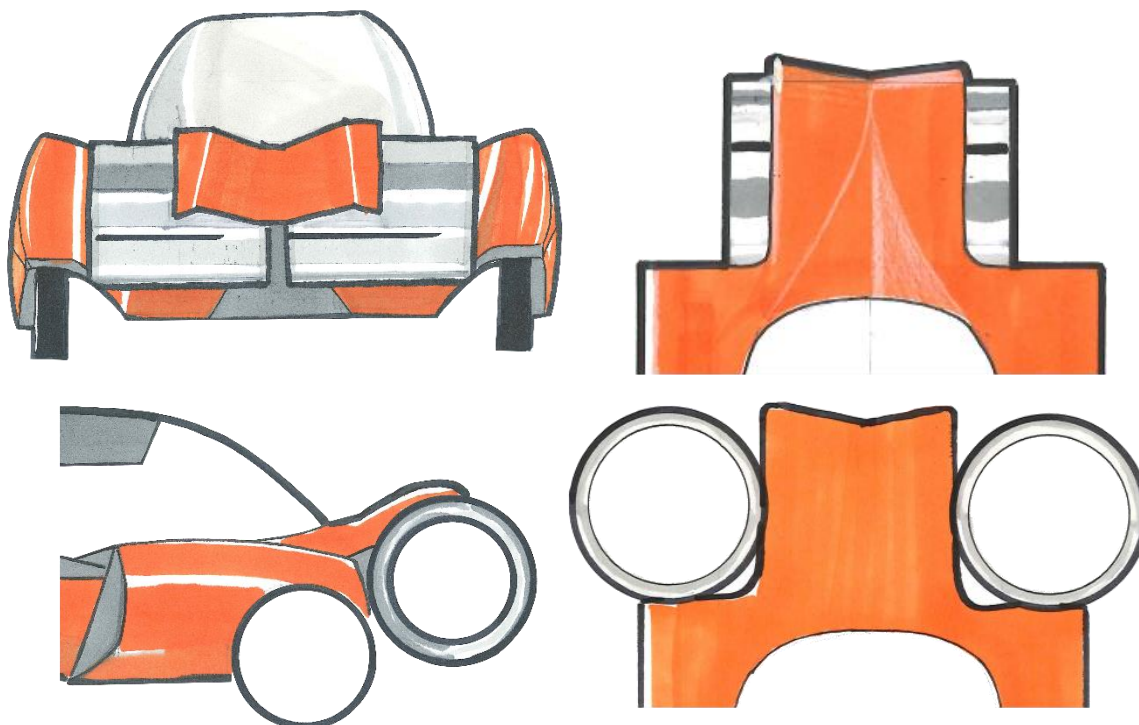
Generelt er denne løsningen veldig god med fleksibilitet og stabilitet som styrker. Aerodynamiske egenskapene kan være utfordrende ved punktet mellom thruster/hjul og hoveddel av fartøyet. Ved en dypere jobb med aerodynamikken og forholdene i dette punktet kan dette optimeres.



Ingen vingeløsning skaper en mindre komplisert løsning, som kan argumenteres å være redningen til konseptet, da fremre del allerede er komplekst.

Tabell 9-20 Seleksjonsmatrise for fremre del, Dronen

**Dronen**



	Vekting	Bedømming	Poeng	Vektet Poeng
<b>Integrering av thrustere</b>				
<i>Rotorhøyde og tyngdepunkt</i>	15%	Veldig god høyde på rotorbladet. Ved å ikke ha vinger vil tyngdepunktet være noe lavere. BRA	+	0,15
<i>Thrusterplassering, bilkjøring</i>	15%	Ugunstig plassering. Høyt plassert, åpen for småskader. Dårlig	-	-0,15
<b>Integrering av potensielle vinger</b>				
<i>Estimert lift</i>	20%	Ingen vingeløsning	=	0
<b>Integrering av hjulsystem</b>				
<i>Kompleksitet</i>	5%	Lite kompleksitet. BRA	+	0,05
<i>Hjulets svingradius</i>	5%	Noe preget av thrusterplassering. Hjul plassert langt bak skader svingstabiliteten. DÅRLIG+	-	-0,05

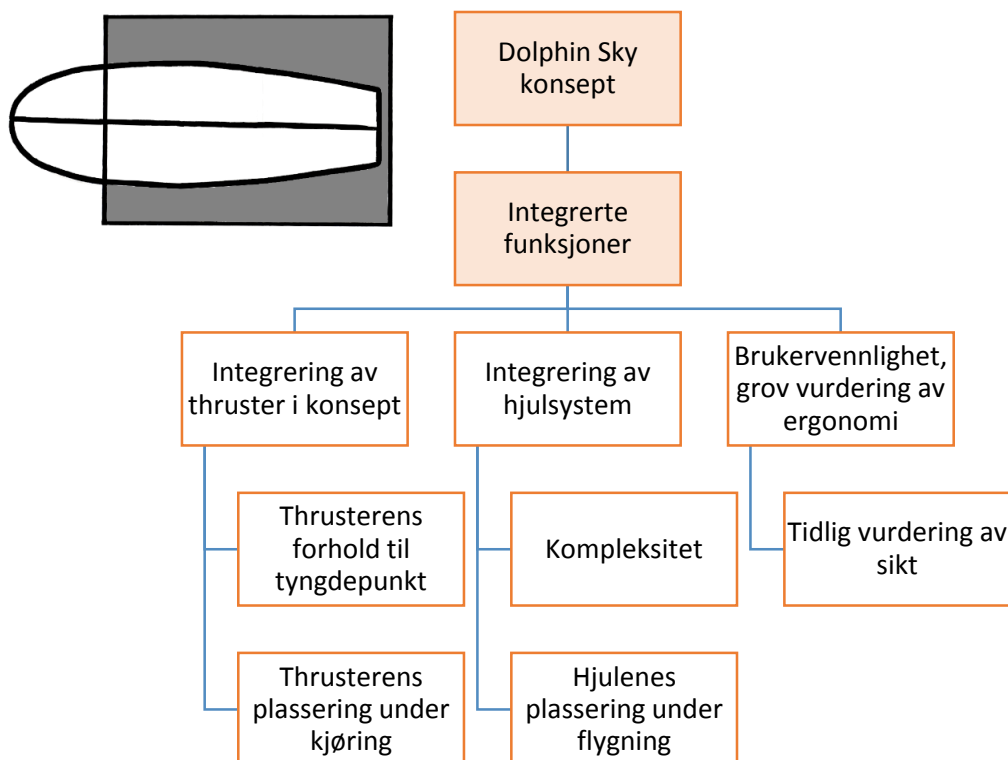
Tabell 9-21 forts.	Vekting	Bedømming	Poeng	Vektet Poeng
Hjulenes plassering under flygning	20%	Mulighet for heving av hjulene under flygning. OK	=	0
<b>Brukervennlighet</b>				
Rom for av- og påstigning	10%	Da hjulene er plassert lengre bak, skades tilgjengeligheten til kupè. DÅRLIG	-	-0,10
Sikt	10%	Sikt er veldig hemmet av thrusterne under både flygning og kjøring. DÅRLIG	-	-0,10
<b>Sum</b>	<b>100%</b>		<b>-2</b>	<b>-0,20</b>

### Kommentarer til fremre del av Dronen

En løsning som er lite kompleks på bekostning av kjøreegenskaper, fly egenskaper og brukervennlighet. En generelt dårlig løsning med store utfordringer. Pluss for rotorplassering i forhold til tyngdepunktet.

### Funksjonalitet, bak

Kriteriene for bakparten av designet bærer stor likhet til fremre del. Forskjell er at kriterier for vingene og av- og påstigning er samlet i fremre del for å skape symmetri i metode.



Figur 9.32 Funksjonsanalysen for bakre del av fartøyet

## Vekting og kriterier

Følgende kriterier og vekting er lagt som grunnlag for bakre del av konseptene.

### ❖ Integrering av thruster i konseptet

- Thrusterens plassering i forhold til tyngdepunktet ved flygning. Rotorhøyden.
  - Påvirker stabilitet, viktig egenskap, vektet deretter
    - **25%**
- Thrusterplassering under bilkjøring.
  - Påvirker stabilitet og aerodynamikk, viktige egenskaper, vektet deretter
    - **25%**

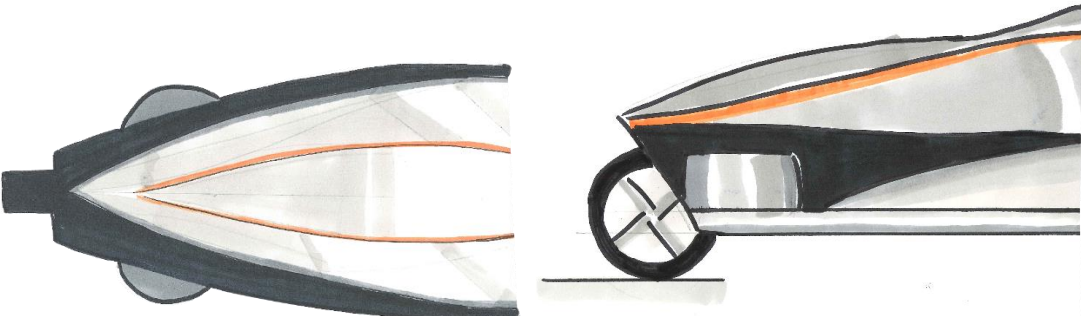
### ❖ Integrering av hjulsystem

- Kompleksitet - For at hjulsystemet skal være robust for hovedbruken av fartøyet, som vil være som en bil, må hjulsystemet være forholdsvis lav kompleksitet.
  - Egenskap som er forholdsvis lavt rangert.
    - **10%**
- Hjulenes plassering under flygning
  - Påvirker aerodynamikken ved flygning. Et noe spesifikt element for aerodynamikken som kan skape trykkproblemer. Vektet som et kritisk punkt. Senket noe da det bare innebærer et hjul.
    - **20%**

### ❖ Brukervennlighet, grov vurdering av ergonomi

- Sikt. Dette kriteriet tar for seg potensielle elementer som vil være i veien for sikt, f.eks thrustere, vinger, hjul.
  - Vektet på samme grunnlag som av- og påstigning, som en middels egenskap.
    - **20%**

Tabell 9-22 Seleksjonsmatrise for bakre del, Cicada

Cicada		Vekting	Bedømming	Poeng	Vektet poeng
					

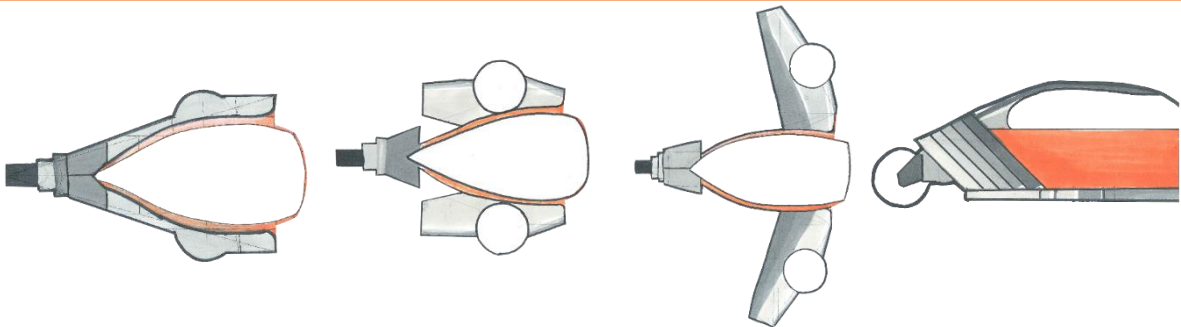
Tabell 9-23 forts.	Vekting	Bedømming	Poeng	Vektet poeng
<b>Integrering av thruster</b>				
<i>Thrusterens plassering, høyde og tyngdepunkt</i>	25%	Noe lavt plassert. DÅRLIG	-	-0,25
<i>Thrusterplassering under bilkjøring</i>	25%	Thruster ligger tett på bakhjulet. Vekt langt bak påvirker stabilitet negativt. Lite rom for hjul. DÅRLIG	-	-0,25
<b>Integrering av hjulsystem</b>				
<i>Kompleksitet</i>	10%	Enkel løsning, minus for nevnte mulighetene rundt rommet. OK	=	0
<i>Hjulets plassering under flygning</i>	20%	Kan ikke med sikkerhet bekrefte at hjulet kan heves under flygning. Utgangspunktet blir dermed at dette ikke vil befinne seg. DÅRLIG	-	-0,20
<b>Brukervennlighet</b>				
<i>Sikt</i>	20%	Ikke problem med sikt under både flygning og kjøring.	+	0,20
<b>Sum</b>	<b>100%</b>		<b>-2</b>	<b>-0,50</b>

## Kommentarer til bakre del av Cicada

Bakre del av Cicada værere preg av kompromisser som skaper problemer for konseptet. Plassering av thruster er lagt bak for å skape større overflate for vingene, men skaper problematikk for hjulsystemet. Thrustere som er lave for å enkelt integreres i vingen men skaper et lavt plassert angrepspunkt.

Løsningen bærer preg av en løsning som ikke er godt integrert som reflekterer den vektete summen.

Tabell 9-24 Seleksjonsmatrise for bakre del, Kolibri


<b>Kolibri</b>				
				
	Vekting	Bedømming	Poeng	Vektet poeng
<b>Integrering av thruster</b>				
<i>Thrusterens plassering, høyde og tyngdepunkt</i>	25%	Meget lavt angrepspunkt på rotoren. Lav thruster skaper også ueffektiv thrust. DÅRLIG	-	-0,25
<i>Thrusterplassering plassering under bilkjøring</i>	25%	Ved å ha thrusterene mot midten av fartøyet, vil det være gunstig plassering av hjulene. Plasseringen under fartøyet skaper rom for skade, eller ekstra høyde ved behov for beskyttelse. DÅRLIG	-	-0,25
<b>Integrering av hjulsystem</b>				
<i>Kompleksitet</i>	10%	God løsning. BRA	+	0,10
<i>Hjulets plassering under flygning</i>	20%	Kan designes rom hvor hjulet heves inn i under flygning. BRA	+	0,20
<b>Brukervennlighet</b>				
<i>Sikt</i>	20%	Ikke problem med sikt under både flygning og kjøring. BRA	+	0,20
<b>Sum</b>	<b>100%</b>		<b>1</b>	<b>0</b>

### Kommentarer til bakre del av Kolibri

Kolibri løsningen viser sterke motsetninger i funksjonaliteten til thrusterene, og hjulsystemet og brukervennlighet. Det er tatt steg for å sikre en god brukervennlighet men på sterk bekostning av thruster, thrusterens angrepspunkt og thrusterens plassering under bilkjøring.

Med slike store motsetninger er den vektete summen på 0 en sum basert på gjennomsnittet av to ekstrempunkter.

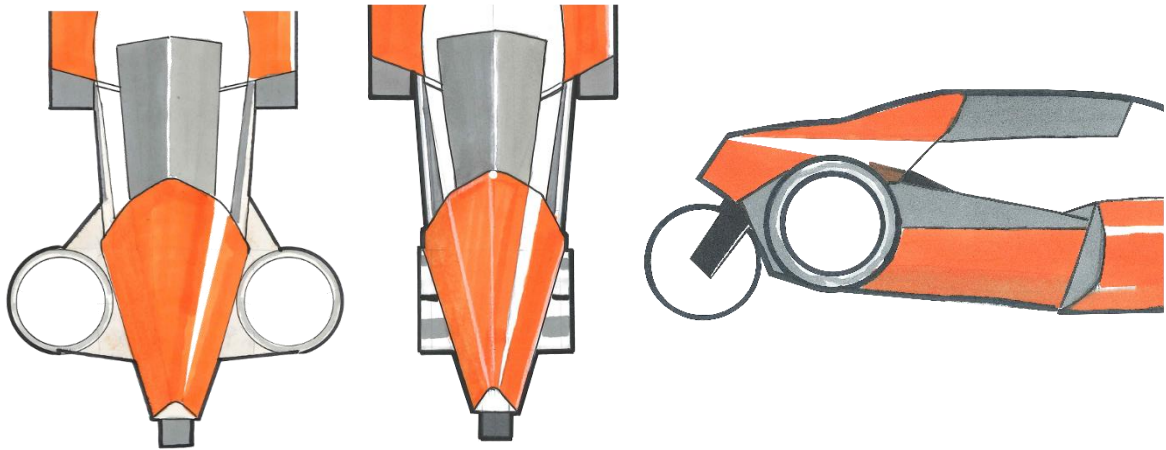
Tabell 9-25 Seleksjonsmatrise for bakre del, The bubble ship

<b>The bubble ship</b>				
				
	Vekting	Bedømming	Poeng	Vektet poeng
<b>Integrering av thruster</b>				
<i>Thrusterens plassering, høyde og tyngdepunkt</i>	25%	En thruster er plassert med veldig fordelaktig angrepspunkt høyt i fartøyet. Ukjemmet plassert. BRA	+	0,25
<i>Thrusterplassering plassering under bilkjøring</i>	25%	Ved å ha thrusteren mot midten av fartøyet, vil det være gunstig plassering av hjulene. Kan være en fordelaktig aerodynamisk effekt, men kan også skape trykk ved en separert luftboble rundt og etter slutten av kupèn. OK	=	0
<b>Integrering av hjulsystem</b>				
<i>Kompleksitet</i>	10%	Meget enkelt løsning. BRA	+	0,10
<i>Hjulets plassering under flygning</i>	20%	Kan enkelt designes rom hvor hjulet heves inn i, eller bak, under flygning. BRA	+	0,20
<b>Brukervennlighet</b>				
<i>Sikt</i>	20%	Noe høy bakpart på fartøyet kan skape siktproblemer bakover. Kan redesignes for å ikke påvirke i samme grad. BRA	+	0,20
<b>Sum</b>	<b>100%</b>		<b>4</b>	<b>0,75</b>

## Kommentarer til bakre del av The bubble ship

Med unntak av små aerodynamiske utfordringer bak kupèn, viser denne løsningen å være balansert mellom funksjonalitet i alle ledd. Med unntak av at løsningens fravær av kompleksitet, er det lite egenskaper som stikker ut som spesielt nevneverdig.

Tabell 9-26 Seleksjonsmatrise for bakre del, Dronen

<b>Dronen</b>				
				
	Vekting	Bedømming	Poeng	Vektet poeng
<b>Integrering av thruster</b>				
<i>Thrusterens plassering, høyde og tyngdepunkt</i>	25%	Enkel utfoldelse. God høyde i forhold til tyngdepunkt. BRA	+	0,25
<i>Thrusterplassering under bilkjøring</i>	25%	Tar stor plass, høy sjans for trykkproblemer og separert flow. DÅRLIG	-	-0,25
<b>Integrering av hjulsystem</b>				
<i>Kompleksitet</i>	10%	Meget enkelt løsning. BRA	+	0,10
<i>Hjulets plassering under flygning</i>	20%	Kan designes rom hvor hjulet heves inn i under flygning. Utfordrende å skape plass for systemet som gjør dette. OK	=	0
<b>Brukervennlighet</b>				
<i>Sikt</i>	20%	Bred thrusterplassering skaper problemer. Under kjøring kan thrusterene være kjemmende. DÅRLIG	-	-0,20
<b>Sum</b>	<b>100%</b>		<b>0</b>	<b>-0,10</b>

## Kommentarer til bakre del av Dronen

Løsningen til dronen er enkel, men aerodynamisk vanskelig å integrere. Det er skarpe kanter som skaper fare for separert flow, spesielt i tilknytning til thrusterene, men også bak hjulene men dette kan endres ved videre design.



## 10 Foretrukket konseptløsning

I dette kapitlet skal det velges ut et hovedkonsept og et designkonsept knyttet til hovedkonseptet. Hovedkonseptet vil delvis være begrunnet av matrisene for de integrerte løsningene og delvis utvalgt av generelle kategorier da det er ansett som viktig at det spesifikt funksjonelle løsningene og de generelle løsningene skal henge sammen.

### 10.2 Utvikling av seleksjonsmatrise og valg av hovedkonsept

Den siste seleksjonsmatrisen for hovedkonseptet vil det bli bedømt fra 0 til 5. For summene hentet fra seleksjonsmatrisen under integrerte løsninger, som varierer fra -1 til 1, vil da deles opp på følgende måte:

Tabell 10-1 Sammenheng mellom verdier

Fra seleksjonsmatrisen	I den avsluttende seleksjonsmatrisen
-1	0
1	5

Dette kan i situasjoner skape mange desimaler. Det er valgt å beholde disse til vektingen, hvor det vil avrundes.

I denne utvelgelsen vil det dermed være en større variasjonsbredde enn tidligere. Dette begrunnes med at løsningene nå tar mer form og at det på en større grad er mulig å begrunne forholdsvis store forskjellige kriterier med større nøyaktighet.

Seleksjonsmatrisen er delt opp i seks kriterier:

- ❖ Integrert løsning, fremre del
  - Den vektede totalsummen fra evalueringen av den integrerte løsningen for fremre del trekkes inn som en vesentlig del av konseptløsningen. Denne anses som sentral i utvelgelse av hovedkonsept.
    - Vektes 25%
- ❖ Integrert løsning, bakre del
  - Den vektede totalsummen fra evalueringen av den integrerte løsningen for bakre del trekkes inn som en vesentlig del av konseptløsningen. Denne anses som sentral i utvelgelse av hovedkonsept.
    - Vektes 25%
- ❖ Originalitet
  - At konseptet har et originalt aspekt anses som viktig, da utviklingen av nye produkter som er originale skaper oppmerksomhet og kan bistå utviklingen på en positiv måte.
    - Vektes 15%
- ❖ Generell aerodynamisk evaluering
  - Målet med dette kriteriet er å evaluere  $C_d$ -verdien i aerodynamiske aspekter ved konseptet og eventuelle moduler i tilknytning til bilen. Ifølge Tabell 4-3 vil

hovedform spille en stor rolle og mengde overflate spille en mindre rolle, om bilen innehar diffusorer vil dette påvirke negativt, motor kjøling og ventilasjon vil ikke bli vurdert på grunn av liten innvirkning. Formens krappe bevegelser vil påvirke ifølge Figur 4.1.

- Vektes 10%

❖ Estetikk

- Estetikk står som en forholdsvis sentral del i prosjektet. For at et konsept skal få høy poengsum i estetikk skal konseptet ha en fleksibel plattform i forhold til designendringer og -former. Konseptet skal også ha elementer plassert på en estetisk god måte som vekker interesse.

- Vektes 15%






❖ Motivasjon

- Motivasjon betyr i hvilken grad interessen undertegnede har for å videreutvikle konseptet.

- Vektes 10%

## Seleksjon av hovedkonsept

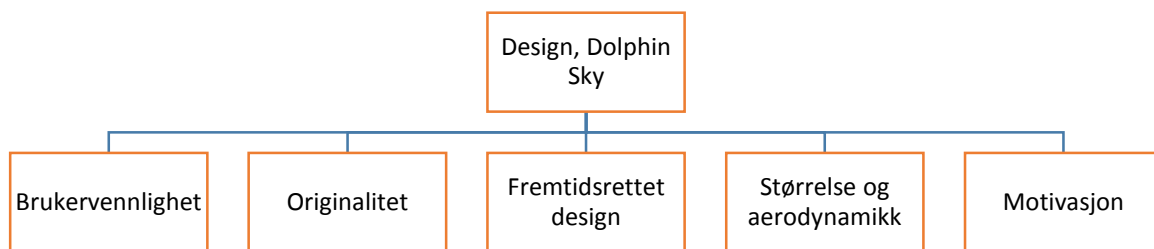
Tabell 10-2 Seleksjonsmatrise, funksjonskonsept

Kriterier	Vekting	 Cicada		 Kolibri		 The bubble ship		 Dronen	
		Poeng	Sum	Poeng	Sum	Poeng	Sum	Poeng	Sum
Integrert løsning, fremre del	25%	2,5	<b>0,63</b>	2,875	<b>0,72</b>	4,25	<b>1,06</b>	2,0	<b>0,5</b>
Integrert løsning, bakre del	25%	1,25	<b>0,31</b>	2,5	<b>0,63</b>	4,375	<b>1,09</b>	2,25	<b>0,56</b>
Originalitet	15%	4	<b>0,6</b>	3	<b>0,45</b>	5	<b>0,75</b>	2	<b>0,3</b>
Generell aerodynamisk evaluering	10%	3	<b>0,3</b>	4	<b>0,4</b>	2	<b>0,2</b>	1	<b>0,1</b>
Estetikk	15%	4	<b>0,6</b>	5	<b>0,75</b>	4	<b>0,6</b>	2	<b>0,3</b>
Motivasjon	10%	2	<b>0,2</b>	4	<b>0,4</b>	4	<b>0,4</b>	3	<b>0,3</b>
Vektet sum		<b>2,64</b>		<b>3,45</b>		<b>4,1</b>		<b>2,06</b>	
Rangering		3		2		1		4	
Beste løsning									

Det valgte konseptet er det konseptet som er inspirert av The bubble ship fra filmen Oblivion. Kjøretøyet har utfordringer knyttet til aerodynamikken, men er ansett som et kjøretøy med fokus på brukervennlighet og innehar en funksjon som egner seg godt til å kjøre og å fly. Et konsept med tydelige utfordringer og fordeler.

### 10.3 Utvikling av seleksjonsmatrise og valg av design

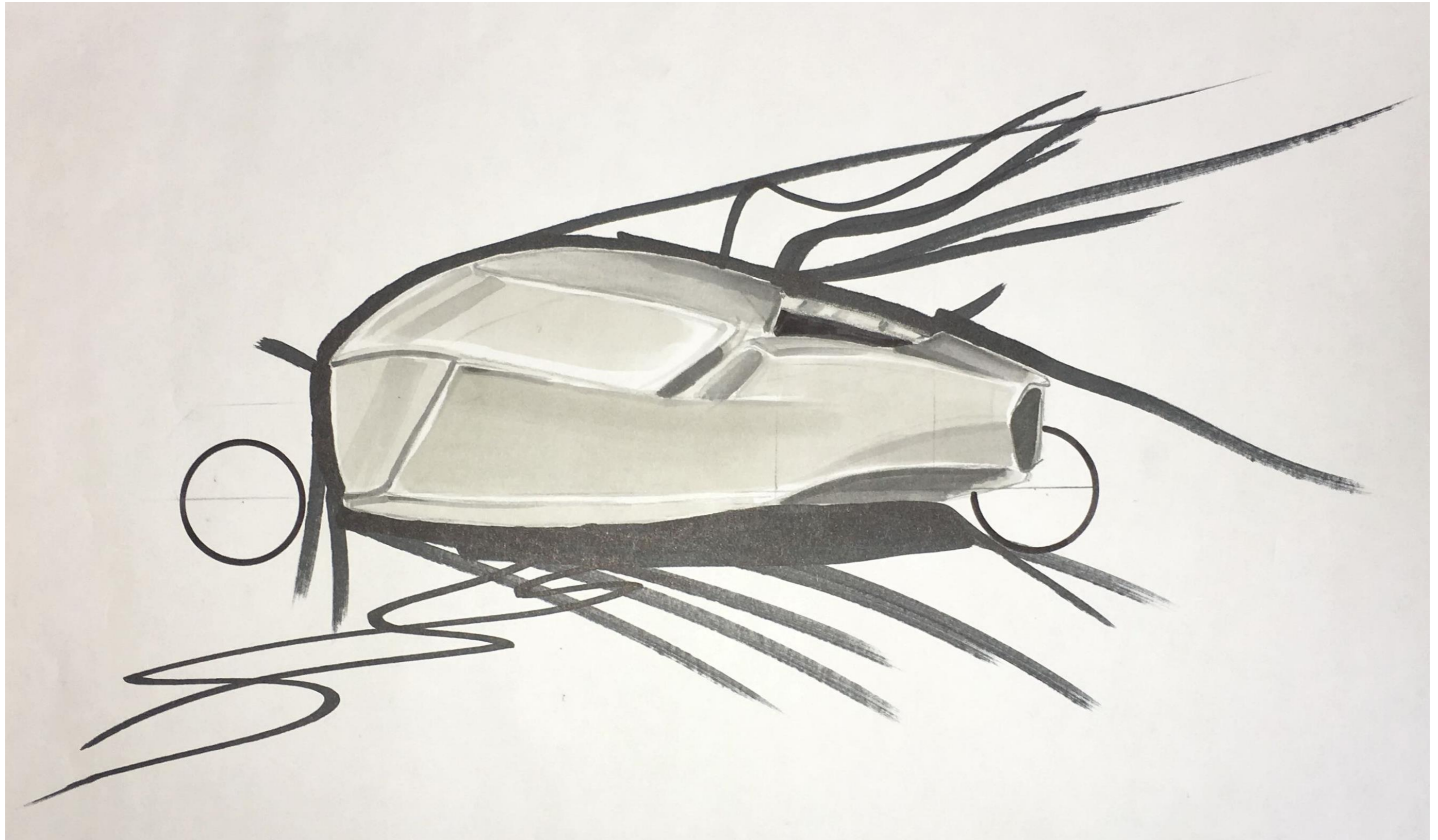
Det er valgt å fokusere på designet til kjøretøyet og det er produsert fire ulike design. Designene har tydelige ulike tilnærminger med ulike mål. Å designe Dolphin Sky er utfordrende og det er mange kriterier som kan være med å bedømme det beste designet. Det er fokusert på hoveddelen av kjøretøyet, som inneholder kupéen.



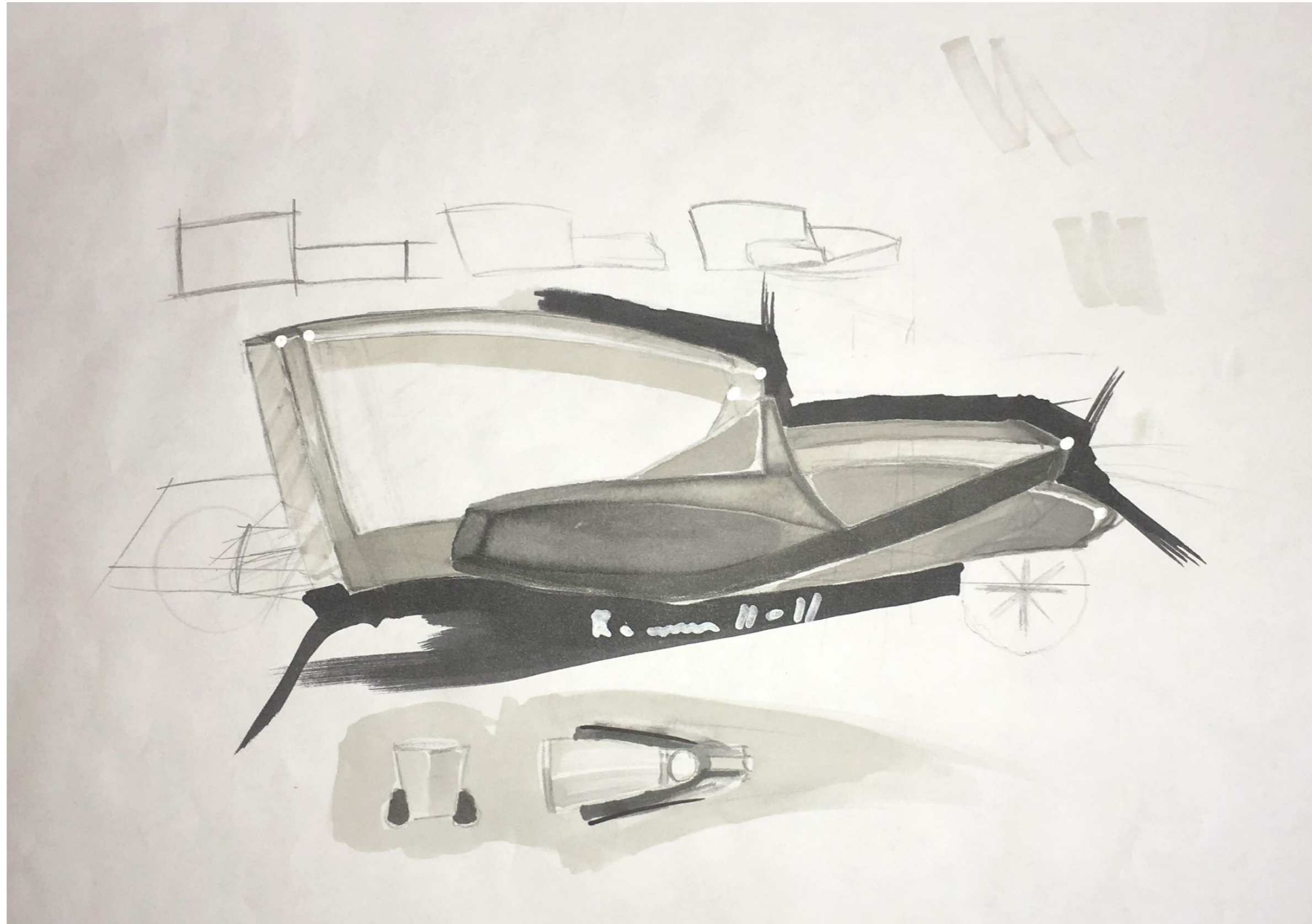
Figur 10.1 Oppbygging seleksjonsmatrise, design

Seleksjonsmatrisen er delt opp i fem kriterier:

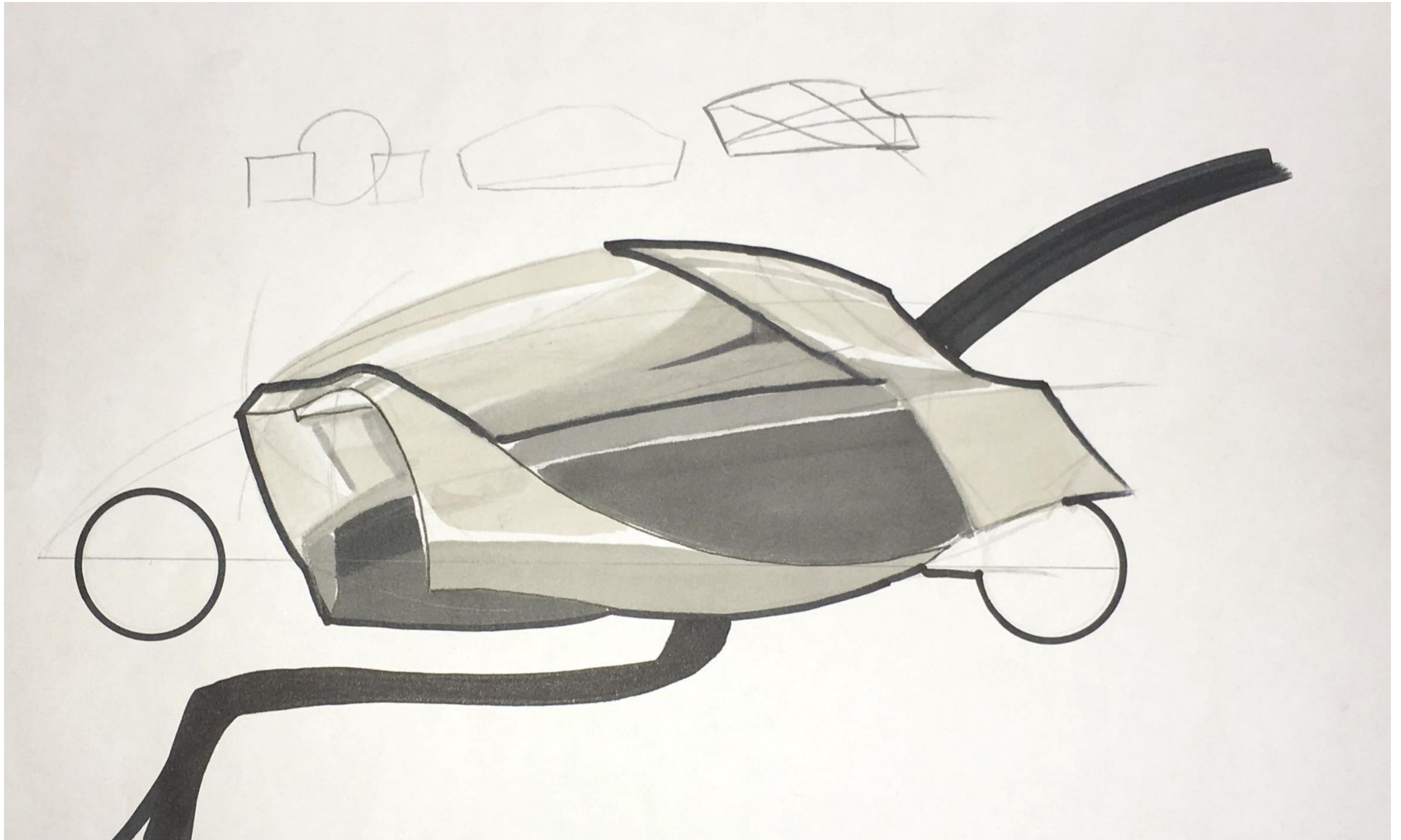
- ❖ **Brukervennlighet**
  - Sikt bedømmes ut fra sikt retningene: Sidene, opp, frem og ned.
    - Vektes 20%
- ❖ **Originalitet**
  - I hvilken grad designet er originalt
    - Vektes 15%
- ❖ **Fremtidsrettet design**
  - I hvilken grad er designet fremtidsrettet.
    - Vektes 20%
- ❖ **Størrelse og aerodynamikk**
  - Bedømming av forholdet mellom hovedform og størrelsen. Viktig å påpeke at størrelse påvirker mye selv om hovedformen er gunstig. I tillegg vil det kommenteres hvilke tiltak som kan gjøres for å gjøre designet mer aerodynamisk gunstig.
    - Vektes 30%
- ❖ **Motivasjon**
  - Personlig vurdering av designet.
    - Vektes 15%



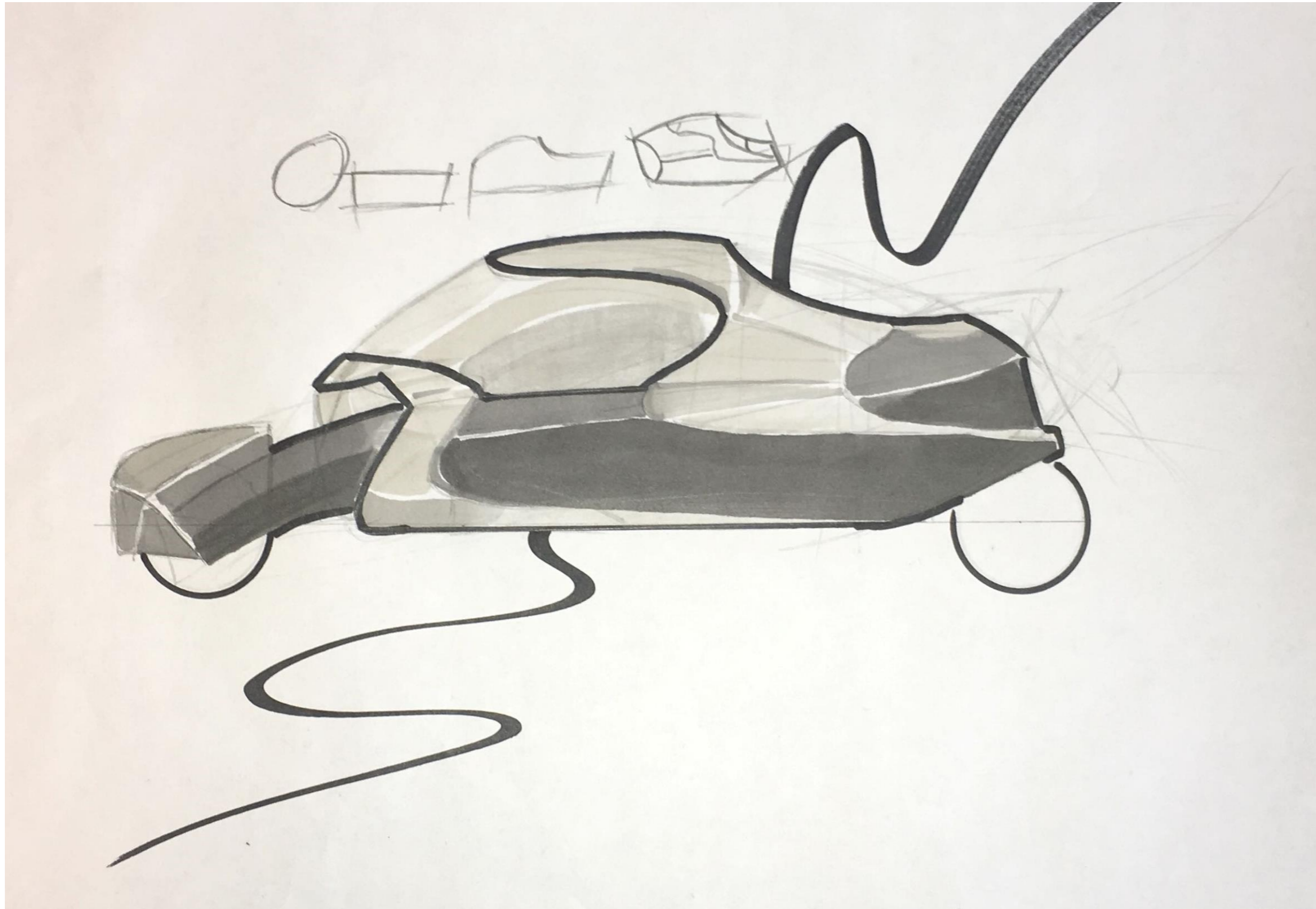
Figur 10.2 Alternativ 1



Figur 10.3 Alternativ 2



Figur 10.4 Alternativ 3



Figur 10.5 Alternativ 4

## Alternativ 1

Et design som er inspirert av dagens sportsbiler. Designet er hovedsakelig uorganisk med avrundede kanter og trekanten er sterkt preget igjennom hele designet. Et lavt tak gir et aggressivt inntrykk. Bilen har en stor front og silhuetten gir hint av de gamle streamlinerene.

## Alternativ 2

Design sterkt inspirert av Bauhaus-stil og futuristiske romfartøy, med enkle firkantede former som hovedform med en organisk tilnærming. Stor oversiktlig kupé sikrer oversiktighet under både kjøring og flygning. Formet slik at luften blir ledet opp mot den bakre thrusteren.


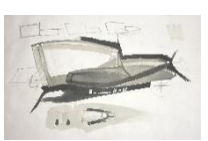



## Alternativ 3

Designet minner om en hatchback med store former som brått avsluttes i bakkant av bilen. Formen skiller seg ut ved å ha deksel ved begge sider av bakre thruster. Formen er hovedsakelig inspirert av firkanter med en blanding av organisk og uorganiske form.

## Alternativ 4

Denne modellen har fokus på å ha flyt i designet. Designet er preget av to uorganiske deler som beveger seg igjennom designet og brytes opp av en stiv og firkantet form som går fra front til bak. Formen gir inntrykk av et solid kjøretøy.

Tabell 10-3 Seleksjonsmatrise, design

Kriterier	Vekting								
		Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Alt. 4				
		Poeng	Sum	Poeng	Sum	Poeng	Sum	Poeng	Sum
Bruker-vennlighet	20%	2	<b>0,4</b>	5	<b>1</b>	3	<b>0,6</b>	4	<b>0,8</b>
Originalitet	15%	2	<b>0,3</b>	4	<b>0,6</b>	3	<b>0,45</b>	2	<b>0,3</b>
Fremtidsrettet design	20%	3	<b>0,6</b>	4	<b>0,8</b>	4	<b>0,8</b>	2	<b>0,4</b>
Størrelse og aerodynamikk	30%	5	<b>1,5</b>	2	<b>0,6</b>	2	<b>0,6</b>	4	<b>1,2</b>
Motivasjon	15%	1	<b>0,15</b>	4	<b>0,6</b>	3	<b>0,45</b>	2	<b>0,3</b>
Vektet sum		<b>2,95</b>		<b>3.6</b>		<b>2,9</b>		<b>3</b>	
Rangering		3		2		1		4	
Beste løsning									



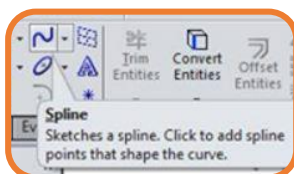
## 11 Resultatvisualisering i 3D

Det er gjort en enkelt resultatvisualisering av 3D-modellen. Modellen er tegnet i Solidworks ved å bruke surface modellering som metode for å tegne organiske former. Surface modellering er en tidkrevende og utfordrende metode for å tegne solid parts. Gjennom arbeidet var det gjennomført en rekke forskjellige metoder, hvor en metode viste seg å være den desidert beste. Det er derfor lagd en kort fremgangsmåte med forklaring av metoden som er brukt for å tegne denne modellen, og legge frem viktige punkter som er med på å skape en god modell. Oppbygningen av denne fremgangsmåten forutsetter tidligere erfaring av SolidWorks.

### Fremgangsmåte for å tegne solid parts ved å bruke surface modellering



Med 3D sketching vil det være mulig å tegne i "rommet" og ikke på et 2D plan. Dette er tidkrevende, men skaper muligheter for å tegne på en måte som medfører større kontroll på former, og ved å ta seg god tid under sketching vil bety at mindre tid vil bli brukt senere.



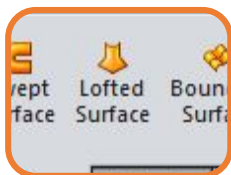
For å tegne organiske linjer er Splines det sentrale verktøyet. Splines er en linje hvor utvalgte punkter har en vektorlinje som bestemmer buens form gjennom dette punktet. Vektorlinjen kan forandres med to måter, lengde på buens radie og vinkelen hvor splinen starter ut fra punktet.



For å oppnå gode forutsetninger for en fin surface, uten rynker eller overflater som overlapper, er det viktig å bruke så få punkter som mulig i splines. Med to eller tre punkter på en spline er det mulig å oppnå de fleste former ved å manipulere vektorlinjene.

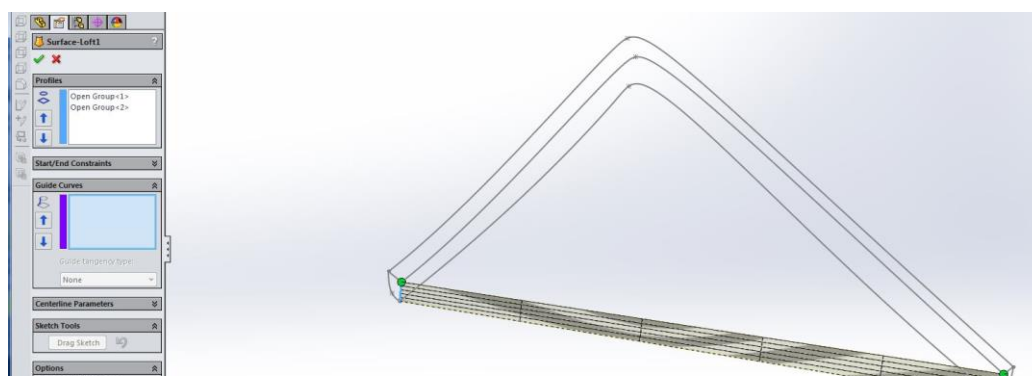


Problemet med 3D sketching, spesielt med splines, er sketchens form og punkt plassering i alle tre frihetsgrader. Første tips er å tegne først normalt i en av de tre retningene og deretter rotere synsvinkel til de neste de to neste frihetsgradene. Andre tips er å gjøre dette tre til fire ganger for å sikre at hver enkelt vinkel riktig. Små endringer vil være nødvendig til den til slutt er riktig.

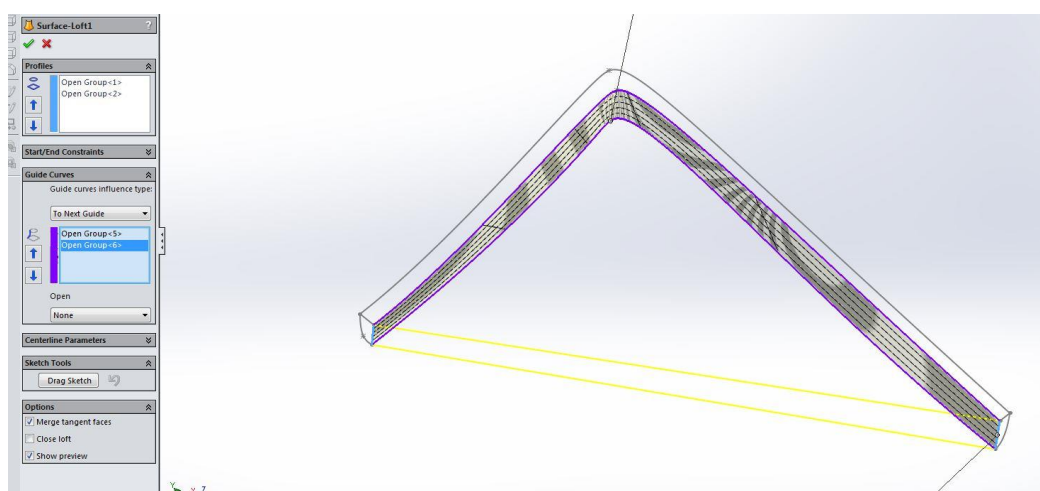


For å bygge opp hver enkelt surface har det blitt i all hovedsak verktøyet "Lofted Surface". Denne har vist seg å være enkel å manipulere som egner seg godt. Denne fungerer ved at det defineres et start og slutt punkt. Disse kan defineres av en full sketch, eller enklere ved å bruke "SelectionManager" for å velge spesifikke linjer. Her kan det være nyttig å bruke "split lines" for å dele opp linjer for å deretter velge de som skal brukes intern i sketchen. Dette er tidkrevende men sikrer et godt grunnlag.

Figur 11.1 Tips og triks, del 1



Figur 11.2 Her er to linjer definert, som start og slutt punkt på surface



Figur 11.3 Her er det valgt to Guide Curves, disse vil være ytterkantene på overflaten.

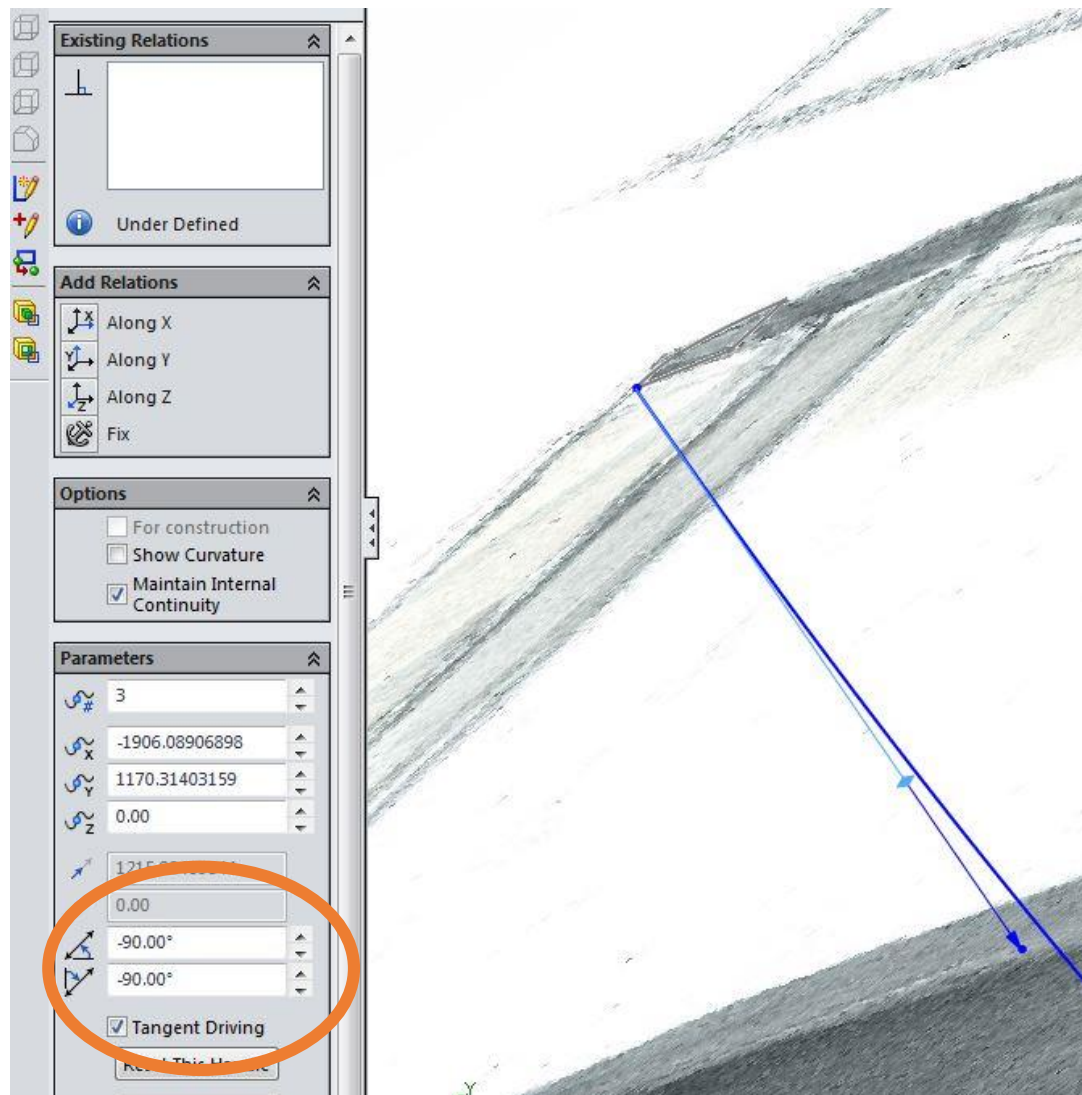
Guide Curves kan brukes på ulike måter. Den kan, som i eksempelet, fungere som en definisjon av ytterkanten for overflaten, men den kan også definere interne kurver i selve overflaten. Det er da viktig å påpeke at start Guiden Curve'n skal gå igjennom begge Profil linjene. Det kan dermed brukes utallige antall Guide Curves i en overflate, og skaper god kontroll på overflatens form.



Med "Sketch picture" er legges det inn bilde som brukes til referanse ved oppbygging av sketchen. I Properties er det enkelt og fjerne eventuell bakgrunn, dette anbefales. Lag et omriss av elementet som skal produseres, og legg en 2D surface. Ved denne modellen, ble surfacen fjernet for å beholde bildet, men beholdt sketched.

Omrisset som ble lagd utfra skissen vil bli utgangspunktet for sketchene som blir produsert videre. For å unngå spisse kanter på midten av parten, om denne skal speiles, sett splinens utgangspunkt med rette vinkler. Se figur 11.3 for fremgangsmåte og eksempel.

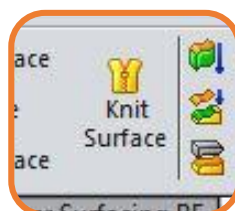
Figur 11.4 Tips og triks, del 2



Figur 11.5 Utgangspunkt for 3D sketch, rette vinkler gir en sammensveiset sammenheng mellom deler om det er speilet. Det anbefales at denne finnes sted, selv om midtpunktet ikke skal være rett, ved å legge inn en veldig svak kurve så punktet ikke blir sylskarpt.

For å skape en solid part av overflatene er det to forutsetninger som ligger til grunn.

- Alle sidene til en part skal være dekket av surfaces, hele parten skal være lukket.
- Alle surfacene skal være innenfor parten. Dette betyr at en surface kan ikke fortsette ut av området som definerer parten; alle surfacer skal definere en vegg av parten.



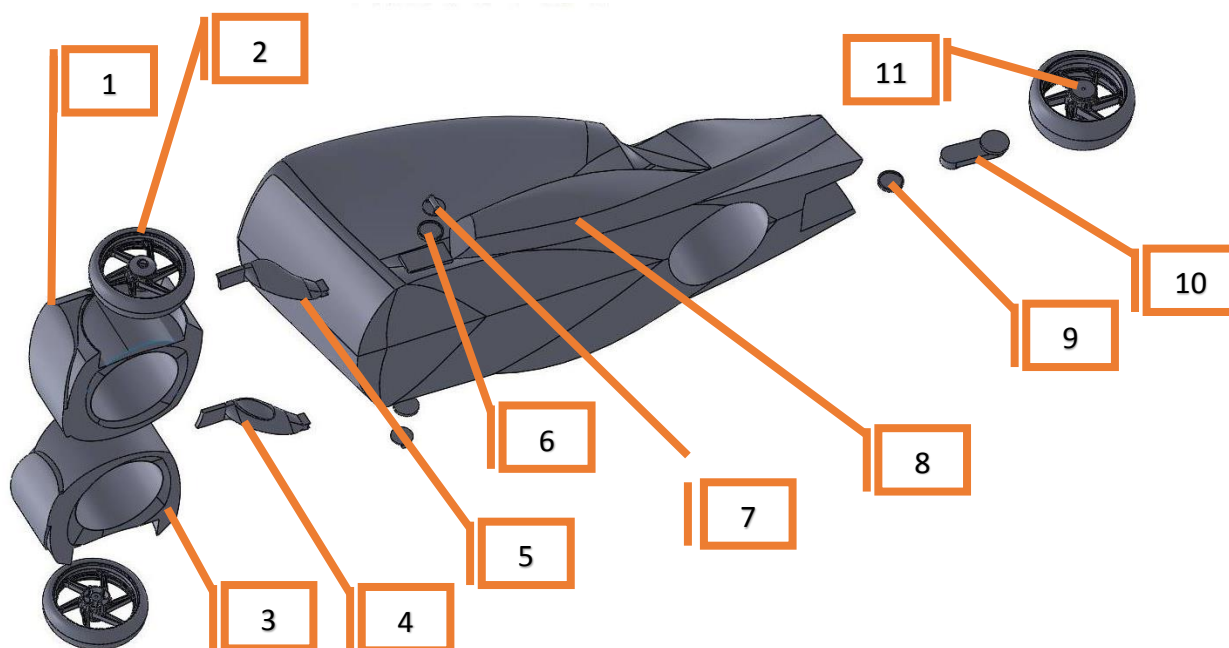
Til slutt skal overflatene skape en solid. Verktøyet som er brukt er "Knit surface". Om begge forutsetningene er nådd, huk av "Try to form solid" etter å ha valgt alle surfacene, og det skapes en solid part som er definert av surfacene. Om det ikke går å huke av, er det på grunn av at en eller begge forutsetningene ikke er nådd.

Figur 11.6 Tips og triks, del 3

Dette er metoden som har vist seg å være den mest robuste, enkle og sikreste måten å skape solid parts ut fra surfaces, og anbefales å bruke.

## 11.2 Modelloppbygging

Her vil modellens oppbygging og hver spesifikk del bli presentert med kommentarer. Dempesystemet vil bli presentert som et samplet system. Det vil i tillegg bli presentert planlegging av videre arbeid av områder og deler i hovedkonseptet som det ikke er lagt vekt på i dette prosjektet.



Figur 11.7 Eksplodert modell med nummerering av hver enkelt del

Tabell 11-1 Delelementer

Del nr.	Navn	Antall
1	Thruster og hjulramme, høyre	1
2	Fremhjul	2
3	Thruster og hjulramme, venstre	1
4	Bæream, dempesystem, venstre	1
5	Bæream, dempesystem, høyre	1
6	Innfeste, dempesystem	2
7	Innfeste del 2, dempesystem	2
8	Overchassis	1
9	Innfeste dempesystem bak	1
10	Dempesystem og motordrivverk	1
11	Bakhjul	1

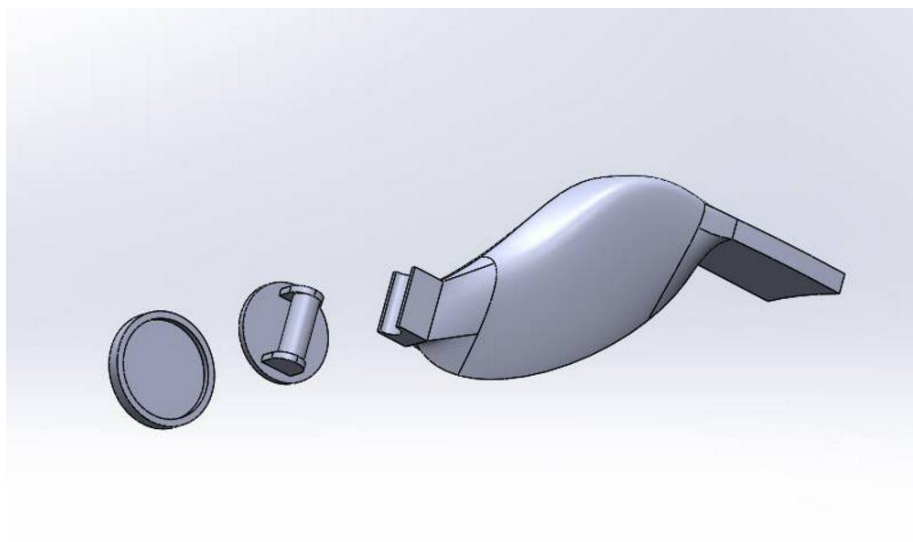
### Kommentarer til delelementer

Frem- og bakhjul er hentet fra GrabCad og skalert til en størrelse som forventes å være egnet. Meningen med disse er å skape en god visualisering av modellen. Størrelsen er tatt fra

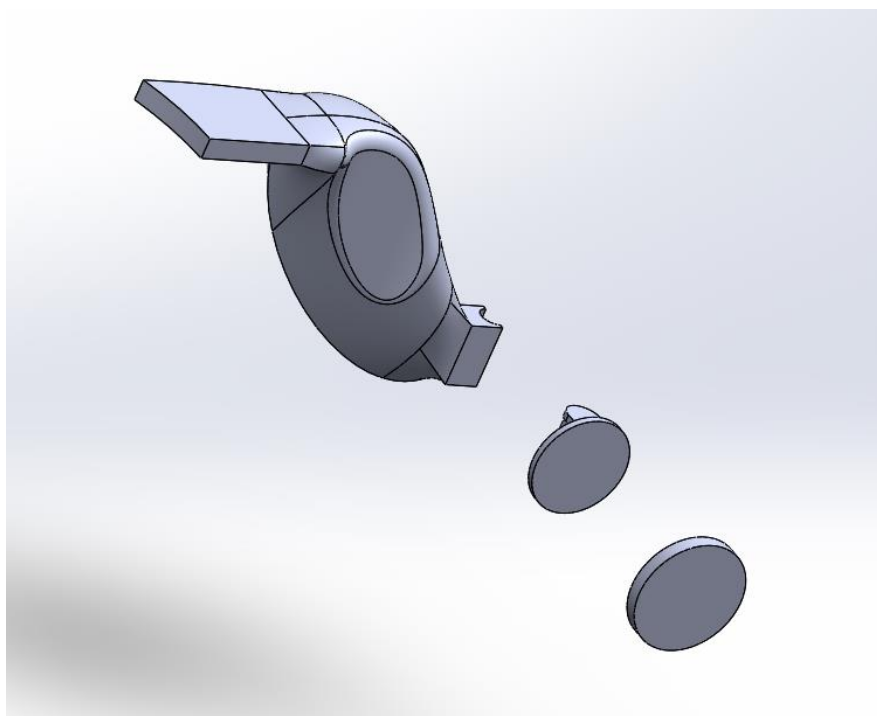
lignende modellens hjulstørrelse. Bakhjulet er ekstra tykt, dette er på grunn av det visuelle, og anses å skape en mer robust estetisk løsning.

Dempesystemene foran og bak er en visuell løsning. Det vil videre bli lagt frem mer nøyaktig planlagt videre arbeid av disse.

#### 11.2.4 Presentasjon av deler

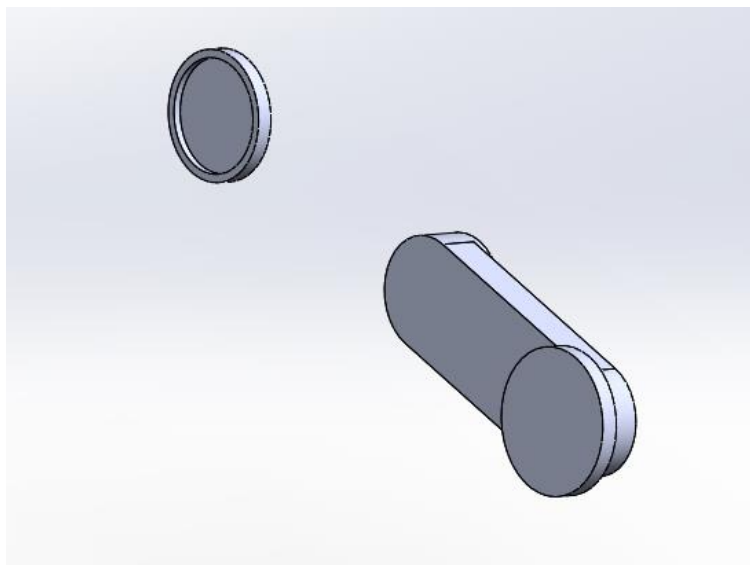


Figur 11.8 Delene brukt for å visualisere det fremre dempesystemet

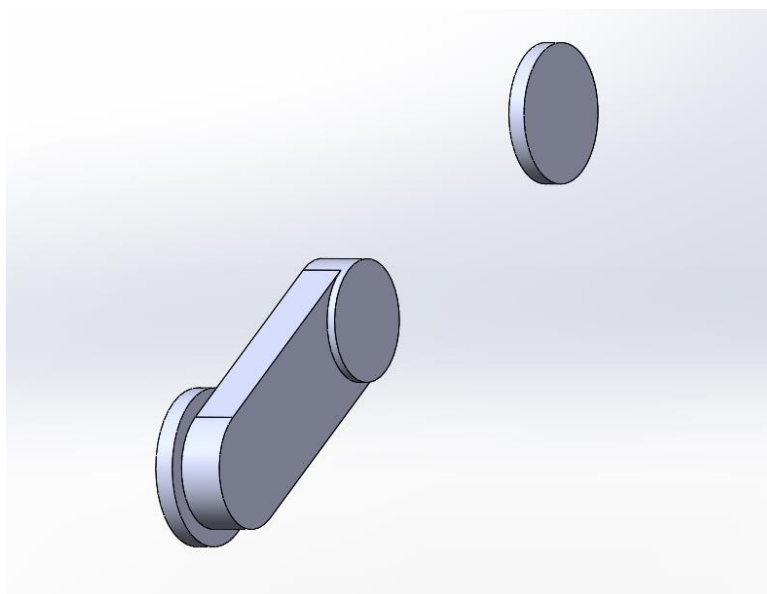


Figur 11.9 Vinklet fra motsatt side, delen for visualisering av fremre dempesystem

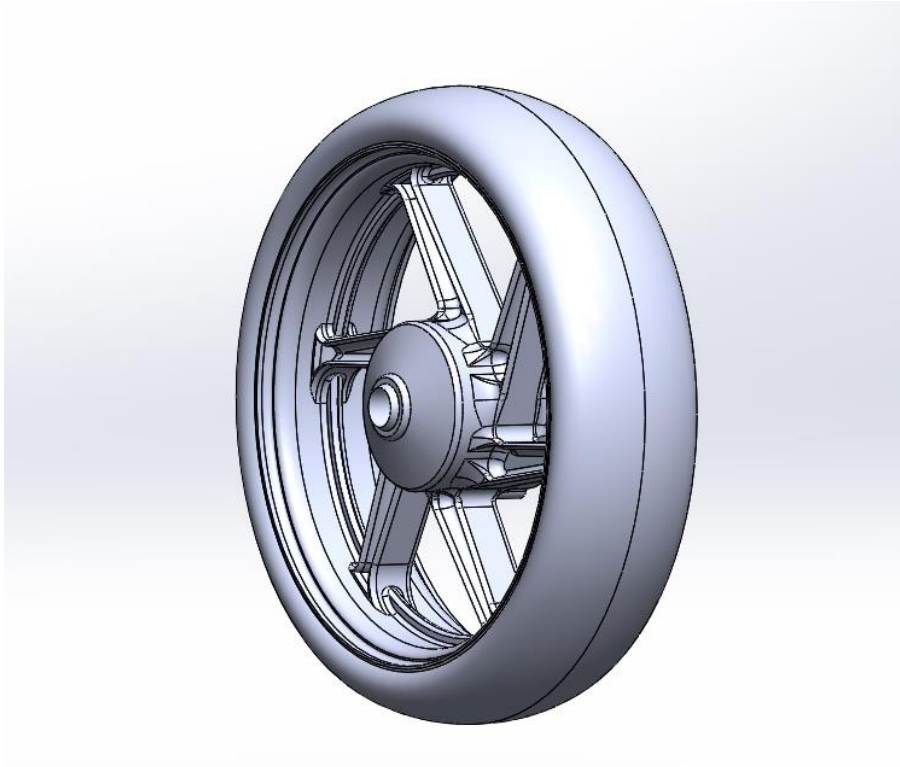
Formen til dempesystemet er designet slik at det har gode aerodynamiske egenskaper i to retninger. Systemet er delt i tre, for å ha de nødvendige rotasjonene for å visualisere modellen i bruk i alle tre faser; kjøring, hover og flygning. Samme gjelder for dempesystem bak, planer videre om disse er presentert videre i rapporten.



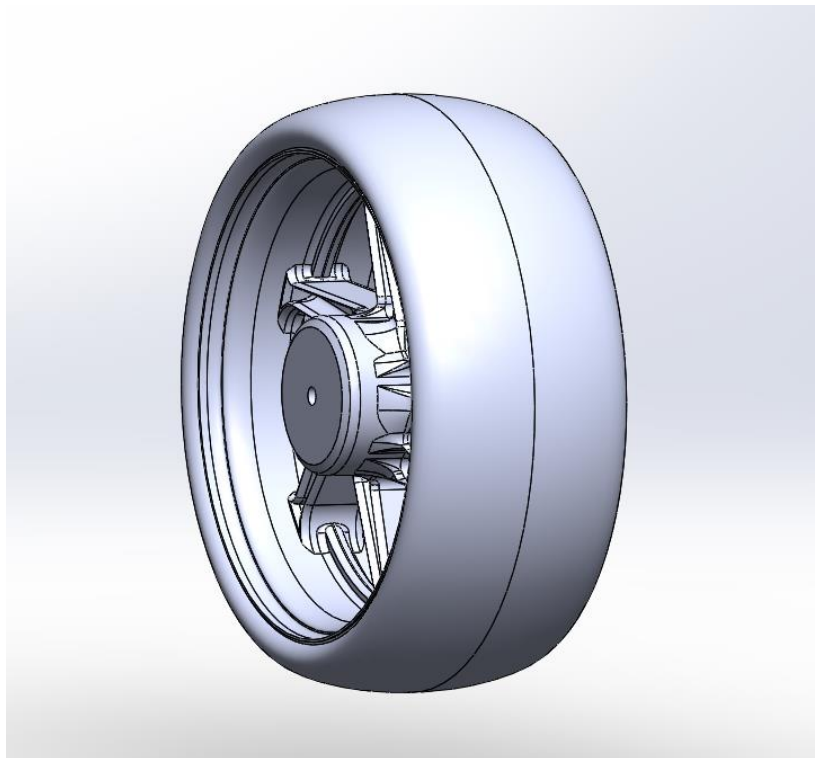
*Figur 11.10 Dempesystem bak, enkel modell for visualisering*



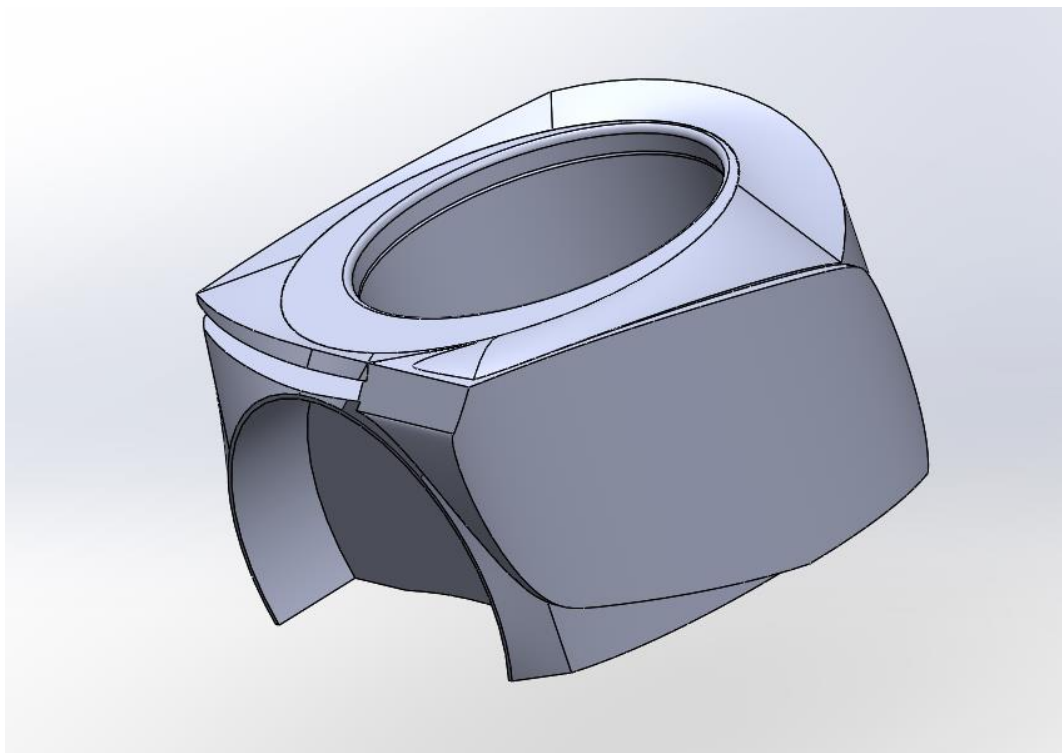
*Figur 11.11 Annen vinkel, dempesystem bak*



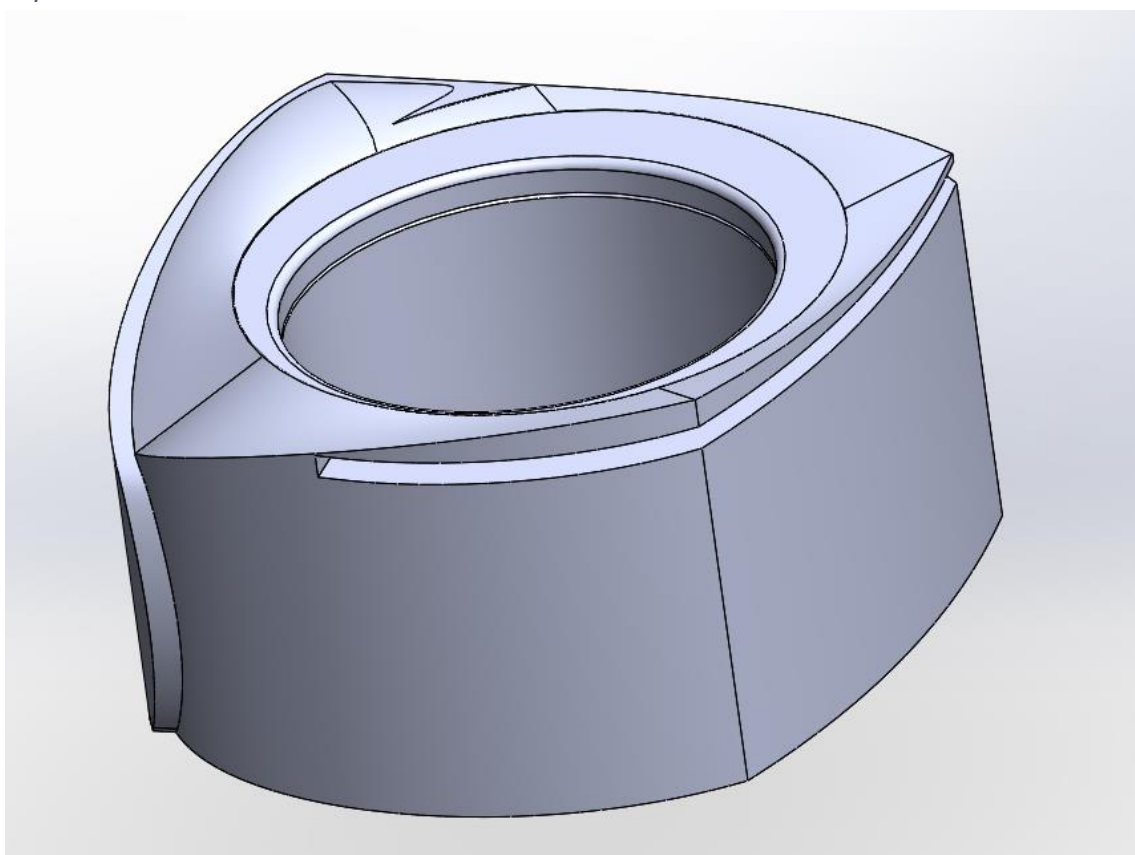
*Figur 11.12 Framhjul*



*Figur 11.13 Bakhjul*

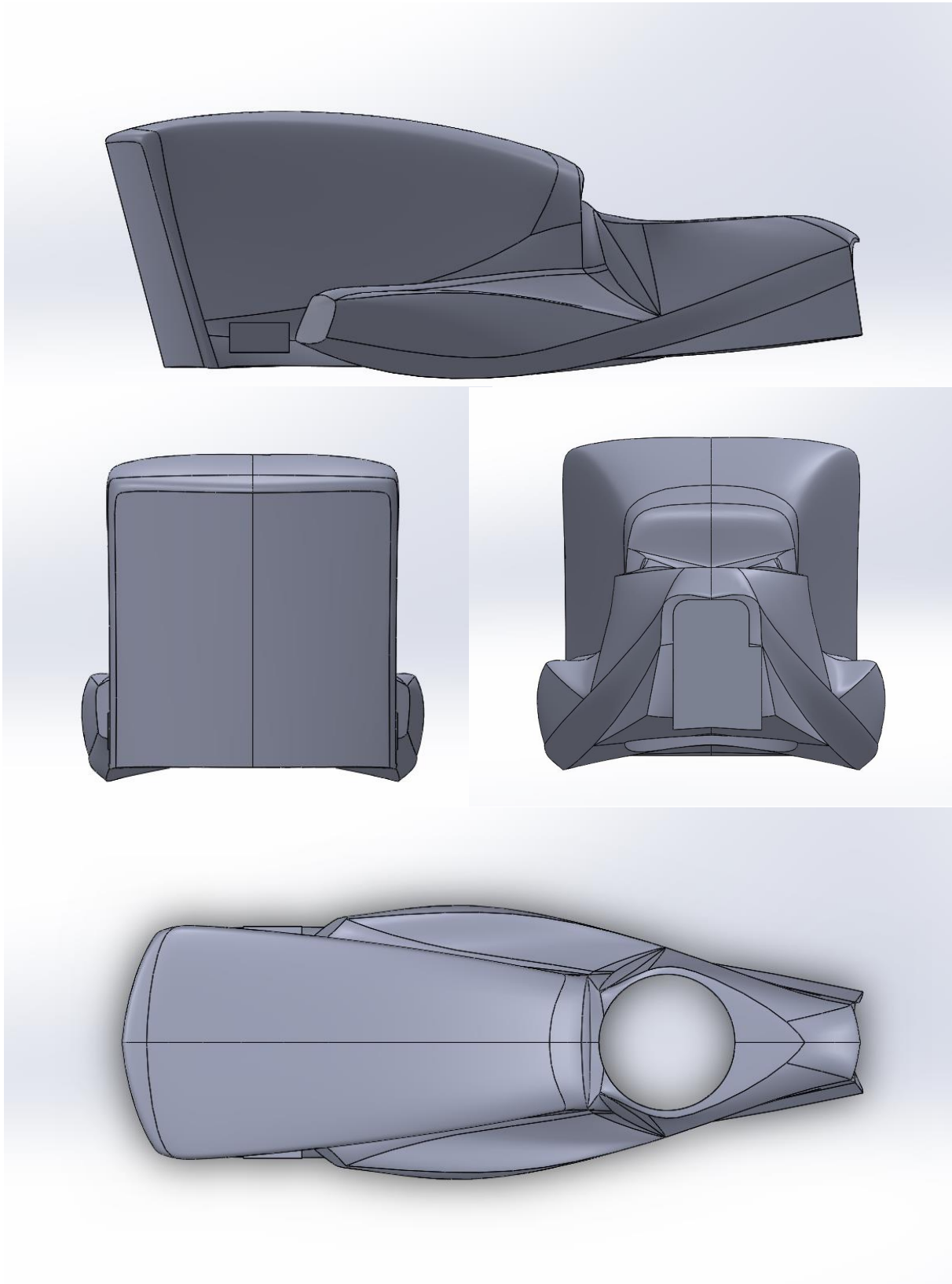


Figur 11.15 Fremre thruster og hjuloppheng, høyre. På grunn av symmetri, er venstre del lik men speilvendt

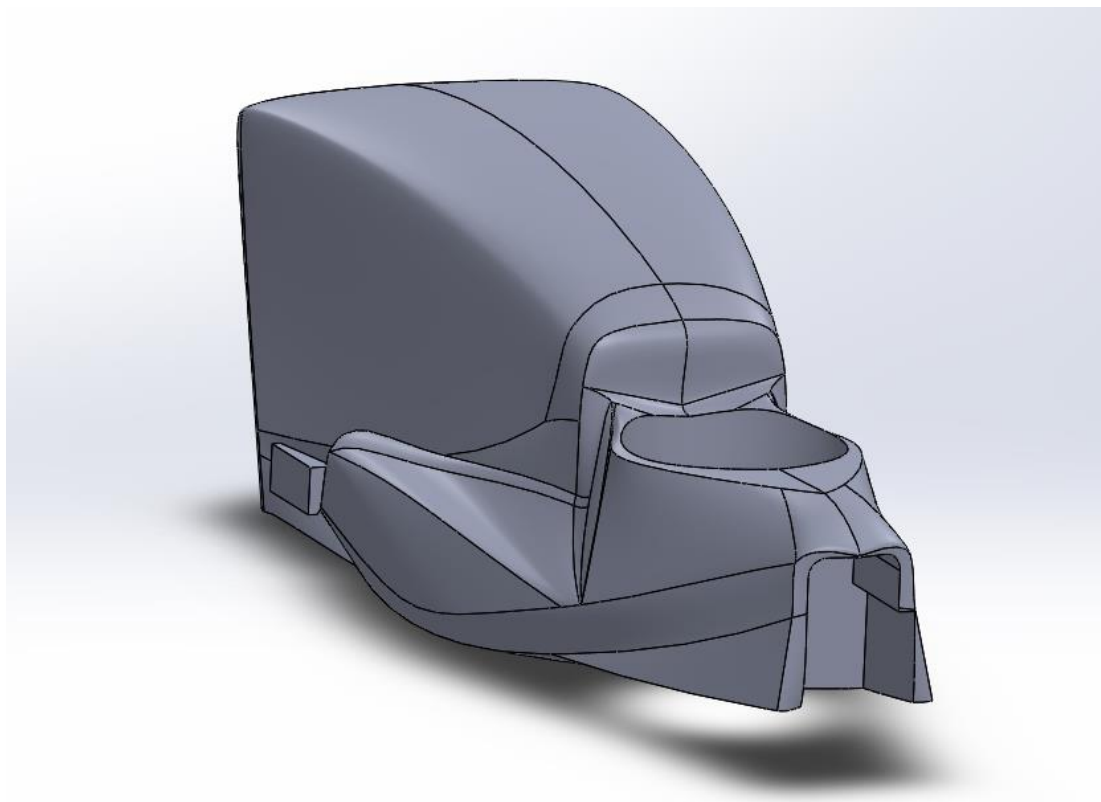


Figur 11.14 Motsatt vinkel, fremre thruster og hjuloppheng, høyre. Her synes tydelig åpningen hvor dempesystemet rotere rundt.

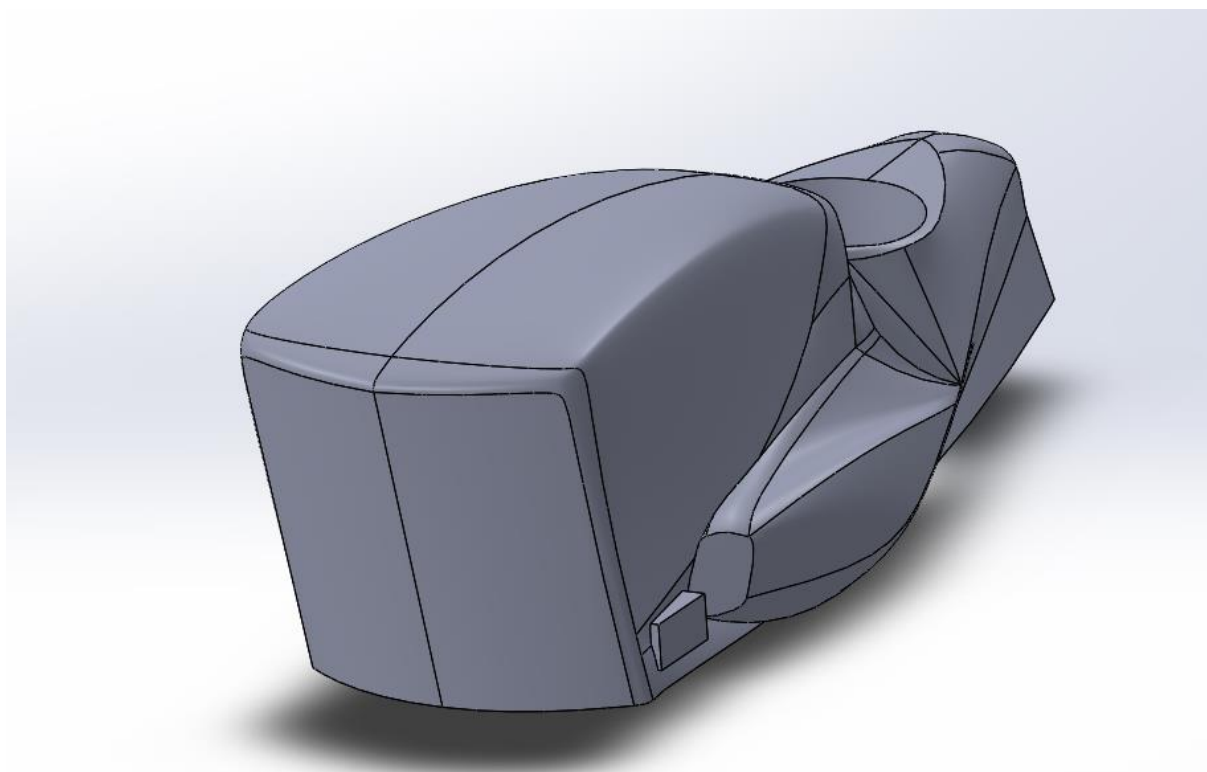




Figur 11.16 Kollasj av overchassis fra; siden, forfra, overfra og ovenfra.



*Figur 11.18 Overchassis skrått bakfra*



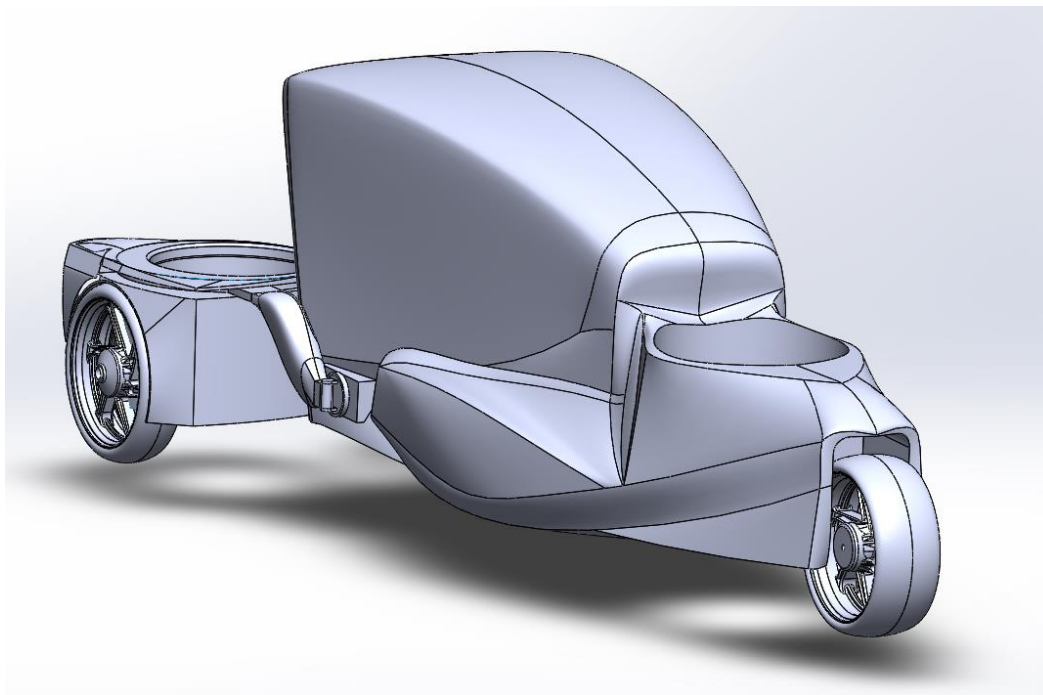
*Figur 11.17 Overchassis skrått forfra*

### 11.2.5 Sammensetting

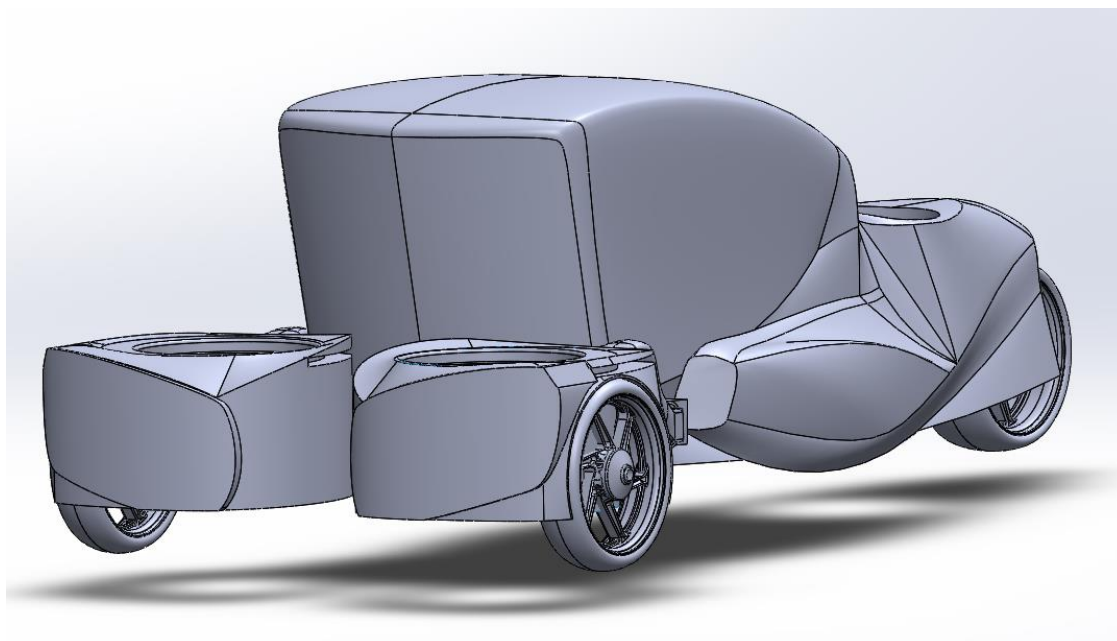
Sammensettingen er delt opp i de tre konfigurasjonene; kjøring, hover og flygning. Det vil bli presentert i den rekkefølgen.

#### Sammensetting ved kjøring på vei

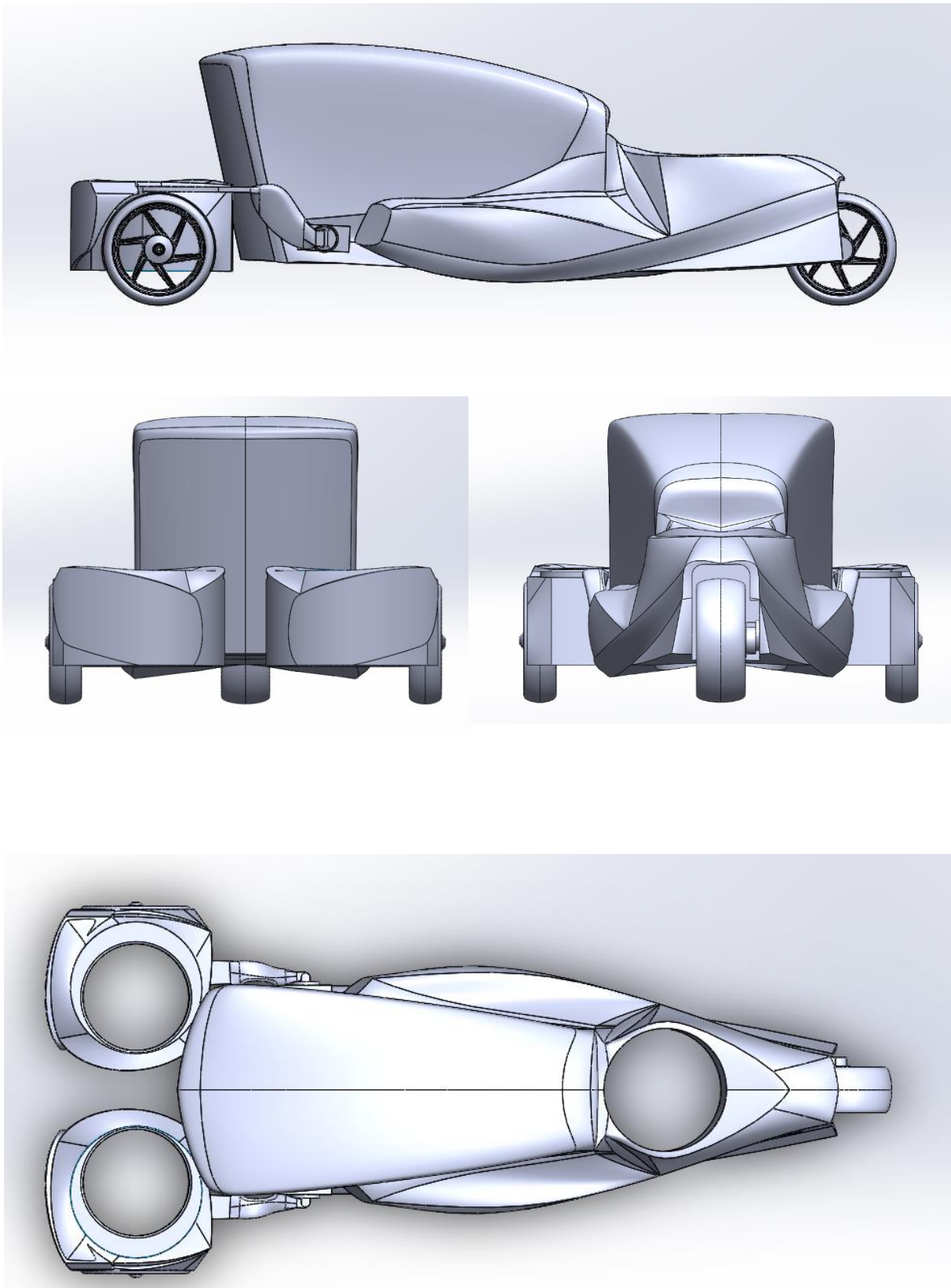
Første presentasjon tar for seg den mest brukte konfigurasjonen; for veitrafikk.



Figur 11.19 Sammensetting sett bakfra



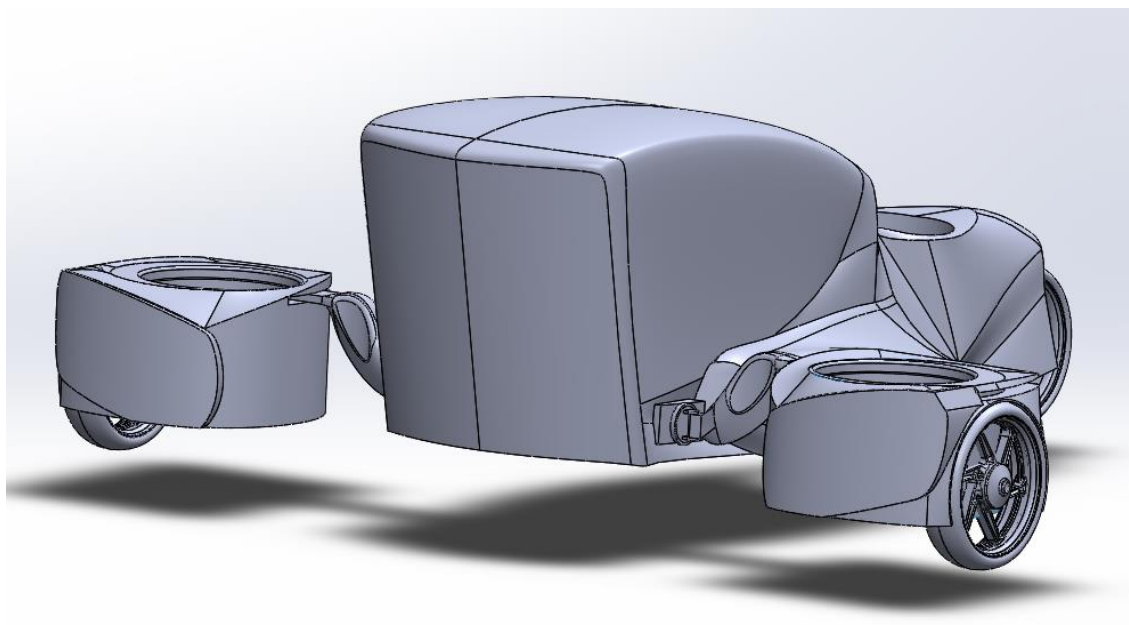
Figur 11.20 Sammensetting sett forfra



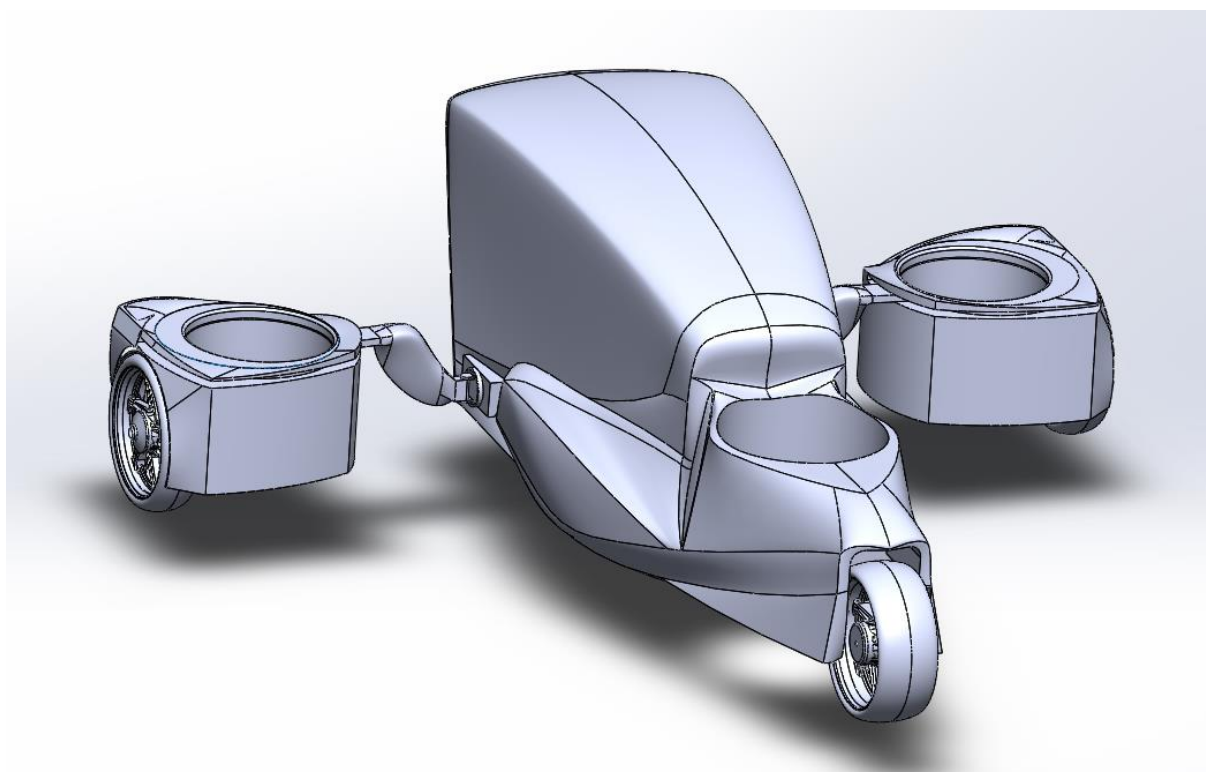
Figur 11.21 Kollasj av sammensetting for veikjøring

## Sammenstilling ved hover

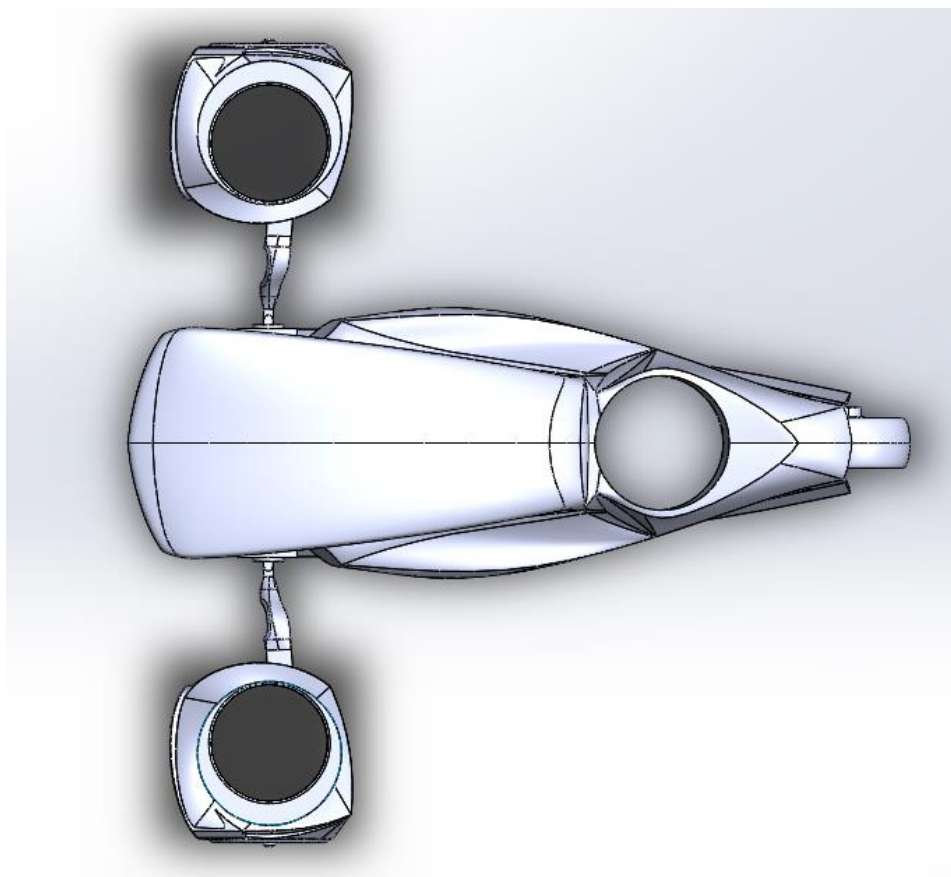
Hoverkonfigurasjonen er todelt, kjøretøyet kan hovre uten å kjøre ut fremstillingen, og vil dermed være like konfigurasjonen som veitrafikk, men dette er eksklusivt brukt om det ikke er rom for dette. Herunder vil det være presentert konfigurasjonen som optimalt vil bli brukt til hovring.



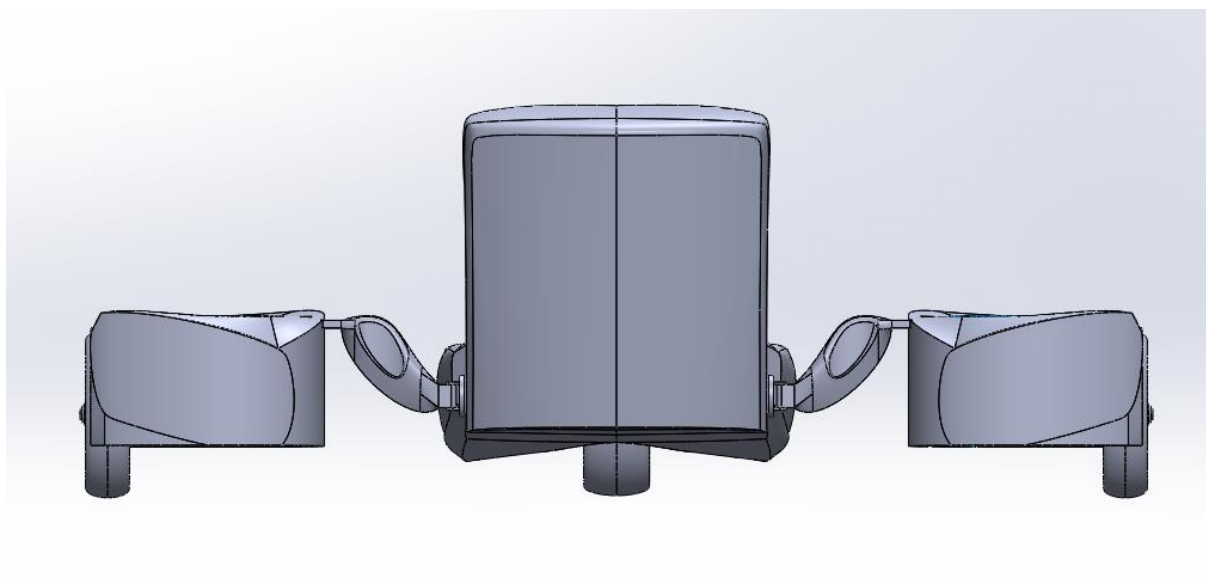
Figur 11.23 Hoverkonfigurasjon, skrått forfra



Figur 11.22 Hoverkonfigurasjon, skrått bakfra



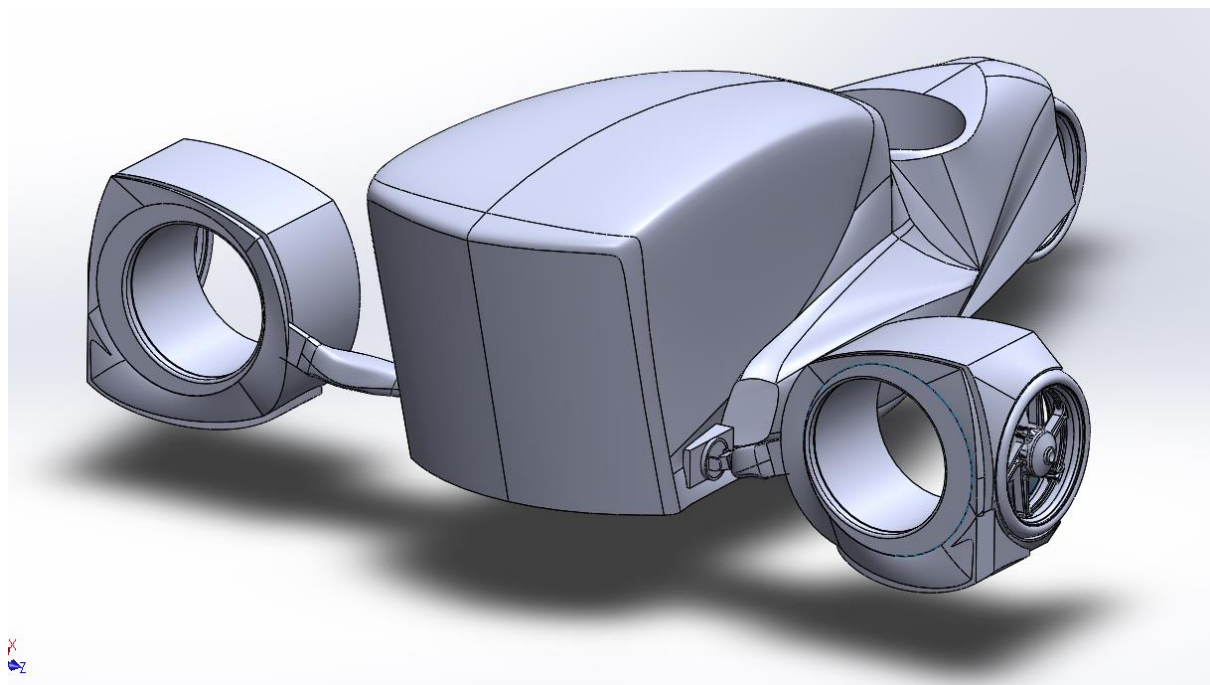
Figur 11.24 Modell rett ovenfra, hoverkonfigurasjon



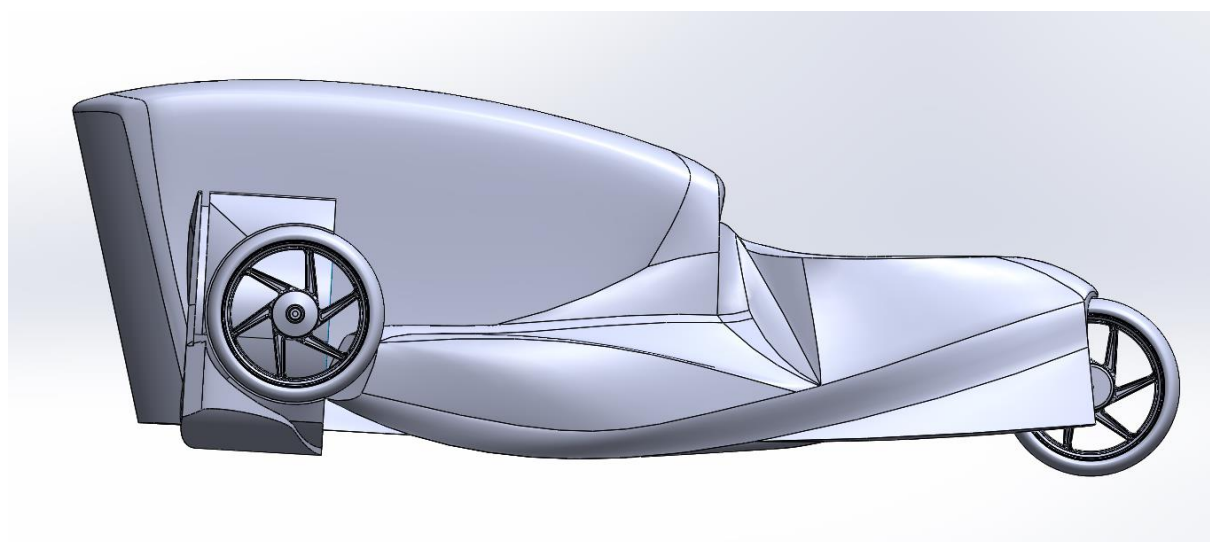
Figur 11.25 Modell rett forfra, hoverkonfigurasjon

## Sammenstilling ved flygning

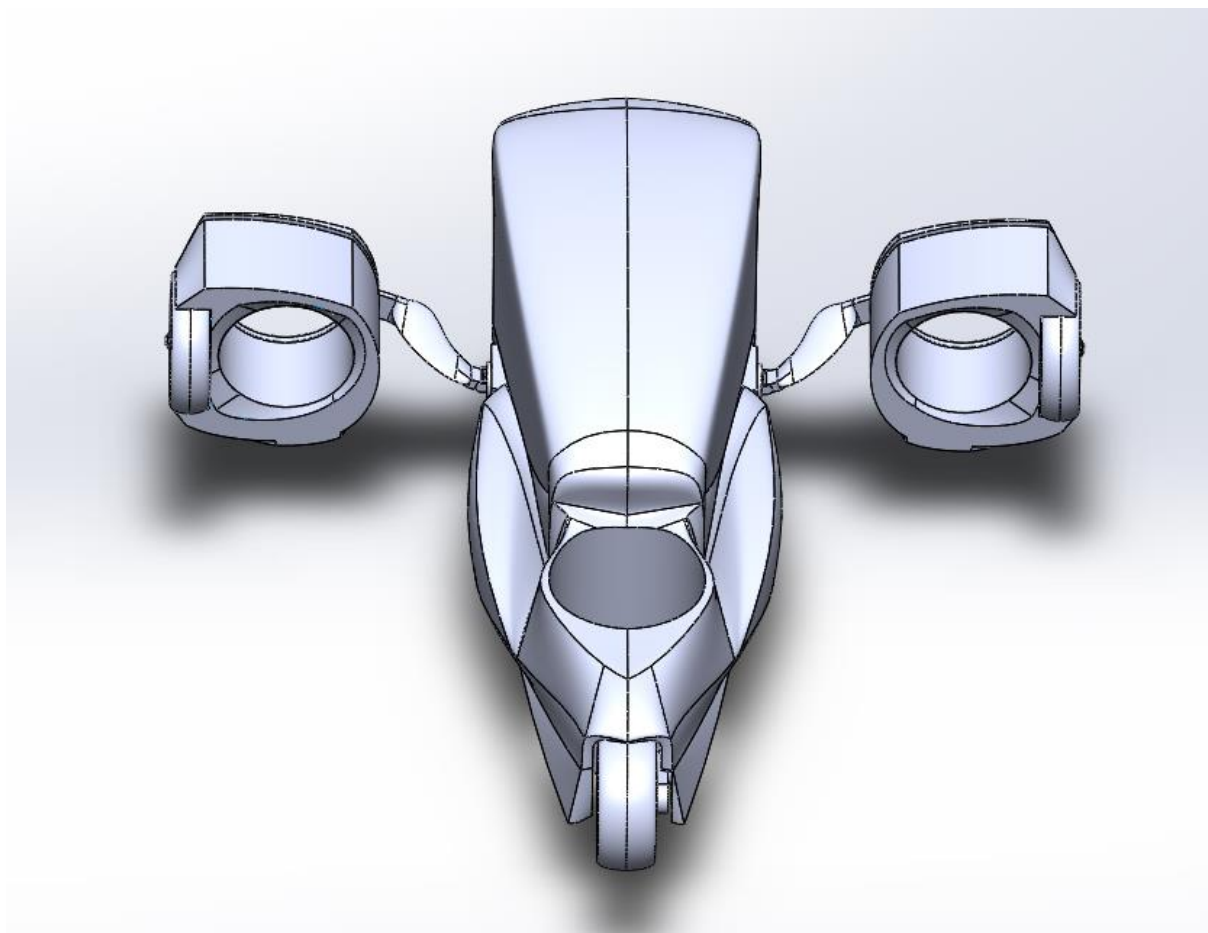
Siste konfigurasjon er kjøretøyet under flygning. Her vil thruster og hjuloppsettet kunne roteres for å styre kjøretøyet for sving og høydejustering.



Figur 11.26 Sammenstilling sett skrått forfra. Thruster roteres fremover, fremhjul setter ikke preg på luftstrømmen sett forfra.



Figur 11.27 sett fra siden, bakhjul løftes opp for å senke påvirkningen av hjulet.

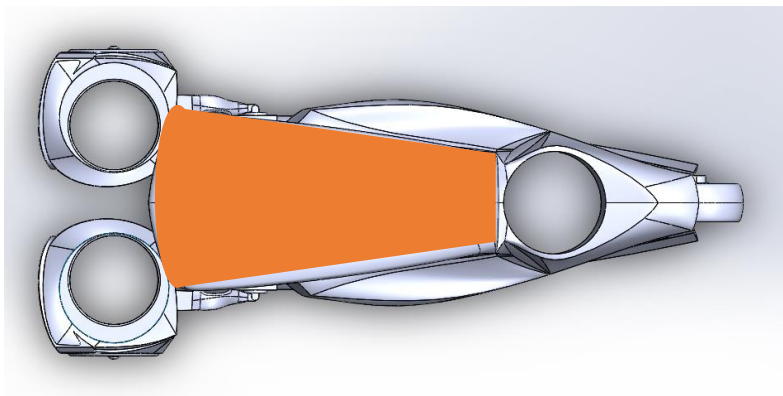


Figur 11.28 Sett bakfra kan det ses hvordan kupéen form leder luft direkte til thruster bak.

### 11.3 Plassering av elementer

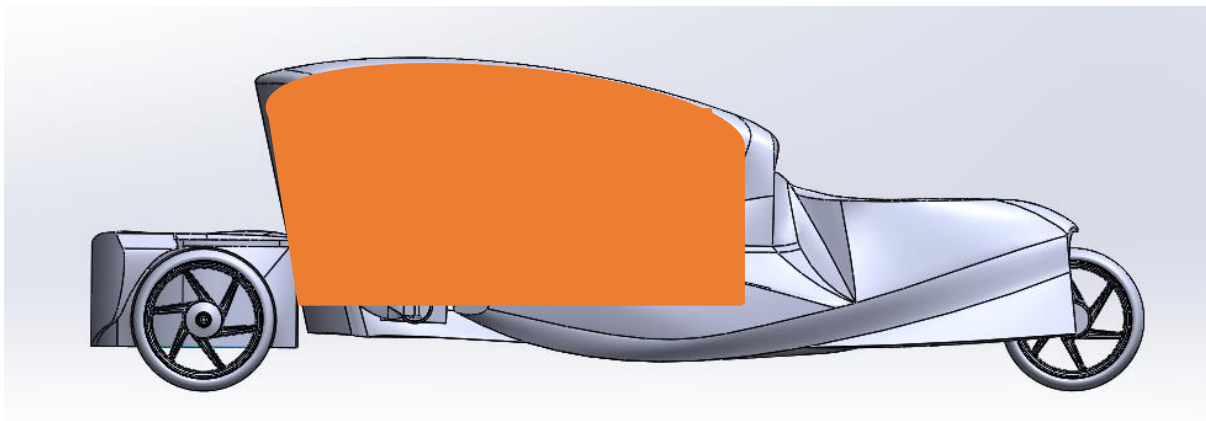
For plassering av elementer er det gjort det grovfordelt områdene som viser planlagt plassering av elementene som inngår i konseptet. I tillegg vil det vises til områder hvor det er gjort plass til videre utvikling. Dette betyr at noen områder vil bli forandret ved videre arbeid. For bedre oversikt er elementene delt opp.

#### Kupéplassering



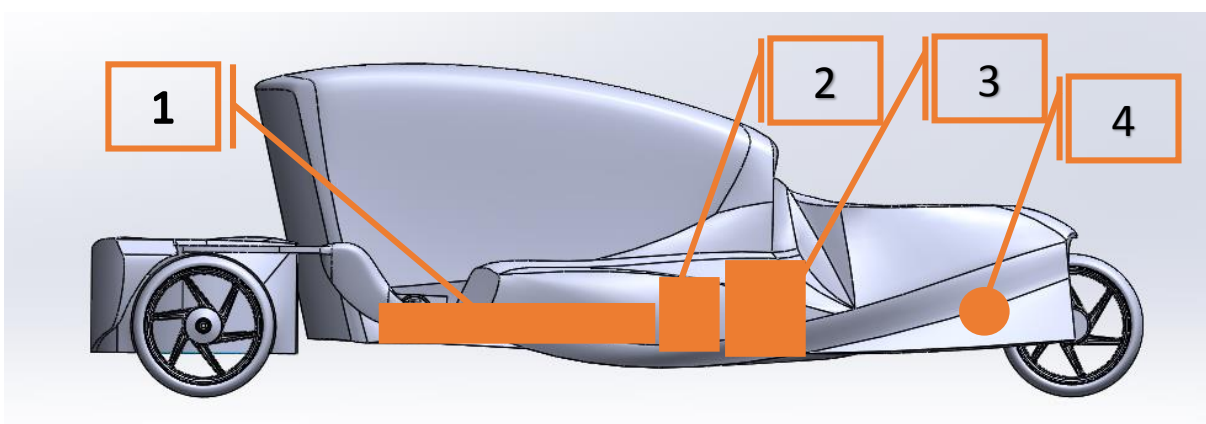
Figur 11.29 Grov plassering av kupé



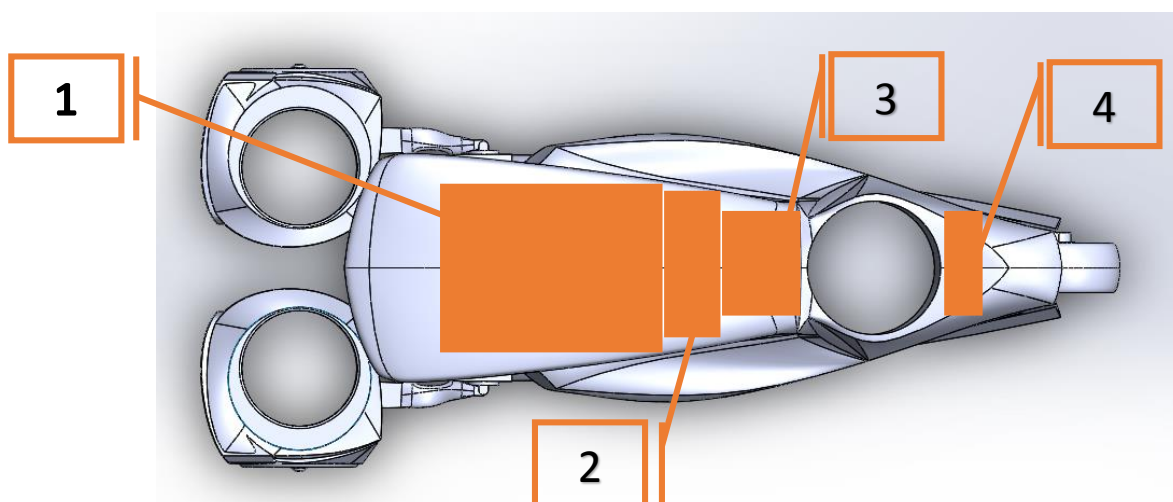


Figur 11.30 Kupéplassing sett fra siden

### Plassering av varmegjenvinningsystem og motorsystem

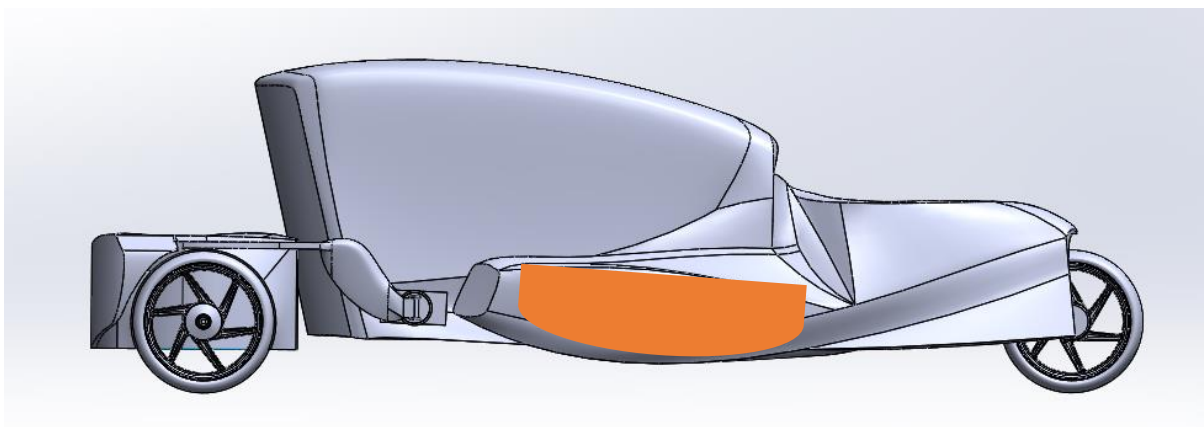


Figur 11.31 plassering av varmegjenvinningsystemet og motorsystemet. 1) heat exchanger, 2) steamgenerator, gas generetor og steamturbin 3) gasturbin og 4) motorsystemet.

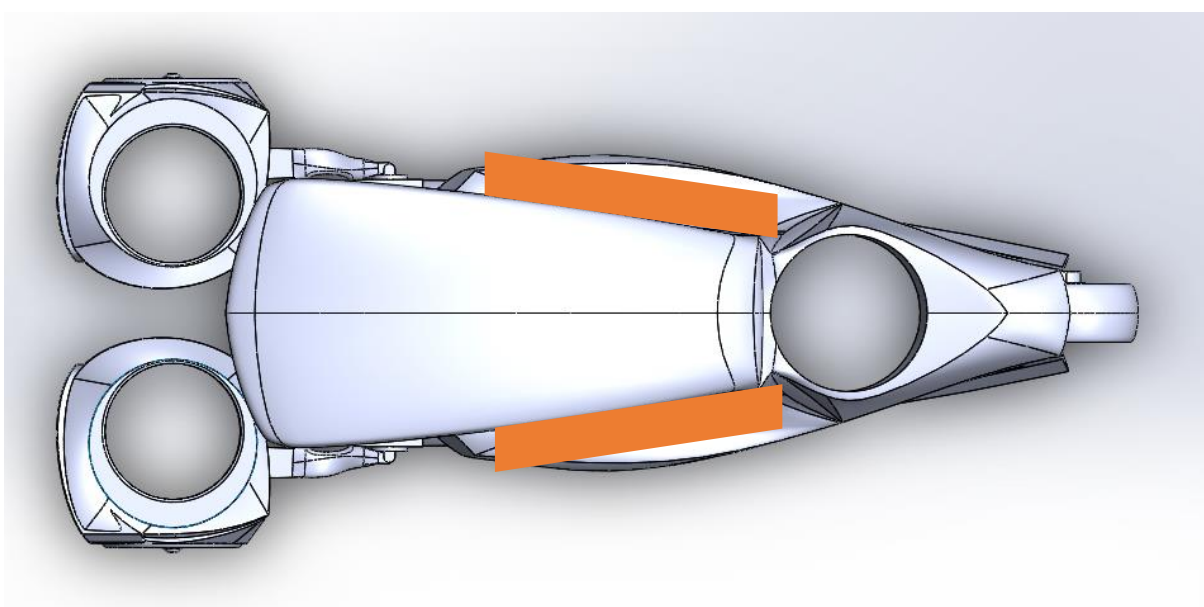


Figur 11.32 plassering av varmegjenvinningsystemet og motorsystemet. 1) heat exchanger, 2) steamgenerator, gas generetor og steamturbin 3) gasturbin og 4) motorsystemet.

## Plassering av batterier



Figur 11.33 Plassering av batteri, sett fra siden



Figur 11.34 Plassering av batteri, sett ovenfra

Plasseringen av både varmegjenvinningssystemet, motorsystemet og batteriene har fokus på å ha så lavt som mulig tyngdepunkt, som vil påvirke stabiliteten positivt. Gasturbin er plassert nær bakre thruster, gasturbinen trenger luftgjennomstrømning som kan hentes fra flere steder i konseptet. Det anbefales dette blir testet i sammenheng med CFD analyser i fremtiden, da luftinntak og luftgjennomstrømning vil både påvirke, og bli påvirket, aerodynamikken av kjøretøyet.

## 11.4 Føringer for videre arbeid og påvirkningen dette gjør på overchassis

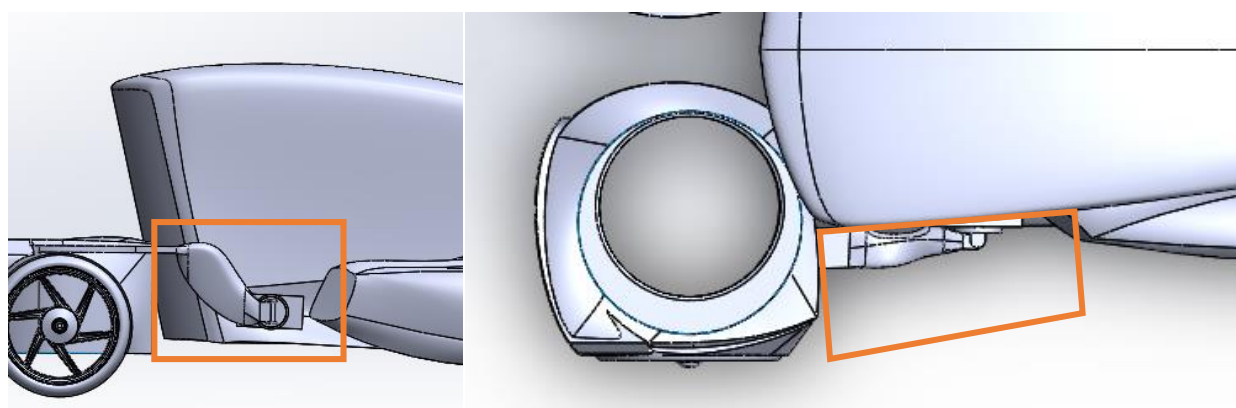
Videre arbeid vil i ulik grad påvirke designet. Det er lagt opp rom for videre utvikling, for i en mindre grad påvirke hoveddesignet, og i tillegg gjøre det enklere for oppfølgende mastere og utvikle videre. Herunder vil det spesifikt vise områder og elementer som det er gitt rom for utvikling og tidlig hvordan dette kan gjøres for integreringen av designet.

### Dempesystem, foran

Det er lagt to forutsetninger for videre arbeid av dempesystemet.

- ❖ Plass til systemet.
- ❖ Integrering av systemet til overchassis.

Det er gitt god plass for videre utvikling i forhold til overchassis. Det er uvisst hvor stort dette systemet vil bli, og det har dermed gitt stor rom så utviklingen ikke vil skape store forandringer i designet og gjøre utviklingen enklere.



Figur 11.35 Firkantene viser området hvor dempesystemet kan utvides og fortsatt passe inn med designet av overchassis

For integreringen av dempesystemet er det gunstig for aerodynamikken at dempesystemet, i kjøremodus, slås ender i området for batteripakken. Dette vil være positivt for aerodynamikken. Dette området er avkuttet for å tydeliggjøre dette. For videre arbeid, om dempesystemet ikke kobles sammen, er det anbefalt at kanter avrunder for å bedre aerodynamikken.

### Dempesystem, bak

Det er to kritiske punkt ved utviklingen av dempesystemet bak. I denne modellen er det lagt opp til at dempesystemet kan heves og senkes i mellom kjøring på vei og flygning.

- ❖ Øking av formen for å få dette gjennomført kan være problematisk for aerodynamikken
- ❖ Systemet kan være tungt i forhold til effekten.

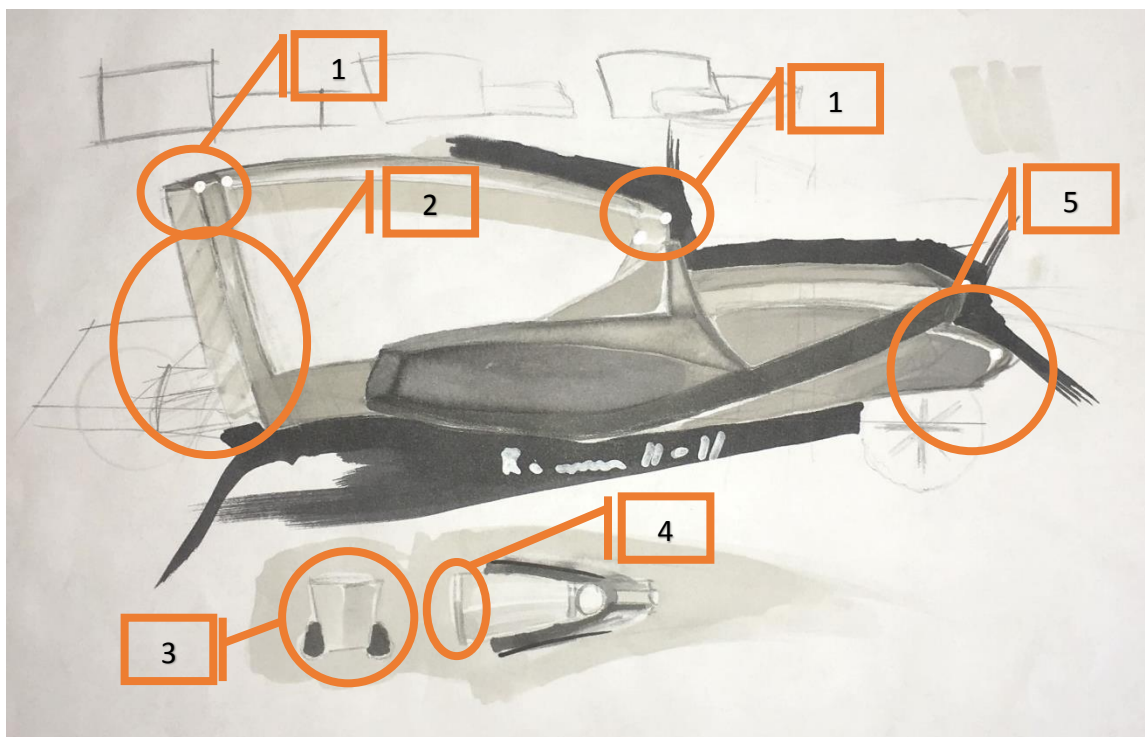
Det er derfor anbefalt å se på effekten dette vil gi i forhold til potensielle tap i kjøretøyets aerodynamikk. Det kan være slik at aerodynamikken i helhet taper ved dette, som også er årsaken til at denne rapporten ikke går dypt inn i dette, da dette bærer preg av usikkerhet.

### **Tak- og dørløsning**

Dørløsning er ikke tatt spesielt stor høyde for i dette konseptet, men i stedet lagt frem et tak som i helhet er preget av glass som enkelt kan deles opp både på midten, på langs eller langs krummingen av taket. Mulighetene er store for å samtidig la formen være uendret, og å bytte ut glass med et annet materiale kan være både gunstig økonomisk og styrkemessig.

## 12 Formoptimering for aerodynamikk

Dette kapittelet tar for seg eventuelle endringer som vil skape en aerodynamisk gevinst. Tabell 10-3 er det tydelig at det er utfordringer koblet til designet som For å forbedre dette vil det bli gjort spesifikke endringer for å sikre en bedre aerodynamikk. I figur viser områder som forbedres.



### Fem aerodynamiske forbedringer

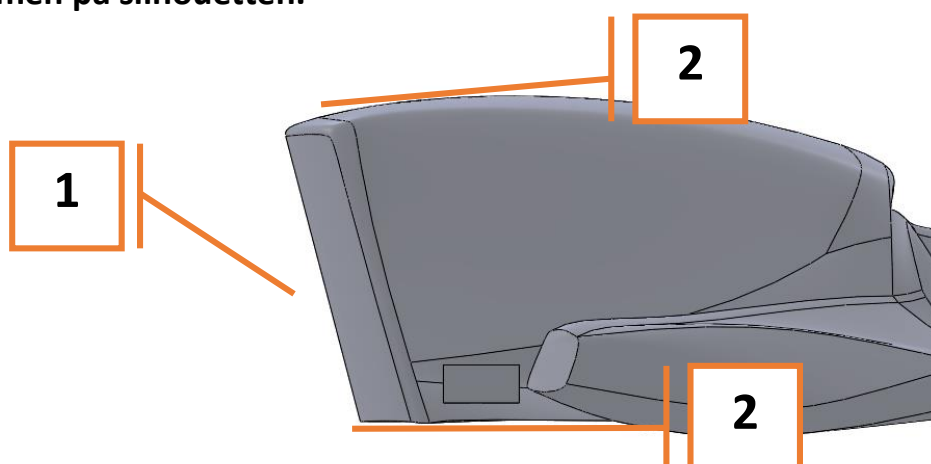
Det er fem områder som får en mer gunstig aerodynamisk form.

- ❖ 1. Vinkelen på avrundingen fra front til bak er liten
- ❖ 2. Profilen i front er veldig rett og vil føre til høyt trykk.
- ❖ 3. Frontarealet er stort
- ❖ 4. Fronten, sett fra toppen, er bred og rett
- ❖ 5. Bakhjulet må ha mulighet til å heises opp når Dolphin Sky flyr, dette medfører endring av baksiden. *Denne endringen er implementert i 3D-modellen.*

Formen fra tegningen sett fra oversiden er bredere enn 3D-modell, og tas høyde for.

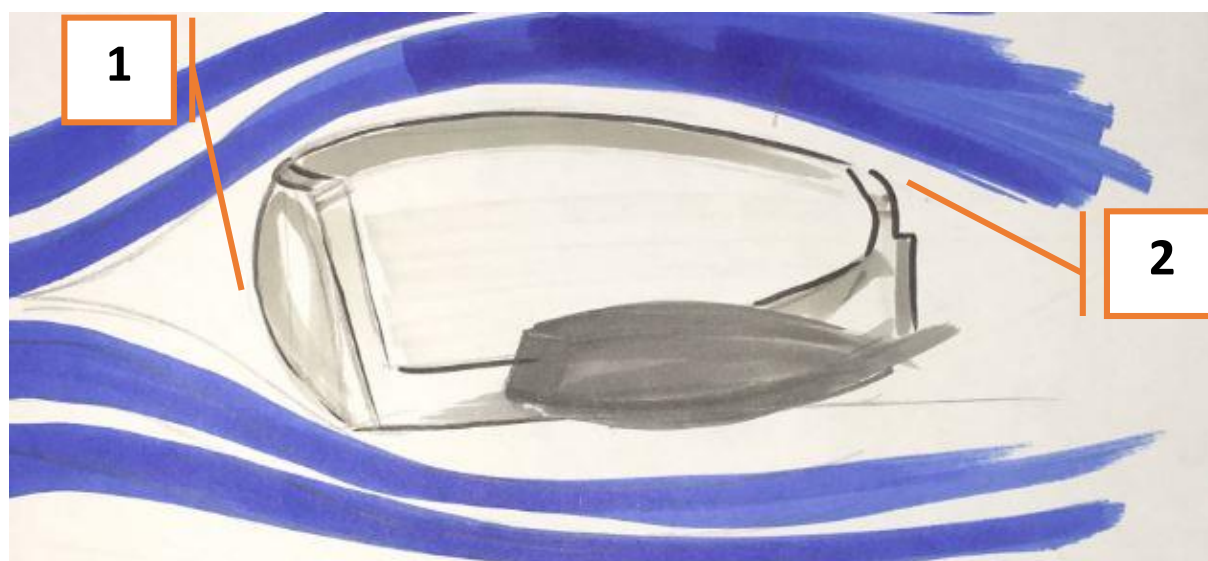
Ved å endre disse områdene vil det skapes en mindre resulterende kraft,  $D$ , som forbedrer aerodynamikken til kjøretøyet. Kjøretøyet vil dermed få en silhuett som er sterkere inspirert av en dråpeform, uten å fjerne den karakteristiske designet.

## Formen på silhouetten.



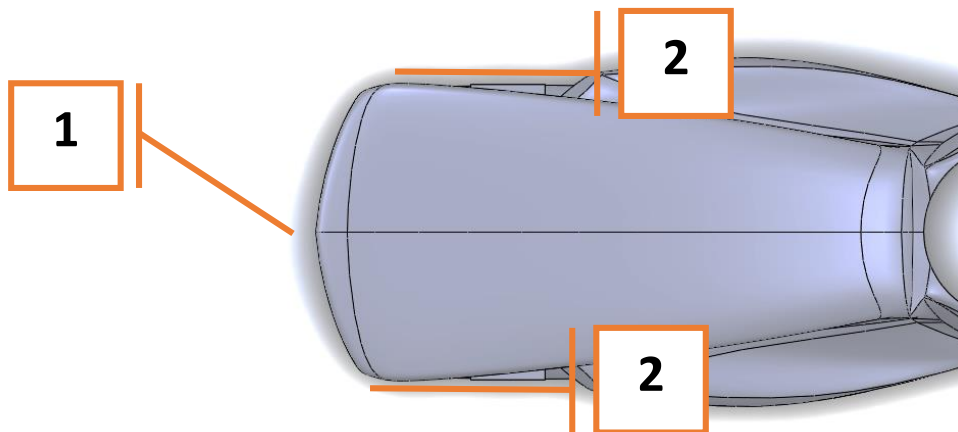
Figur 12.1 For sammenligningsgrunnlag, hoveddel av 3D modellering. 1) viser stagnasjonspunktet og 2) viser separasjonspunkter

Formen av silhouetten i Figur 12.1 bærer preg av en høy og markant topp som ruver fremover. Denne vil skape betydelig trykk ved stagnasjonspunktet, og det vil forekomme separasjonspunkt både over og under frontruta. Ved å skape en form som tar inspirasjon av en dråpeform, og avrunder kanten, vil den største endringen forekomme av at separasjonspunktet flyttes fra fronten til bak av kupéen. Dette vil føre til at luften som føres til bakre thruster, som er formålet med kupéens form.



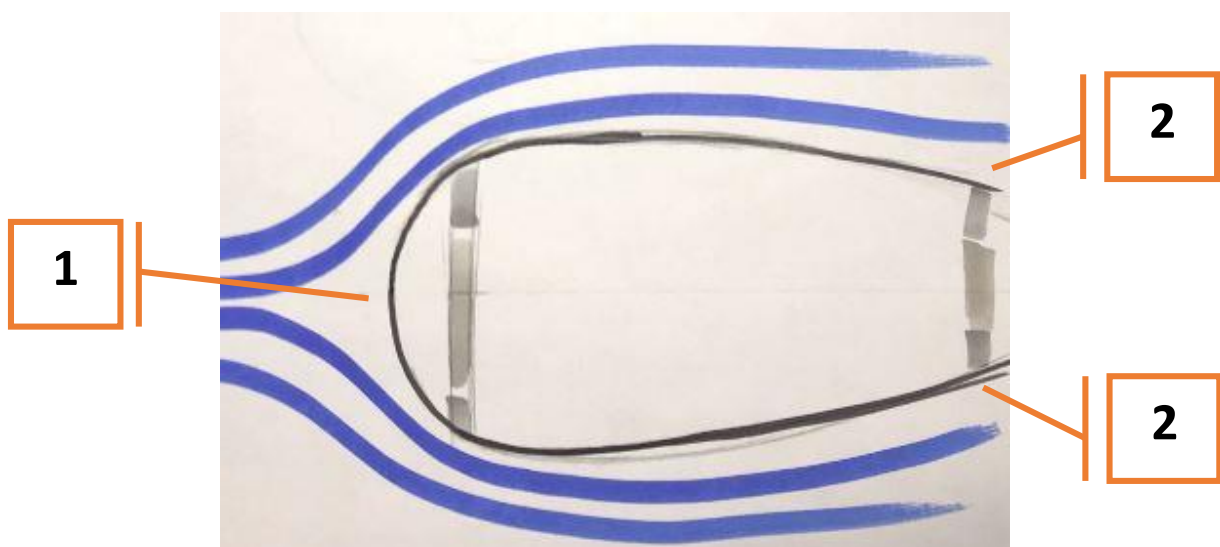
Figur 12.2 Avrunding av frontparti og forventet luftstrømmer. I front vil det være et stagnasjonspunkt, vist som punkt 1) som ikke er like problematisk som i Figur 12.1. Punkt 2) viser til det nye separasjonspunktet.

For modellen sett fra topp mot bunn, er det samme problematikk med tanke på 3D-modellen. Begge har stagnasjonspunkt og separasjonspunkt som er ugunstig.



Figur 12.3 1) stagnasjonspunkt 2) separasjonspunkter

Stagnasjonspunktet er ikke like problematisk i dette planet, men separasjonspunktene vil fortsatt skape problemer for aerodynamikken. Ved å avrunde denne vil skape en form som endrer aerodynamikken i høy grad.

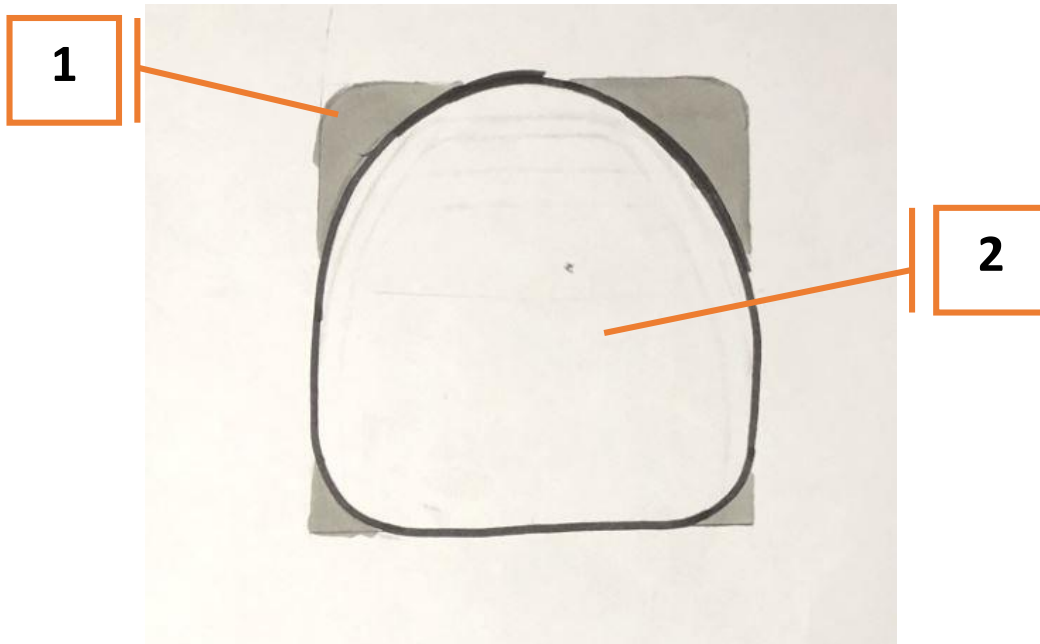


Figur 12.4 En mer markant avrunding i av fronten vil skape en bedre luftstrøm

I Figur 12.4 vil avrundingen, i likhet med Figur 12.2, flytte separasjonspunktet lengre bak og føre til en mye lavere  $C_d$ -verdi.

Et sentralt punkt for kraften  $D$  er den projekserte frontarealet, og ved å minimere arealet vil det direkte påvirke kraften.

I Figur 12.5 er det tegnet endringer som er i tråd med Figur 12.4 og Figur 2, og senker arealet markant.



*Figur 12.5 1) det tidligere arealet, 2) endringer som er påført*

Disse endringene vil påføre en stor endring av aerodynamikken. Fra Figur 4.5 at variasjonen kan variere med flere ti-deler, og arealet vil påvirke i tillegg.

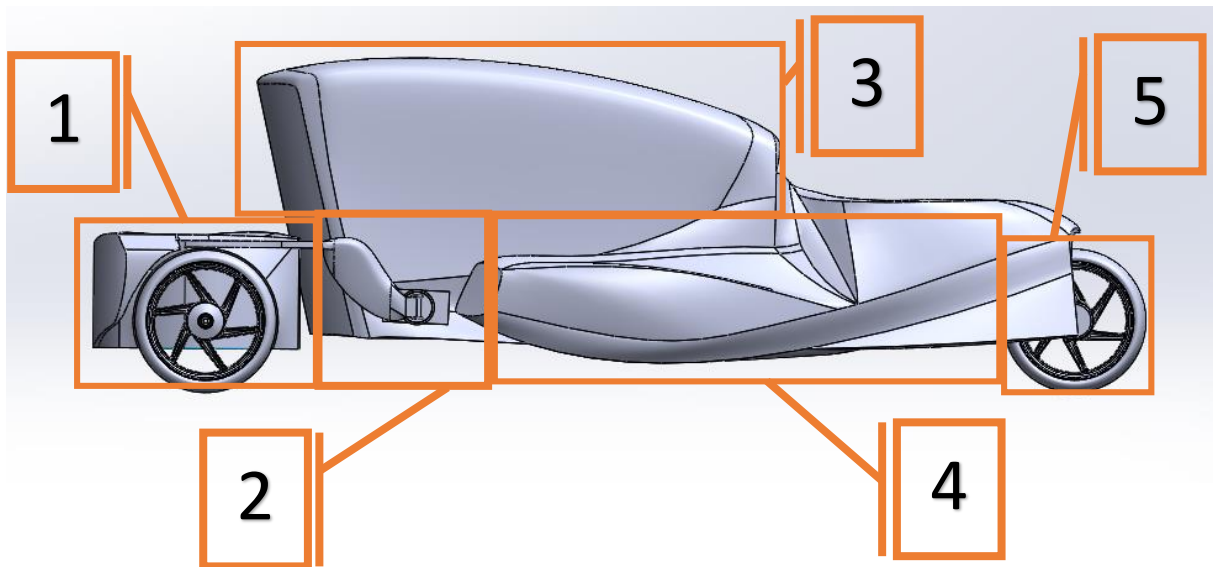


## 13 Produksjons- og økonomibetraktninger

Det er tidlig å se på spesifikke materialer og produksjonsmetoder for modellen, da dette ikke er et spesifikt element i utviklingen, så det er dermed gjort grove betraktninger om veien videre.

### 13.1 Produksjons- og materialbetraktninger

For produksjonsbetraktningene er det fordelaktig å grovt oppdele kjøretøyet for å kunne se på styrkebehov og produksjonsmuligheter.



Figur 13.1 Oppdeling. 1) thruster og hjuloppheng foran, 2) dempesystem og innfestet inkludert chassis, 3) kupé, 4) overchassis, 5) bakhjul og hjuloppheng.

#### Thruster og hjuloppheng

For thrusterene vil det ikke gå i detalj på materialer og produksjonsmetoder, dette vil bli utredet i en egen master og forventes å leveres høsten 2016 av Anders Thømt.

For det fremre systemet er det noen forutsetninger som legger føringer for materialene:

- ❖ Vekt skal være lav.
- ❖ Koblingspunktene; hjul og rotasjonspunkt til dempesystem. Disse delene må tåle forholdsvis store krefter og inneha en struktur som er sammenkoblet mellom hjuloppheng og dempesystemet.
- ❖ Dekk; anbefaler å bruke serieprodusert tredjepart dekk.
- ❖ Felg; krever materiale som er stiv, trykkfast og vektfattig.

#### Dempesystem og innfestet, inkludert chassis

Dempesystemer er det som forventes å være det svakeste leddet i designet. Dempesystemet kan forventes å bruke enten elektriske aktuatorer, hydraulikk eller pneumatikk for bevegelse,

og designet av systemet vil påvirke behovet av materialet. Sentrale materialer vil være karbonfiber eller aluminium, som begge har lav vekt i forhold til styrke.

Det som kan forventes er at chassiset vil designes for å styrke disse to punktene og integreres til bakhjulet, rundt kupé og bakre thruster. Dette chassiset vil fungere som ryggraden til kjøretøyet. Det vil være en rekke krefter som påvirker; støt, bøysspennning, skjærspennning samt fare for utmatting. Å designe chassiset med karbonfiber vil være utfordrende men gi gevinst i form av vekt. Ved bruk av karbonfiber er det behov for forsterkninger, dette er oftest i form av aluminium eller stål.

## Kupé

Da det ikke er utredet spesifikasjoner for glass er dette lagt inn som begrensning. Det er i tillegg ikke tatt høyde for både interiøret, inkludert behov for materialer i tilknytning av elementene (gjenvinningsystem, motor etc).

Resterende materialet inkluderes i overchassis.

## Overchassis

Overchassis vil i hovedsak være basert på vekt, og vil være preget av designet videre, spesifikt om chassis skal være inkludert i overchassiset eller om være et eget element. Om chassiset er et eget element er det mindre behov for styrke internt i chassiset, og åpner for muligheter for polymerer i som materialet. Om chassiset er integrert, vil det i hovedsak være karbonfiber eller aluminium som innehar både styrke og lav vekt.

## Bakhjul og dempesystem

I likhet med fremhjulet, forventes felgen å utnytte karbonfiber eller aluminium som materialet, og dekk fra tredjeparts leverandør.

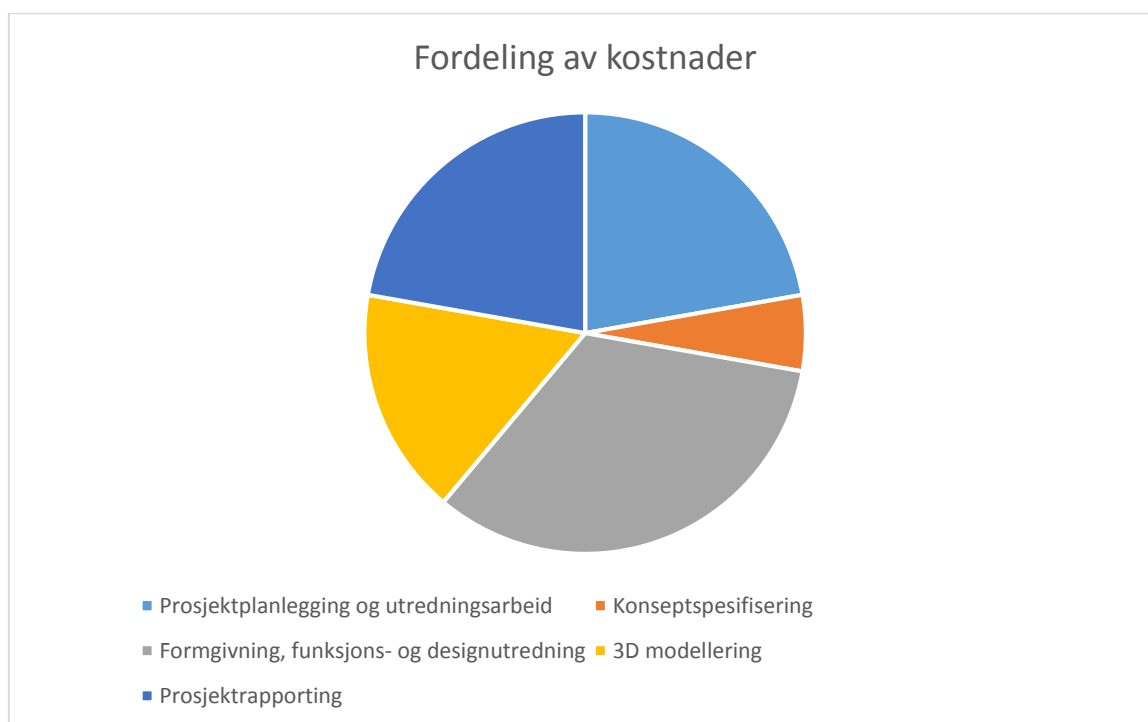
Dempesystemet for bakhjulet bærer sterk inspirasjon av Roskva's dempesystem for bakhjul, og vil være en videreutvikling av denne. Dermed forventes det at karbonfiber brukes også her.

## 13.2 Økonomibetraktninger

Tabell 13-1 Grov kostnadskalkyle til arbeidet tilknyttet masterarbeidet

<b>Konseptutvikling</b>	<b>Timer</b>	<b>Pris</b>	<b>Sum</b>
<i>Prosjektplanlegging og utredningsarbeid</i>	200	600	120 000 kr
<i>Konseptspesifisering</i>	50	600	30 000 kr
<i>Formgivning, funksjons- og designutredning</i>	300	600	180 000 kr
<i>3D modellering</i>	150	600	90 000 kr
<i>Prosjektrapportering</i>	200	600	120 000 kr
<b>Totalsum og kostnad</b>	<b>900</b>		<b>540 000 kr</b>

Økonomibetraktningene er basert på arbeid som er forventet å ha vært brukt tilknyttet til hver del av utviklingen. Det er estimert at ca 900 timer er lagt ned i denne arbeid tilknyttet mastergradsarbeidet.



Figur 13.2 Kakediagram over kostnadskalkylen. Det her vært lagt mest tid i formgivning, funksjons- og designutredning i denne rapporten.

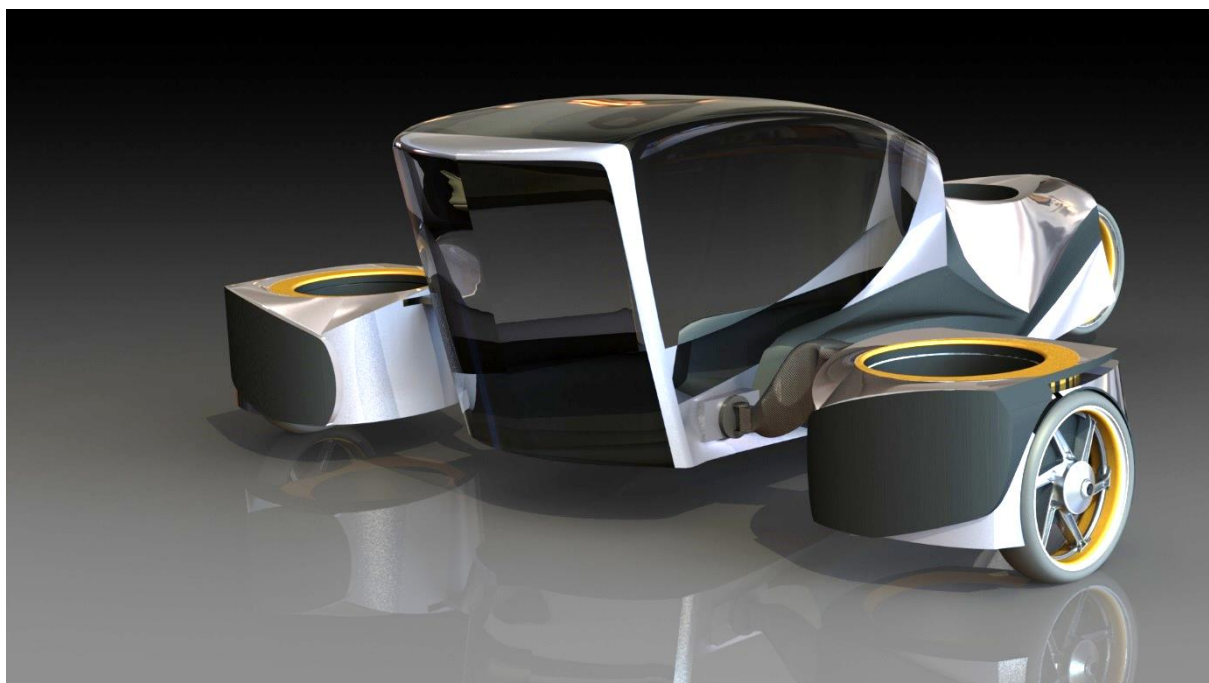
For videre økonomiske betraktninger vises det til Karen Elise Røsandnes sitt masteroppgave [1]

## 14 Miljørenderinger

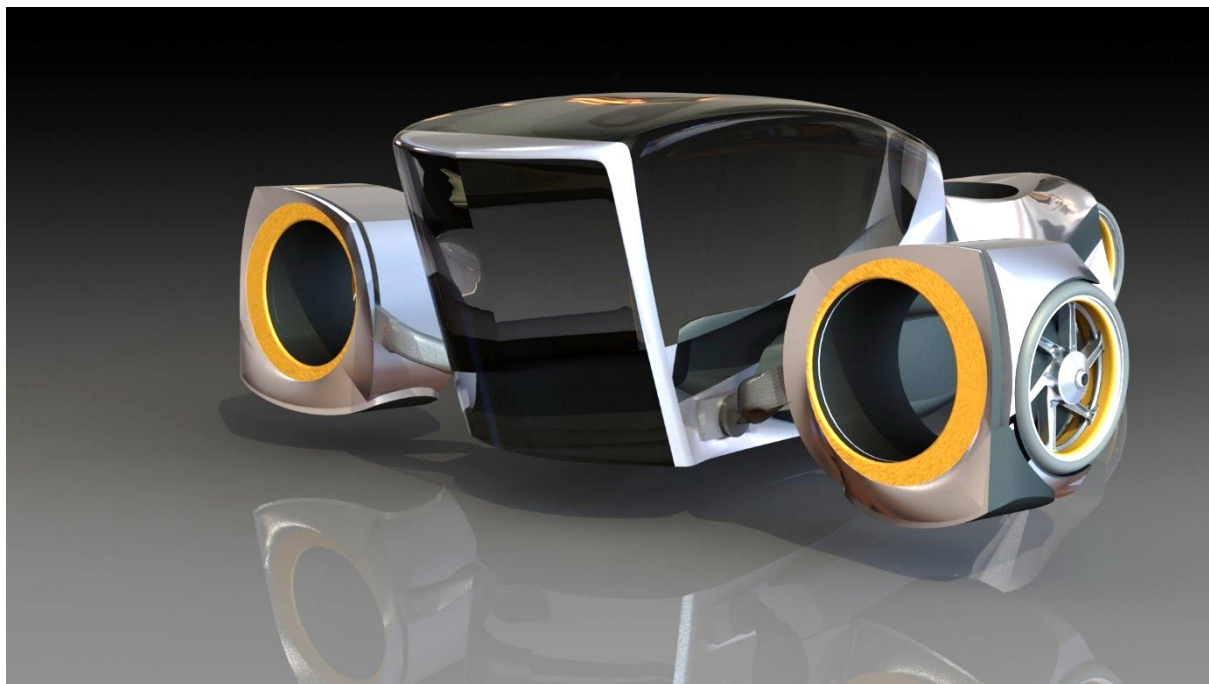
For å visualisere resultatet er det gjort renderinger for å skape realistiske bilder av konseptet i ulike miljøer og fargekombinasjoner



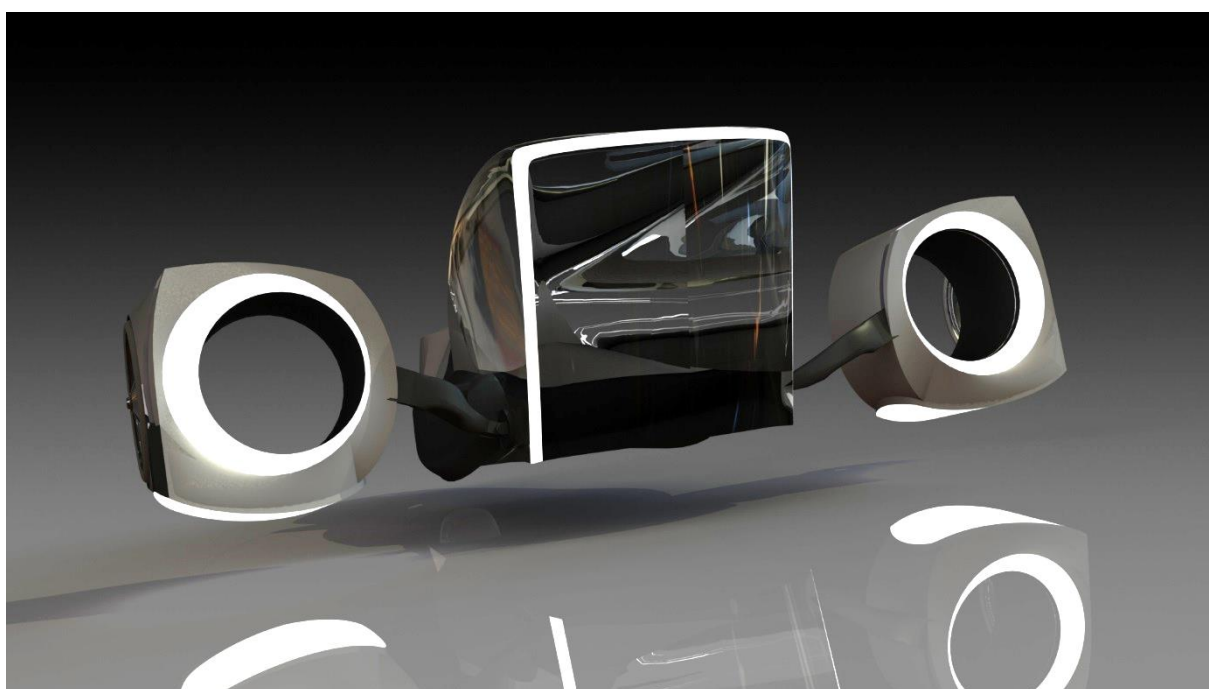
Figur 14.1 Skråstilt rendering av Dolphin Sky i bil-modus.



Figur 14.2 Skråstilt rendering av Dolphin Sky i hover-modus. Merk bakhjulet er løftet



*Figur 14.3 Skråstilt rendring av Dolphin Sky i fly-modus.*



*Figur 14.4 Skråstilt rendring av Dolphin Sky i fly-modus.*



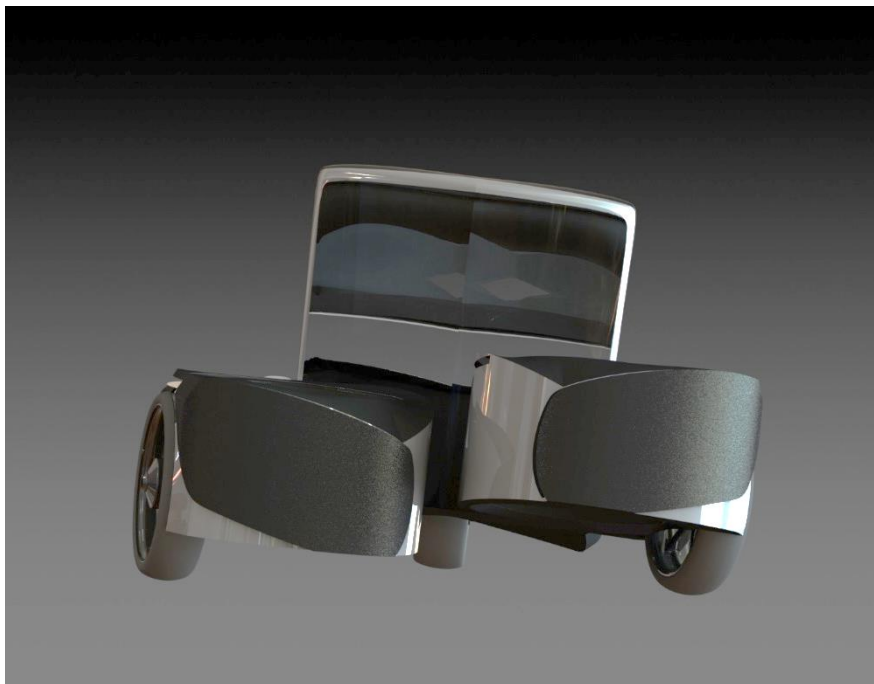
*Figur 14.5 Rendring av visualisert potensiell lys-setting i fly-modus*



*Figur 14.6 Rendring av visualisert potensiell lys-setting i fly-modus, skrått bakfra.*



*Figur 14.7 Illustrert dempesystemet som kan krenge i svinger, sett bakfra.*

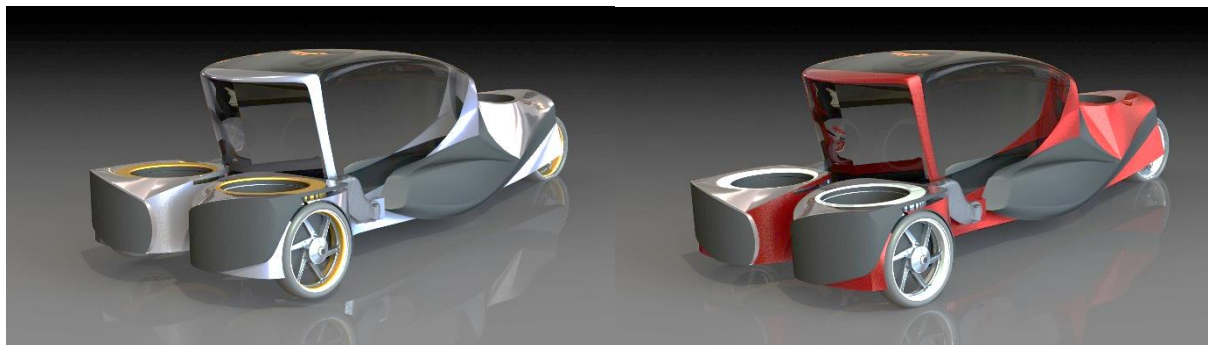


*Figur 14.7 Illustrert dempesystemet som kan krenge i svinger.*

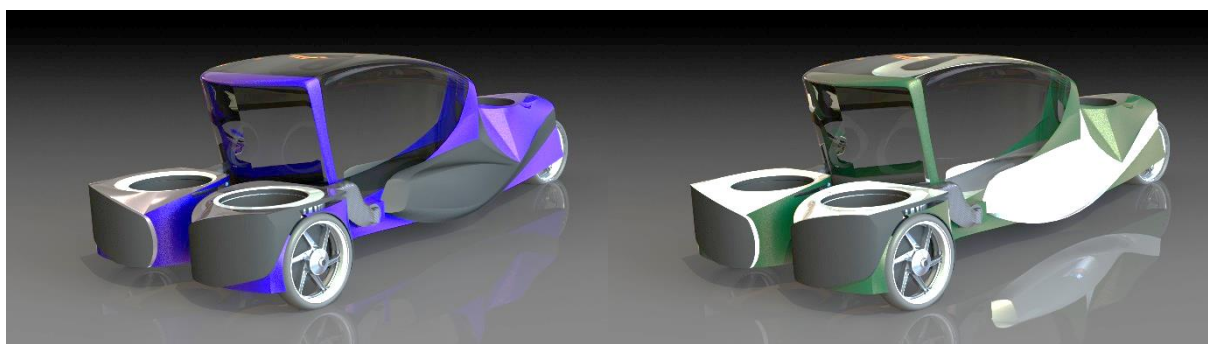


*Figur 14.9 I akt bilde av krenkning i sving [39].*

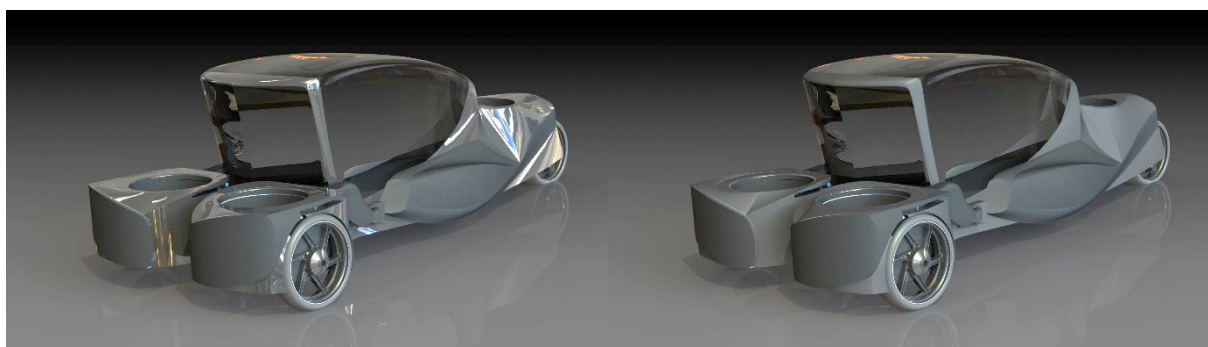




Figur 14.10 Venstre) sportsversjon med oransje detaljer, to gråskalaer og matt svart. Høyre) rød basis-versjon med matt svart og hvite detaljer



Figur 14.8 Venstre) blå basis-versjon med mattsvart og grå detaljer. Høyre) NMBU-versjon med grønn og hvit farge



Figur 14.3 Venstre) "black on black" special edition versjon. Høyre) Batman-inspirert matt grå på matt svart.



Figur 14.9 Dolphin Sky lander ved et område som har dårlig tilgjengelighet med vei [45]



Figur 14.10 Dolphin Sky med andre high-end biler [39]



Figur 14.11 Dolphin Sky har ikke en størrelse som kjemmer for parkering og nabolag [39]



Figur 14.12 Dolphin Sky brukes her for å nå ut til utilgjengelige strøk for å bistå i nødtilfeller på en enkel, rask og rimelig måte [45].



Figur 14.13 I daglig bruk vil Dolphin Sky ikke være kjemmende i den normale trafikken, også i storbyer. Her flyr Dolphin Sky 10 meter over bakkenivå, og for en fotgjenger er dette utsikten [45].



Figur 14.14 Ved lift-off og landing, er dette utsikten. I fremtiden kan det tenkes at all landing og take-off skjer fra taket av bygninger, og veier byttes om til gågater og parker med planter, skulpturer [45].



Figur 14.15 Fra hus og leiligheter vil trafikk passere i vindu høyde. Her er Dolphin Sky på vei forbi en leilighet [45].



## 15 Prosessevaluering og diskusjon

I dette kapittelet gjennomføres en evaluering av egeninnsats gjennom hele mastergradsarbeidet og dets prosesser. Oppbyggingen er basert på prosesskartet og vil evaluere forbedringspotensialer i arbeidsprosessen og løsninger knyttet til designet og funksjonene.

### 15.1 Evaluering av konseptutviklingsarbeidet

For evalueringen av konseptutviklingsarbeidet er det satt søkelys på arbeidsmetoder, -prosesser og resultat, og sett på gode og dårlige sider ved disse.

#### 15.1.1 Prosjektplanlegging, metode, teori og konkurrentutredning

Prosjektplanlegging var en utfordring da det i tidlig fase var stor uvitenhet om hvordan designet og funksjonene ville fungere og utforme seg. Dette førte til at planleggingen av løpet i masteren ble en utfordring da lite følte å kunne fastsettes tidlig. Denne fasen sporet til dels ut i form av tid brukt til å lese og se om konsepter som var vanskelig å plassere i masteren. Denne perioden kan anses som en modningsfase, og en bedre måte å angripe dette på ville vært å tidligere se på konkurrerende konsepter, teori og metode og på denne måten skape oversikt med mer struktur.

I tidlig fase hadde det vært tidsmessig gunstig og lagt mer fokus på bruken av metodene og motivasjonen til oppbyggingen av utvelgelsesmetoder, for å kunne bruke mindre tid på endringer underveis.

For en flyvende bil vil aerodynamikken være mest relevant i to frihetsgrader, opp og frem. Det har vist seg og vært fordelaktig å se hvordan formene optimeres når to frihetsgrader har innvirkning, og ikke bare en. Dette kunne vært gjennomført med å slå sammen ulike former og bedømme formens innvirkning i to retninger og rangere de resulterende formene.

Konkurrentutredningen er basert på et utvalg som anses å være nærmest lansering da det finnes utallige konsepter som ville vært for tidkrevende å gjennomføre like nøyaktig. Det kunne vært fordelaktig å sett på ulike tilnærminger basert på funksjoner, og evaluere hver funksjon samlet. Som et tillegg ville dette skapt er bedre bilde av utviklingen av konseptene knyttet til flyvende biler.

#### 15.1.2 Konseptutvikling

Konseptspesifiseringen var utfordrende for en flyvende bil da kjøretøyet fungerer på helt ulike måter basert på arbeidsoppgaven som gjennomføres. En bedre spesifisering ville vært å fordele opp i to eller tre deler, med bil-modus, fly-modus og muligens sveve-modus, med både egne og felles; krav, målsetting og egenskaper.

Utviklingen av funksjonsalternativ og løsninger var den største utfordringen i denne oppgaven, og den delen som tok mest til å gjennomføre. Det var valgt å begrense både sitteplassering og hjulformasjon da dette ville være tidkrevende og vektleggingen av funksjoner som mer direkte påvirker svevefunksjoner ville vært for lite vektlagt. Dette gir et svakt ledd i forhold til stabilitet da det ikke kan konkluderes med at denne løsningen er så gunstig som det kunne ønskes å konkludere. Oppsettet med oppdelingen av vingeplassering hadde vært bedre gjennomført

om det i tidlig fase hadde vært gjort en evaluering av størrelsen på vingene og deretter sett på gevinst i forhold til nødvendig størrelse. Dette ville gitt mulighet til å styrke de integrerte konseptene ved å ha en større riktighet av elementene. Evalueringen av thrusterene kunne vært mer konkluderende og med dette ikke tatt med alle til de integrerte konseptene. Disse to endringene ville spisset videre evaluering, og sikret en bedre løsning i integreringen av elementene.

Konseptuvelgelsen er omfattende og her kunne det vært gjennomført en kvalitativ ekstern undersøkelse på utvelgelsesfaktorer og poengsetting for å styrke resultatet. Ved å ha gjennomført en tydeligere utvelgelse tidligere i konseptutvelgelsen ville nøyaktigheten til den avsluttende konseptutvelgelsen vært større. Dette er et resultat av at oppgaven i mange ledd var nytt og utfordrende.

### 15.1.3 Designutvikling

I designutviklingen var det mange nye erfaringer og kunnskap som ble opparbeidet. Dette medførte at mye ble gjort flere ganger, som kan anses som ugunstig tidsbruk. Her hadde det vært bedre å lese mye mer tidligere og deretter skapt en egen designutredning. Gjennomføringen ble derfor preget av tidsbruk over det nødvendige.

Det var tidlig klart at skissering skulle være sentralt i oppgaven, noe som preger rapporten. Denne prosessen har skapt mye glede for undertegnede, og utviklingen av ferdigheter, stilutvikling og beherskelse av verktøyet kan ses fra tidlige skisser til de avsluttende designkonseptene. Det er variasjon i farger gjennom rapporten som er noe uheldig, og selv om det var forsøkt å følge spesifikke retningslinjer for fargevalg, er det noen skisser som kunne vært gjort om igjen for å skape et mer fullstendig resultat.

I Pughs metode er det sentralt å være objektiv, og for designutvelgelsen var dette utfordrende da designene ble over tid veldig personlige.

### 15.1.4 Konstruering

Tidlig var det klart at dette ville være utfordrende, og derfor testet ulike metoder før prosessen startet samt lære metoder og verktøy implementert i SolidWorks. Det kom fortsatt problemer og dermed ble det bestemt å utvikle en guide, for brukere med erfaringer i bruk av SolidWorks.

Etter 3D-modell ble produsert ble det enklere å se på størrelser og områder som er overdimensjonert. Dette er beholdt for å kunne gi rom til videre utvikling, som ved multifuel-systemet, dempearmer og motorsystem. For dempearmer foran ble det modellert spesifikt for å gi rom for videre arbeid.

Det er gjort en rekke rendringer for å sette kjøretøyet i et miljø. Det er gjort en egen rendringsserie med fokus på hvordan kjøretøyet kan påvirke miljøet fra øynene til en vilkårlig person, og hvordan dette ses ut når det ikke er fokusert på kjøretøyet. Rendringene kom ut bra.

## 15.2 Design og funksjoner

Design og funksjoner tar for seg helheten av designet samt deler. Dempearm kobles til helheten da denne ikke eksklusivt er konseptutviklet.

### 15.2.1 Konseptet, helheten og dempearm

Utviklingen av Dolphin Sky har vært preget av en overordnet miljømålsetting om at produktet skal ta lite plass for å senke drivstofforbruket. Å utvikle et konsept, som en flyvende bil, er dette utfordrende og kan i ulik grad øke kompleksiteten for å nå målet om størrelse. Konseptet utviklet i denne masterarbeidet er et resultat av mange kompromisser mellom produkt-egenskapene, og kan konkluderes med å være generelt godt egnet. Dette på bakgrunn av komplekse seleksjonsmatriser som tar høyde for mange kriterier, og på den måten komme frem til et konsept som er godt egnet i forhold til disse kriteriene. Konseptet har tre thrustere, som gir en mindre kompleks struktur, og selv om dempesystemet og bevegelse av hjuloppsett og thrustere i front er komplekst, er dette en integrert løsning som vil sentralisere de ulike komplekse systemene. Denne sentraliseringen er utviklet gjennom å implementere SCAMPER i den tidlige utviklingsfasen, ved å *omorganisere, reversere, substituere, tilpasse og kombinere* dempesystemet fra Roskva og elementene fremhjul og thrustere. Dette resulterer da i et spesifikt komplekst system, og styrker enkelheten til de resterende delene i konseptet. Resultatet av dette systemet er i tillegg at ved bil-kjøring kan konseptet krenge i svinger som styrker veiegenskapene.

### 15.2.2 Konsept, thrusterplassering

Thrusterformasjonen, med tre thrustere, er et relativt lite komplekst system, men på bekostning av stabiliteten i luften. Omfanget av dette kan variere, og legges til grunn for videre arbeid. Konseptet har ikke en løsning for lift under flygning med unntak av thrusterene, som er ugunstig. Dette medfører høyere drivstofforbruk og passer dårlig for et konsept som ønskes å være miljøvennlig.

### 15.2.3 Konseptet og konkurrenter

Sammenlignes Dolphin Sky med de konseptene som anses som relevante konkurrerende konsepter, trer Dolphin Sky frem som et konsept som er liten i størrelsen. Konkurrerende konsepter oppfattes som generelt ugunstige løsninger, ved at veiegenskapene, flyegenskapene, VTOL-muligheter og størrelsen på konseptene er på ulike måte ikke når konseptspesifikasjonene til Dolphin. Dolphin Sky trer frem som et godt konsept, som innehar gode egenskaper på alle punkter.

### 15.2.4 Konseptet, design

Designmessig bærer Dolphin Sky preg av at ergonomi påvirker i stor grad, ved at sikt i både fly- og bil-modus utfordrer designet i stor grad. Designet er vektlagt ved å utfordre hva som anses å være dagens bil-design, på bakgrunn av at dette er et konsept med ny teknologi. Dette har påvirket designet i stor grad. Resultatet av dette er at designet kan være noe uferdig utviklet, og videre tester og utvikling kan forandre spesifikke områder for å ivareta aerodynamiske egenskaper.

## 16 Konklusjon

Gjennom masterarbeidet er det kommet frem til resultater og erfaringer som legger til rette for anbefalinger og videre arbeid. På bakgrunn av dette er konklusjonen delt opp i tre delkapitler; resultater, anbefalinger og videre arbeid.

### 16.1 Resultater

Resultatet av utviklingen av Dolphin Sky konseptet har gitt følgende mål:

- ❖ Dimensjoner er delt opp i to kategorier for da konseptet endrer form mellom fly-modus og bil-modus.
- ❖ For bil-modus har Dolphin Sky en lengde på 4811 mm, bredde på 2015 mm og en høyde på 1548 mm.
- ❖ I fly-modus er lengden 4069 mm, bredden er 4088 mm og høyde på 1466 mm.
- ❖ Størrelsen plasserer konseptet gunstig i forhold til konkurrentene
- ❖ Konseptet har tre thrustere, hvor det er anslått at to fremre thrustere har en diameter på 600 mm, og den bakre thrusteren har en diameter på 700 mm.
- ❖ Det er to moduler foran som inneholder thrustere og hjul, styrer kjøretøyet i luften og på veien, og bruker dempearmer som integrerer flere rotasjoner.
- ❖ Det er sitteplasser for to personer for begge konfigurasjonene, hvor en person sitter foran og en person i baksete.
- ❖ Det er valgt å bruke tadpole-formasjon som utgangspunkt for konseptet.
- ❖ Designet er organisk og i hovedsak inspirert av rund- og trekant-form.
- ❖ Konseptet er delt opp i tre hovedelementer og to dempearmer som knytter disse sammen.
- ❖ Konseptet utnytter seks motorer, to i hver thruster, i tillegg til motorer for bil-modus.
- ❖ Plassering av varmegjenvinningssystem, motor og batterier er plassert lavt for å sikre stabilitet under fly-, hover- og bil-modus.
- ❖ Utviklingskostnadene knyttet til konseptutviklingen er kalkulert til å være 540 000 kr.
- ❖ Konseptet har tatt utgangspunkt i hjul som er 652 mm i diameter.

### 16.2 Anbefalinger

Det er gjort en rekke erfaringer i gjennomføring av konseptutviklingen. Disse erfaringene legger til rette anbefalinger for videre utvikling.

- ❖ For videre arbeid er det anbefalt å se mye nøyere på thruster formasjoner og plassering, da dette er en stor oppgave som bare belyses enkelt i denne rapporten.
- ❖ Implementering av små vinger for å styrke stabilitet og skape noe lift.
- ❖ Det anbefales at formen til dempearmene kan anvendes som vinger, for styring og stabilitet.
- ❖ Ved CFD-analyse av flygning og hover med thrusterene i bruk, det kan skapes fordelaktige eller problematiske formeffekter som styrker eller svekker stabilitet ved utgangen av thrusteren og nærliggende deler av konseptet.
- ❖ Det kan være gjennomførbart å bruke samme motor for bakre thruster og bakhjul.

## 16.3 Videre arbeid

Av tidshensyn er det arbeid som må jobbes videre med i forhold til konseptet.

- ❖ CFD analyse og formoptimering. Formoptimeringen gjort i denne oppgaven må testes og spesifiseres gjennom en 3D-modell.
- ❖ Bygge og gjennomføre tester med skalamodell.
- ❖ Utvikle et egnet dørsystem og andre eksteriørdeler.
- ❖ Utvikle dempesystemet tilknyttet fremre deler og bakre del av konseptet.
- ❖ Ekstern testing for å knytte brukermarkedet inn i utviklingen av konseptet
- ❖ Se om delta hjulformasjon vil ha en bedre innvirkning på stabiliteten.

## 17 Referanser

1. Røsandnes, K.E., *Dolphin Sky, Del B: Utredning av systemkonsept, sikkerhet, produksjon, markedsnisjer og økonomi*, in *Institutt for matematiske realfag og teknologi*. 2016: Norges miljø- og biovitenskapelige universitet.
2. Brostow, A., *Become an inventor*. 2015: CreateSpace Independent Publishing 102.
3. Skaar-Olsen, T., *Utvikling av eksteriørdesign og førerergonomiske løsninger for Dolphin Expression 2.0*, in *Institutt for miljøvitenskap og teknologi*. 2015, Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. p. 109.
4. Finnøy, S.E., *Waste Heat Recovery System, for The Dolphin Concept Car*, in *Institutt for matematiske realfag og teknologi*. 2014, Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. p. 64.
5. Hanssen, J.H., *Utvikling av hjuloppheng for lettvektskjøretøy*, in *Institutt for matematiske realfag og teknologi*. 2014, Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. p. 159.
6. Hanssen, J.H., *Dolphin Duo 1+1: Utvikling av hjuloppheng for lettvektskjøretøy*, in *Institutt for matematiske realfag og teknologi*. 2014, Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. p. 153.
7. Bøe, J.K., *Konsept- og produktrealisering*. 2014, Institutt for matematiske realfag og teknologi: Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. 195.
8. Scott Robertson, T.B., *How to render: The fundamentals of light, shadow and reflectivity*. 2014: Design Studio Press. 272.
9. Scott Robertson, T.B., *How to draw: Drawing and sketching objects and environments from your imagination*. 2013: Design Studio Press. 208.
10. Rashid, M.A., *Dolphin Duo 1+1: Utvikling av interiørdesign for lettvektskjøretøyet*, in *Institutt for matematiske realfag og teknologi*. 2012, Universitet for miljø- og biovitenskap. p. 155.
11. Alexander Moen Thue, P.S., *Utvikling, dimensjonering og konstruksjon av multifuel gassturbinmotor*, in *Institutt for matematiske realfag og teknologi*. 2012, Universitet for miljø- og biovitenskap. p. 151.
12. Leanderson, C.F., *Dolphin Family, del D: Konseptualisering og design av overchassis for et trehjuls lettvektskjøretøy*, in *Institutt for matematiske realfag og teknologi*. 2012, Universitet for miljø- og biovitenskap.
13. Krog, H.O., *Prosjekt Roskva - Utvikling av svingarm og dempersystem for elektrisk motorsykkelkonsept*, in *Institutt for matematiske realfag og teknologi*. 2012, Universitet for miljø- og biovitenskap. p. 104.
14. Olsvik, E., *Totaldesign & CFD - optimering av elektrisk motorsykkelkonsept, Prosjekt Roskva*, in *Institutt for matematiske realfag og teknologi*. 2012, Universitet for miljø- og biovitenskap.
15. Norberg, L.J., *Utvikling og optimering av drivlinje for et elektrisk motorsykkelkonsept*, in *Institutt for matematiske realfag og teknologi*. 2012, Universitet for miljø- og biovitenskap. p. 144.
16. Aasheim, J.-F., *Utvikling av ramme og hjuloppheng for 3-hjulskjøretøy*, in *Institutt for matematiske realfag og teknologi*. 2011, Universitet for miljø- og biovitenskap. p. 201.

17. Roca, K., *Dolphin Family, Del A: Utvikling av eksteriørdesign for lettvektskjøretøy*, in *Institutt for matematiske realfag og teknologi*. 2011, Universitet for miljø- og biovitenskap. p. 73.
18. E. John Finnemore, J.B.F., *Fluid mechanics with engineering applications, Tenth edition*. 2009: McGraw-Hill Education. 790.
19. Anders Brevik, L.T.L., *Dolphin: formkonsept for trike*, in *Institutt for matematiske realfag og teknologi*. 2007/2008, Universitet for miljø- og biovitenskap. p. 96.
20. Katz, J., *Race car aerodynamics, designing for speed*. 2006: Bentley Publishers and Robert Bentley, inc.
21. Bøe, J.K., *Produktutvikling og produktdesign*. 2004, Universitetet for miljø- og biovitenskap: Institutt for matematiske realfag og teknologi. 218.
22. Farstad, P., *Industridesign*. 2003: Universitetsforlaget AS.
23. Smith, H.C.S., *The illustrated guide to aerodynamics 2nd edition*. 1992: TAB BOOKS. 337.
24. Pugh, S., *Total design: Integrated methods for successful product engineering*. 1991: Addison-Wesley Publishing Company. 278.
25. *Bilde av Peter Behrens og kolibri*. Wikipedia]. Available from: [en.wikipedia.org](http://en.wikipedia.org).
26. *Bilde av cicada*. The university of Queensland]. Available from: <http://uq.edu.au/>.
27. *Bilde av streamlinere*. Dieselpunks]. Available from: <http://www.dieselpunks.org/>.
28. *Bilde av AEG fabrikkbygg*. The design observer group]. Available from: [designobserver.com](http://designobserver.com).
29. *Bilde av Volvo 740*. Volvo Car Corporation]. Available from: [volvocars.com](http://volvocars.com).
30. *Bilder av Kendrick Bangs Kellogg arkitektur*. Inhabitat]. Available from: <http://inhabitat.com/>.
31. *Bilde av Raymond Loewy*. Raymond Loewy Foundation]. Available from: [raymondloewyfoundation.com](http://raymondloewyfoundation.com).
32. *Bilde, vanndråpe*. Yeni]. Available from: <http://yeni.mobi/>.
33. *Bilde av Mazda Furai*. Thoughts on automotive design]. Available from: [autostyling.wordpress.com](http://autostyling.wordpress.com).
34. *Bilde av Mazda Furai*. Deviant Art]. Available from: [deviantart.com](http://deviantart.com).
35. *Normal Bel Geddes "Motor Car No. 9 without tail fin"*. Glasstire]. Available from: <http://glasstire.com/>.
36. *Statistisk data om klimagassutslipp*. Statistisk Sentralbyrå]. Available from: <http://ssb.no>.
37. *Bilde av Studebaker sketch*. The verge]. Available from: [theverge.com](http://theverge.com).
38. *Informasjon om, og bilder av, The Transition og TF-X*. Terrafugia]. Available from: <http://www.terrafugia.com/>.
39. *Bilder til rendringer*. WallpapersCraft]. Available from: <https://wallpaperscraft.com/>.
40. *Informasjon om motor*. Lynch motor company ltd. ]. Available from: <http://lynchmotors.co.uk>.
41. *Informasjon om, og bilder av Mollers flyvende bil-konsepter*. Moller international]. Available from: <http://moller.com/>.
42. *uniChalk*. Mitsubishi pencil]. Available from: <http://uniball.com.au/>.
43. *Promarker*. Available from: <http://www.winsornewton.com/>.
44. *Pilot penn*. Pilot pen norsk AS]. Available from: <http://pilotpen.no/>.

45. *Bilder til rendringer*. WallpapersWide]. Available from: [www.wallpaperswide.com](http://www.wallpaperswide.com).
46. *Penol tusjer*. Penol A/S]. Available from: <http://www.penol.dk/>.
47. *Copics classic markers*. Imagination international inc.]. Available from: <https://imaginationinternationalinc.com/copics/>.
48. *Bilde av EcoTwin*. Norges miljø- og biovitenskapelige universitet]. Available from: <http://nmbu.no>.
49. *Bilde av Henry Dreyfuss*. The podwits]. Available from: podwits.com.
50. *Formel til thrusterdimensjonering*. Massachusetts Institute of Technology]. Available from: <http://web.mit.edu/>.
51. *Størrelse av BMW-modeller*. BMW AG]. Available from: <http://www.bmw.com/com/en/>.
52. *Bilde av 3dr solo*. 3dr]. Available from: <https://3dr.com>.
53. *Bilder av Cody*. IDEO]. Available from: <http://automobility.ideo.com/>.
54. *Bilder av Shiwa*. Ayekoo!]. Available from: ayekoo.com.
55. *Informasjon, og bilder, av AeroMobil 3.0*. AeroMobil]. Available from: <http://www.aeromobil.com/>.
56. *Informasjon, og bilder, av PAL-V ONE*. PAL-V]. Available from: <http://pal-v.com/>.
57. *Informasjon om Mazda MX5*. Mazda Motor Norge]. Available from: <http://www.mazda.no>.
58. *Informasjon angående problematikk med høyde og Mazda MX5*. Dinside]. Available from: <http://www.dinside.no/>.
59. *Stabilo tusj*. Stabilo international GmbH]. Available from: <http://www.stabilo.com/>.



## Vedlegg

**Vedlegg 1:** Brosjyre fra Lynch motors

**Vedlegg 2:** Eksempler på konsepter som er utelatt fra evaluering

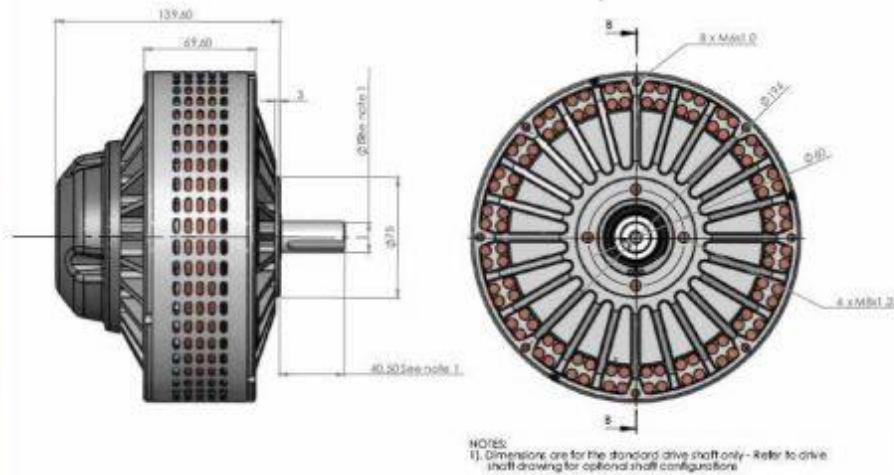
**Vedlegg 3:** Eksempler på skissering

**Vedlegg 4:** ISO tegninger av hovedmål, del 1

**Vedlegg 5:** ISO tegninger av hovedmål, del 2

## Technical Data

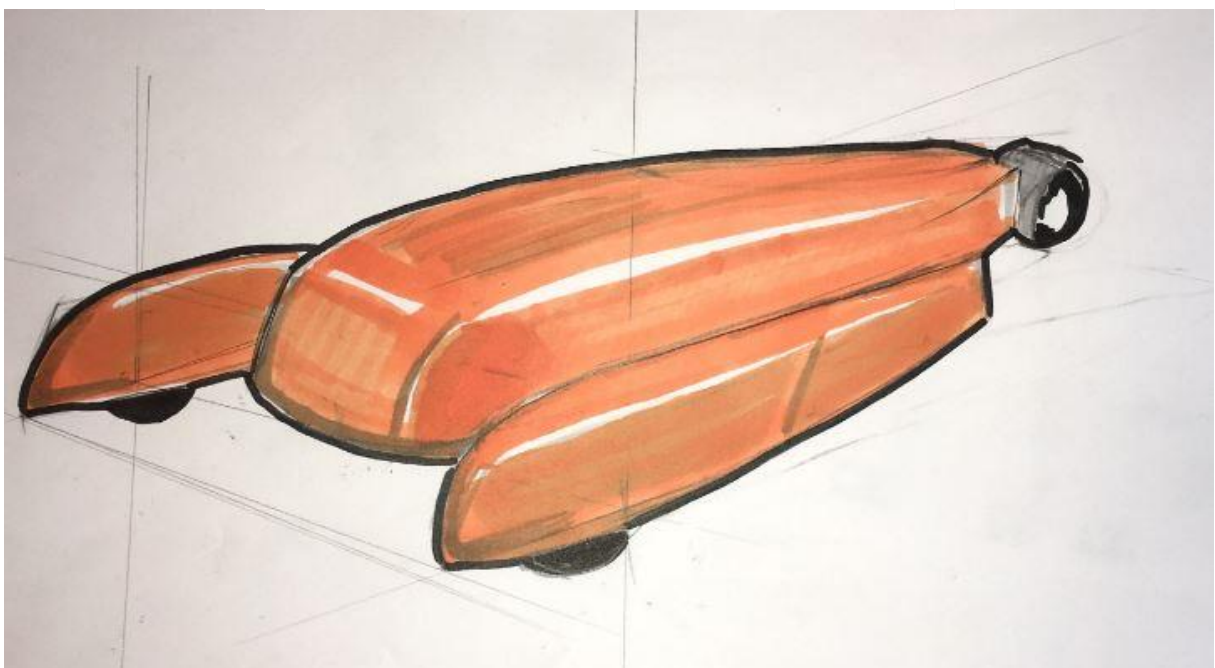
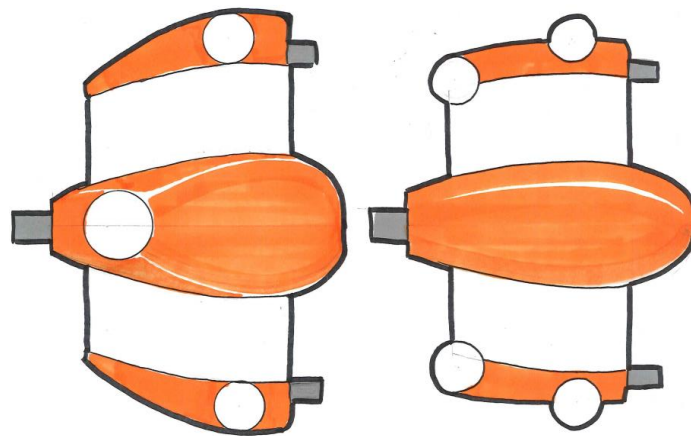
Motor	No Load Current	Torque Constant	Speed Constant	Armature Resistance DC	Armature Inductance @ 1kHz	Armature Perms	Peak Power	Peak Efficiency	Peak Current	Rated Power	Rated Speed	Rated Voltage	Rated Current	Rated Torque
	A	Nm/A	Rpm/V	mΩ	μH	Kgm <sup>2</sup>	kW	%	A	kW	Rpm	V	A	Nm
95	6	0.113	81	21.5	22	0.0238	18	92	400	10	3888	48	250	28
126	10	0.0737	105	175	6	0.0234	7.59	83	400	5.06	2520	24	270	19.2
127	5	0.15	54	22.5	23	0.0236	16.08	89	400	8.55	2592	48	215	31.5
D95B	6	0.14	76	20.5	11	0.0238	28.50	92	400	15.00	6000	72	210	30
D126	5	0.0748	100	138	5	0.0234	11.14	81	400	6.91	3600	36	250	18.3
D127	4	0.17	50	17.5	13	0.0236	25.38	92	400	12.56	3600	72	200	33.3
D135	3.5	0.185	45	16.75	16	0.0236	29.04	93	400	14.39	3780	84	200	36.4
DB5 RAG	7.36	0.207	42	16.95	16	0.0238	34.32	93	400	16.84	4032	96	200	39.9
DB5 RACS	7.45	0.21	40	16.95	16	0.0238	36.00	93	400	18.00	4400	110	200	42.0



GENERATING  
MOVEMENT  
EFFICIENTLY

LCM Limited, Lynch Motor Company Ltd, Unit 27,  
Flightway Business Park, Duntreswell, Honiton, Devon EX14 4RJ  
Tel: +44 (0) 1404 892940 Fax: +44 (0) 1404 891990  
email: sales@lmcltd.net [www.lmcltd.net](http://www.lmcltd.net)





Inloerparten fremhjul  
vingen? 16,5 cm

Bredere  
enn den  
er lang,  
Problematisk!

7,5 cm 17 cm + 5 cm

8 cm

11,5 cm => 22,5 cm  
=> 16,5 cm = 3228 mm  
16,5 = 0,7 \* 8 cm => 2250 cm  
11,5 1435  
16,5 cm => 9,5 m + ca. 5 m

minre  
Hjul

minre  
Svinghjul

Lage  
betvinge  
større?

5 cm => 1120  
OR => 1406  
18 17 cm => ca. 5 m  
OR => 17 cm = 3,8 m

34 3,8 m

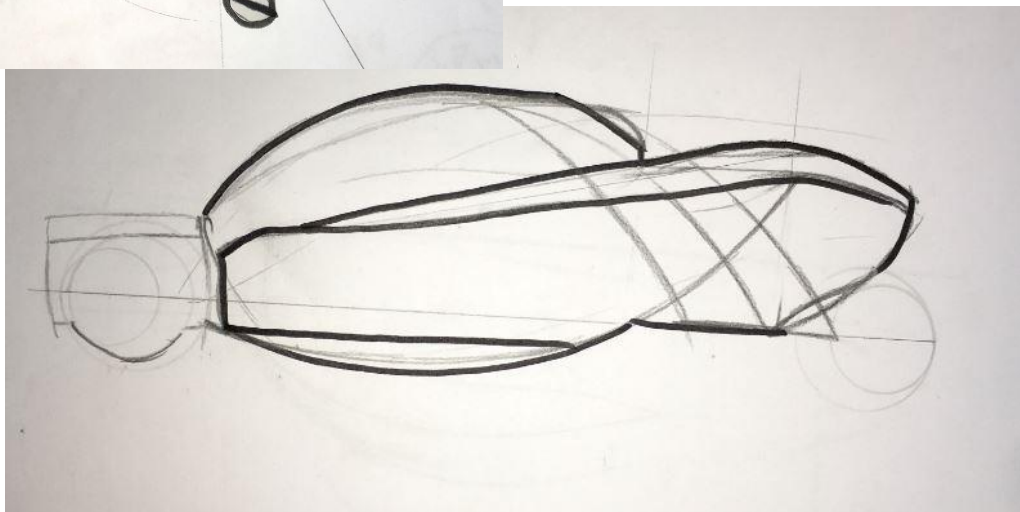
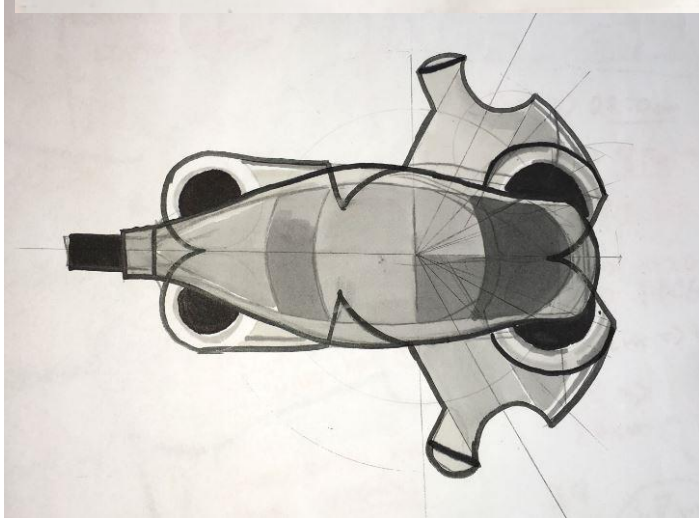
Kan flytte  
sving-hjul frem

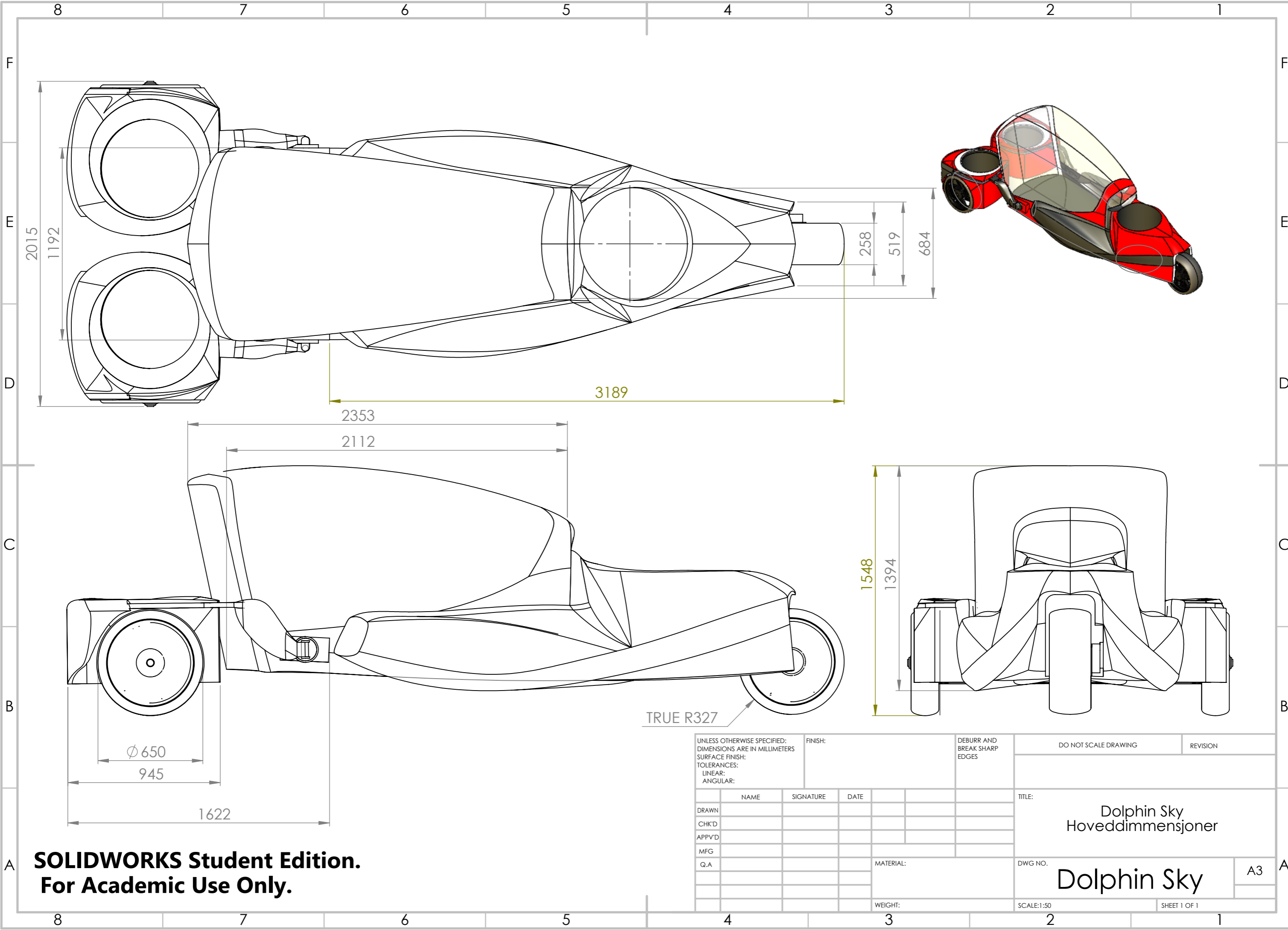
↑ Jønr plass kan  
være smalere

Trenger ny styrekonsoll

7,5  
11,5 = 2250 = 1467

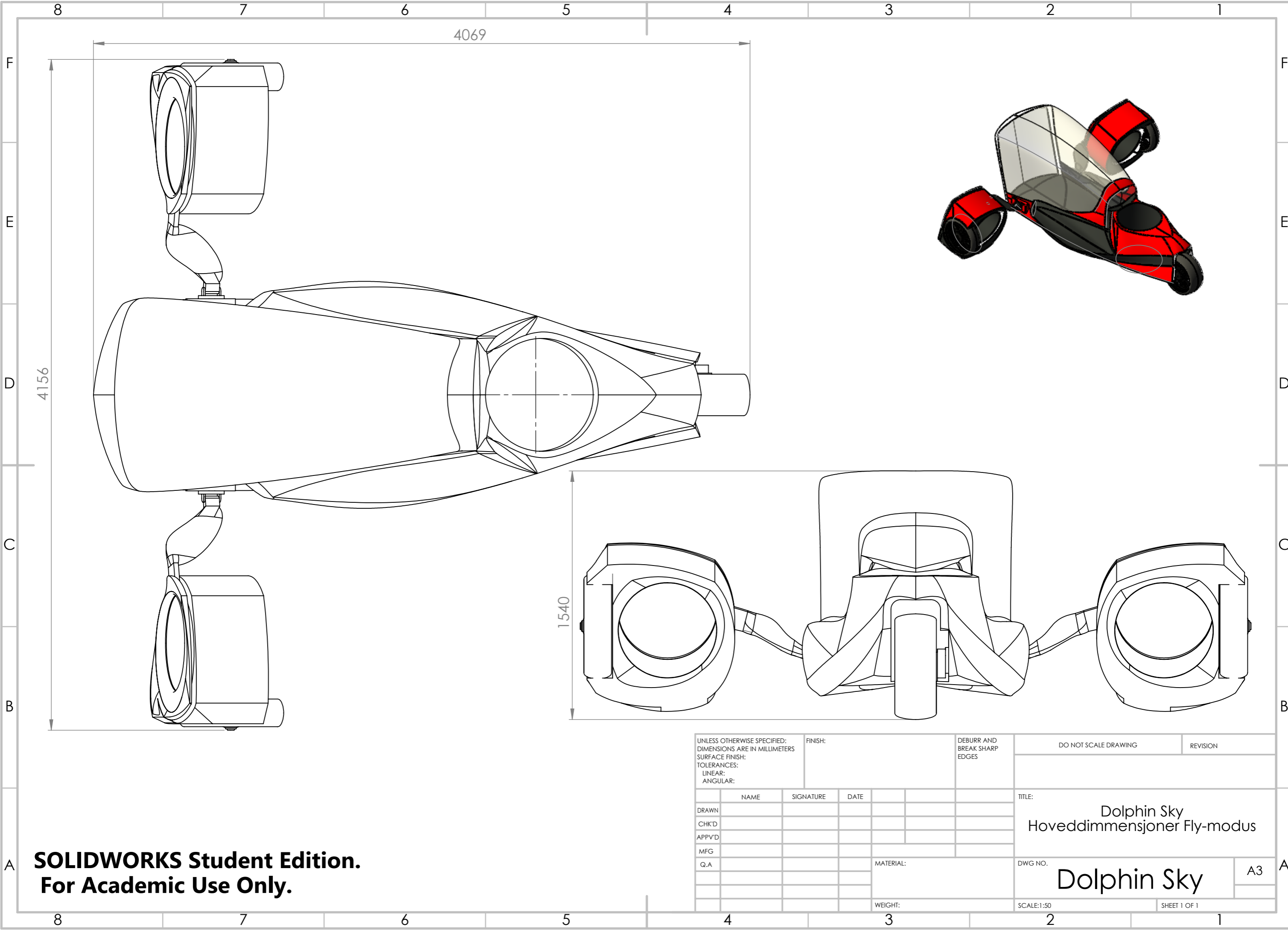
↑ Kan være mindre  
Men fortsatt problemer med Bredden





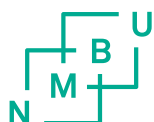
**SOLIDWORKS Student Edition.  
For Academic Use Only.**

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS			FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:										
TOLERANCES:										
LINEAR:										
ANGULAR:										
DRAWN			NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:	
CHK'D									Dolphin Sky Hoveddimensjoner	
APPV'D									DWG NO.	
MFG									Dolphin Sky	
Q.A									A3	
							MATERIAL:		SCALE:1:50	
							WEIGHT:		SHEET 1 OF 1	



**SOLIDWORKS Student Edition.  
For Academic Use Only.**

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		
DRAWN			NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE: Dolphin Sky Hoveddimensjoner Fly-modus		
CHK'D									DWG NO. <b>Dolphin Sky</b>		
APPV'D									SCALE:1:50		
MFG									SHEET 1 OF 1		
Q.A							MATERIAL:		A3		
							WEIGHT:				



Norges miljø- og biovitenskapelig universitet  
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet  
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway