



Utvikling av eksteriørdesign og førerergonomiske løsninger for Dolphin Expression 2.0

Av
Tone Skaar-Olsen



**Mastergradsoppgave ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet,
Institutt for matematiske realfag og teknologi,
Høstsemesteret 2015**

FORORD

Denne masteroppgaven er skrevet som en avsluttende del av sivilingeniørutdanningen i Maskin, prosess- og produktutvikling ved Instituttet for matematiske realfag og teknologi ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. Prosjektet ble planlagt og påbegynt våren 2015, mens hovedtyngden av arbeidet har blitt gjennomført sommeren og høsten, med et totalt arbeidsomfang på 30 studiepoeng.

Masteroppgaven er initiert av førsteamanuensis Jan Kåre Bøe, ved Institutt for Matematiske realfag og teknologi. Oppgaven omhandler design av et trehjulskjøretøy, som også kan forklares som en krysning mellom en bil og en motorsykkel. Gradsarbeidet som her blir presentert er en del av et samarbeidsprosjekt fordelt på flere masteroppgaver som til slutt skal danne et fullstendig utviklet konsept bestående av to lettvektskjøretøy med to ulike bruksområder.

Da jeg ble introdusert for oppgaven var jeg veldig entusiastisk, og bestemte meg fort for at dette var noe jeg ville jobbe med. Å jobbe med Dolphin Expression 2.0 har både vært spennende og utfordrende på samme tid. Det har vært en kombinasjon av teori og kreativitet, noe som passet meg midt i blinken. Jeg har alltid likt å være kreativ samtidig som jeg synes biler er veldig fascinerende og spennende. Å formgi et eksteriørdesign til konseptet Dolphin har vært veldig lærerikt og interessant å være en del av.

Jeg ønsker å rette en stor takk til hovedveileder, førsteamanuensis Jan Kåre Bøe for hans gode hjelp og veiledning gjennom prosjektperioden. Videre vil jeg takke førsteamanuensis Carlos Salas Bringas for faglig støtte i SolidWorks Flow Simulation. Til slutt har jeg lyst til å takke lektor Anniken Sefjord Torbjørnsen for hennes gjennomlesing og retting av språklige feil.

Ås, den 15.des 2015

Tone Skaar-Olsen

SAMMENDRAG

Med bilindustriens voksende tempo og de skadelige utslippene dette medfører er det behov for å tenke mindre og lettere biler. Med dette som baktanke er det utviklet et konsept som skal dekke behovet for et mindre, lettere og mer miljøvennlig kjøretøy.

Masteroppgaven er et fremtidsrettet designprosjekt som er basert på et formkonsept ved navn Dolphin, bestående av flere delprosjekter. Tidligere arbeid som har vært gjeldene for dette mastergradsarbeidet er designforslag av interiør [1.9] og hjuloppheng [1.7]. Denne rapporten tar for seg designprosessen av eksteriøret for Dolphin Expression 2.0. Dolphin Expression 2.0 er et lettvekts trehjulskjøretøy beregnet for to personer, med to hjul foran og et hjul bak.

Hovedmålet med masteroppgaven er å konseptualisere og utvikle et mest mulig ergonomisk optimalt design for lettvekts- og småbilkonseptet Dolphin Expression 2.0. Det legges vekt på adkomst, sikt, førerkomfort, sikkerhet og et tiltalende ytre som appellerer til fremtidens design med en mest mulig aerodynamisk effektiv form. Til slutt vil det bli beregnet forskjellige C_d -verdier for ulike hastigheter.

I starten av prosjektperioden ble det sett på konkurrerende produkter for å få en oversikt over markedet. Før utviklingsfasen startet for fullt ble det satt opp en arbeidsplan med tidsfrister for at prosjektet skulle bli ferdig til gitt dato. Det ble laget prosesstrinn og delmål for en systematisk arbeidsprosess.

Ulike metoder for produktutvikling har vist seg å være mye til hjelp, både med tanke på å kunne se utenfor boksen og også jobbe innenfor en gitt ramme. Metoder som integrert produktutvikling og Pugh's seleksjonsmatriser er brukt i utviklingen av designet samt oppbygning av rapport.

Etter endt teoriutredning og formstudie av bilformens utvikling, ble det laget skisser og forslag til formkonsept, hvor antropometriske mål ble lagt til grunn for utformingen. Basert på teoriutredningen viste det seg at den mest aerodynamiske bilformen var dråpeformet, mens i forhold til bilutviklingstrender viste det seg at designet bør ha en organisk utforming men samtidig bryte opp eksisterende trender ved hjelp av noen uorganiske former. Den endelige designløsningen ble selektert ut ved hjelp av seleksjonsmatriser.

Den valgte løsningen ble så 3D-modellert i SolidWorks, etterfulgt av en ekstern spørreundersøkelse for å få folks reaksjoner om konseptet og generelt meninger rundt designforslaget. Det ble så gjennomført en luftstrømsanalyse i SolidWorks Flow Simulation, for å teste kjøretøyets aerodynamiske egenskaper. Rendrerte fremstillinger av den endelige designløsningen er vist i en markedspresentasjon, hvor Dolphin Expression 2.0 er plassert i forskjellige miljøsettinger.

De totale dimensjonene på kjøretøyet har en lengde på 3784 mm, bredde på 1582 mm og en høyde på 1275 mm. Hovedformen er utformet organisk, mens lyktene er utformet uorganisk. Når det kommer til adkomstløsningen er det tenkt at taket skal heves i front for inn- og utstigning. Valgt materiale for chassis er karbonfiber. Ved hjelp av luftstrømsanalysen ble C_d -

verdien beregnet til 0,32, en verdi som lå langt over verdien på 0,24 som ble satt som hypotese. Kostnad i forbindelse med prosjektet er estimert til en verdi på 495 000 kr. For det videre arbeid må det jobbes med å forbedre kjøretøyets aerodynamikk, optimalisere adkomstløsning for å sikre en god ergonomi samt å finjustere kjøretøyets dimensjoner.

ABSTRACT

With the automotive industry growing and with the harmful emissions, there is a need to think about smaller and lighter cars. Against this ulterior motive, a concept to meet the need for a smaller, lighter and more environmentally friendly vehicle has been developed.

This master thesis is a future-oriented design project that is based on a form concept named Dolphin, consisting of several sub-projects. Previous work that has been valid for this masterwork is the design proposal of interior [1.9] and suspension [1.7]. This report examines the design process of the exterior design for Dolphin Expression 2.0. Dolphin Expression 2.0 is a lightweight three-wheeled vehicles designed for two people, with two wheels in front and one wheel in the back.

The main objective of this thesis is to conceptualize and develop the most optimal ergonomic design for lightweight and small car concept Dolphin Expression 2.0. The emphasis is placed on accessibility, visibility, operator comfort, safety and an appealing exterior that appeals to the future design of the most aerodynamically efficient shape. Finally, different C_d -values for different speeds will be calculated.

At the beginning of the project period, competing products were examined to get an overview of the market. Before the development started in earnest, a work plan with deadlines for the project was set up. It was made of process steps and targets for a systematic work.

Different methods of product development has proven to be a lot of help, both in terms of being able to look outside the box and also work within a given frame. Methods such as integrated product development and Pugh's selection matrixes are used in the development of the design and construction of the report.

After completing the theory study and form study of development of car bodies, sketches were made and suggestions to form concept, where anthropometric measurements were the basis for the design. Based on the theory investigation it was apparent that the most aerodynamic car bodies was a drop shape, while in relation to trends in car development it was clear that the design should have an organic design but at the same time break up existing trends using any inorganic forms. The final design solution was selected by using selection matrixes.

The final design was then 3D-modeled in SolidWorks, followed by an external examination to get people's reactions about the concept and general opinions about the design. An airflow analysis in SolidWorks Flow Simulation was then carried out, to test the vehicle's aerodynamic properties. Rendering pictures of the final design solution is shown in a market presentation, where Dolphin Expression 2.0 is placed in various environmental settings.

The overall dimensions of the vehicle have a length of 3784 mm, width of 1582 mm and a height of 1275 mm . The basic shape is formed organic, while the lamps are designed unorganic. When it comes to access solution the idea is that the ceiling should be raised in front of the entrance and the exit. Selected material for chassis is carbon fiber. Using airflow analysis the C_d -value was estimated at 0.32, a value that was far above the value of 0.24 that was set as a

hypothesis. Cost for the project is estimated at a value of 495 000 kr. For the further work should be working to improve vehicle aerodynamics, optimizing access solution to ensure a good ergonomics as well as to refine the vehicle's dimensions.

Innholdsfortegnelse

	Side:
FORORD.....	I
SAMMENDRAG	II
ABSTRACT	IV
1 INNLEDNING	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Idébeskrivelse	3
1.3 Tidligere arbeid.....	3
1.4 Markedsbehov og potensial	7
1.5 Eksisterende løsninger	8
1.6 Oppsummering og grov oppdragsbeskrivelse	13
1.7 Problemstillinger	14
2 PROSJEKTPLAN	15
2.1 Målsettinger	15
2.1.1 Hovedmål	15
2.1.2 Delmål	15
2.2 Fremdriftsplan med milepæler.....	15
2.3 Begrensninger	15
3 METODEBESKRIVELSE.....	17
3.1 Terminologi og begreper	17
3.1.1 Begrepsforklaringer.....	17
3.1.2 Symbol-liste	18
3.1.3 Formler	18
3.2 Metodebruk og løsningsverktøy	19
3.2.1 IPD-integrert produktutvikling.....	19
3.2.2 Pughs metode	19
3.2.3 Programvare	20
3.2.4 Skisseteknikk.....	20
3.2.5 Nett-søk og litteraturstudier.....	20
3.3 Prosesstrinn.....	21
4 TEORIUTREDNING	22
4.1 Ergonomi	22

	Side:
4.1.1 Biomekanikk	24
4.1.2 Antropometriske mål.....	24
4.2 Aerodynamikk	30
4.3 Formspråk.....	33
4.3.1 Grunnformer.....	34
5 FORMSPRÅK OG DESIGNTRENDER.....	36
5.1 Former innenfor bilindustrien.....	36
5.1.1 Formstudie.....	36
5.1.2 Konklusjon til formstudiet	38
5.2 Utforming av detaljer på kjøretøy	39
6 KONSEPTSPESIFISERING	41
6.1 Konseptmålsetting	41
6.2 Rammekrav fra tidligere arbeid	43
6.3 Metriske grovspekifikasjoner.....	44
6.4 Tidlig vurdering av material	45
7 KONSEPTUTVIKLING	47
7.1 Inspirasjon	47
7.2 Presentasjon av formkonsepter.....	49
7.2.1 Tidlig seleksjon av grunnform	51
7.2.2 Valg av ulike dør- og vindusutforminger.....	52
7.3 Forslag til formkonsept.....	54
7.4 Designdetaljer.....	58
7.4.1 Felgdesign	58
7.4.2 Lykter	59
7.4.3 Grill	60
7.4.4 Speil.....	61
8 EGENSCREENING OG KONSEPTVALG	62
8.1 Utvikling av seleksjonsmatrise for hovedkonsept.....	62
8.2 Seleksjonsmatriser for utvelgelse av detaljer	64
8.3 Detaljtegninger av valgt konseptløsning	68
9 MODELLERING I 3D.....	71
9.1 Program og fremgangsmetode.....	71

	Side:
9.1.1	Modelleringsteknikk..... 71
9.1.2	Program og oppbygning 73
9.1.3	Bruk av symmetri 73
9.1.4	Modellering av dekk og felg 74
9.2	Ferdigstilt 3D-modell 75
10	EKSTERN KONSEPTTESTING 78
10.1	Målsettinger for testingen 78
10.2	Valg av testpopulasjon 78
10.3	Kommunikasjonsform..... 78
10.4	Resultater 78
10.5	Resultattolkning 82
11	DIMENSJONER, FRAMSTILLING OG KOSTNADER..... 84
11.1	Endelige dimensjoner rundt sitteplassutforming..... 84
11.2	Valgt material..... 85
11.3	Kostnader i forbindelse med konseptet..... 85
12	LUFTMOTSTANDSANALYSER 86
12.1	Analyse i SolidWorks Flow Simulation 86
12.2	Beregninger..... 86
12.3	Visualisering av luftstrøm..... 88
12.4	Konklusjon av luftmotstandsanalysen 90
13	MARKEDSRENDERINGER 91
13.1	Renderte fremstillinger 91
13.2	Fargevalg..... 98
13.3	Varemerke..... 99
14	PROSESSEVALUERING OG DISKUSJON..... 101
14.1	Evaluering av konseptutviklingsarbeidet..... 101
14.2	Designrevisjon 102
15	KONKLUSJON 102
15.1	Resultater 102
15.2	Anbefalinger 104
15.3	Videre arbeid..... 104
16	REFERANSER 106

	Side:
16.1 Skriftlige kilder	106
16.2 Nettkilder	106
17 VEDLEGG	109

1 INNLEDNING

Dette kapittelet tar for seg blant annet bakgrunnen, idébeskrivelse og problemstillingen til gradsarbeidet.

1.1 Bakgrunn

Det å tenke miljø er aktuelt som aldri før og er en stor utfordring i dagens samfunn. Et overordnet nasjonalt mål er å få til en mer bærekraftig utvikling. Transport står for en vesentlig andel av klimagassutslippene, herunder er veitrafikken en stor miljøtrussel. Myndighetene kontrollerer utslippene av karbonmonoksid (CO), hydrokarboner (HC), nitrogenoksider (NO_x) og sotpartikler ved hjelp av stadig strengere eurokrav. Tabell 1 viser maksimale verdier for utslipp fra personbiler, og gir en oversikt over utviklingen fra den første eurostandard som kom i 1992 til eurostandard 6 som er gjeldende i dag. Ser av tabellen at de lovlige verdiene av klimagasser har blitt betydelig redusert siden den første eurostandard kom. I takt med at utslippskravene blir strengere og strengere trengs det en stor revolusjon i teknologi og utvikling for å kutte ned på de skadelige utslippene fra kjøretøy, men utover dette bør det gjøres ytterligere tiltak for å redusere klimagassutslippene.

Tabell 1 Maksimalt utslipp fra personbiler (gram per kilometer) [1]

	Euro 1 jul.92	Euro 2 jan.96	Euro 3 jan.00	Euro 4 jan.05	Euro 5 sep.09	Euro 6 sep.14
Bensindrevne biler						
CO	3,16	2,2	2,3	1,0	1,0	1,0
HC+NO _x	1,13	0,5				
NO _x			0,15	0,08	0,06	0,06
HC			0,2	0,1	0,1	0,1
Partikler					0,005	0,005
Dieseldrevne biler						
CO	3,16	2,2	0,64	0,5	0,5	0,5
HC+NO _x	1,13	0,7/0,9	0,56	0,3	0,23	0,17
NO _x			0,5	0,25	0,18	0,08
Partikler	0,18	0,08/0,1	0,05	0,025	0,005	0,005

Bilindustrien tok en positiv vending for noen år tilbake, da el-bilene kom smått inn på markedet. I dag har el-bilsalget skutt i været og har nå bikket 50 000 biler på norske veier. På grunn av fraværende lademuligheter hjemme og for få ladestasjoner rundt omkring i landet passer det ikke alle å eie en el-bil.

Utviklingen av privatbilismen kontra kollektiv transport er økende. Vi kjører mindre kollektivt og bruker privatbilen mye mer. Dette kommer av økt velstand, befolkningsvekst og at mange opplever det som lettere å sette seg inn i egen bil å kunne kjøre fra A til B i en travel hverdag. Det vil være helt urealistisk for de fleste å kutte ned på bilkjøringen, bil har blitt helt essensielt for folk flest.

Hovedfokuset i dag legger mest vekt på å lage drivstoffeffektive motorer og ta i bruk andre energikilder. Derfor vil denne oppgaven belyse behovet med ytterligere metoder for å gjøre kjøretøy mer miljøvennlige. For å lykkes med dette vil det være fornuftig med mindre og lettere

kjøretøy. På denne måten vil drivstofforbruk og utslipp synke automatisk, og det vil også ha en positiv effekt på plassmangelen i store byer.

Når det gjelder lukkede kjøretøy med plass til mer enn én person er den konvensjonelle visdom blant folk flest at de skal ha fire hjul. Det er dette som føles mest trygt å kjøre rundt med, og det er i hovedsak kun kjøretøy med 4-hjul som vi er vant med å se rundt oss. Trenger det å være slik? Hvis vi skrur tiden tilbake til 1953 lanserte motorfabrikken Iso i Milano en folkelig liten trehjuling, se figur 1. Produksjonen opphørte etter to år, men BMW fikk lisens til å ta over produksjonen og modellen gjorde stor suksess i mange år. [2]



Figur 1 Illustrasjon av BMW Isetta med dør i front [3]

De aller fleste bilturene skjer med kun en eller to personer, så en mindre bil med tre hjul vil være ideell for dagligdagse ærender, som kjøring til og fra jobb, kjøre barn til blant annet fritidsaktiviteter og barnehage. Et trehjulskjøretøy har de positive egenskaper fra både bil og motorsykkel. Et slikt kjøretøy vil ha lavere vekt og dermed redusere drivstofforbruket, være lettere å håndtere samt billigere å produsere.

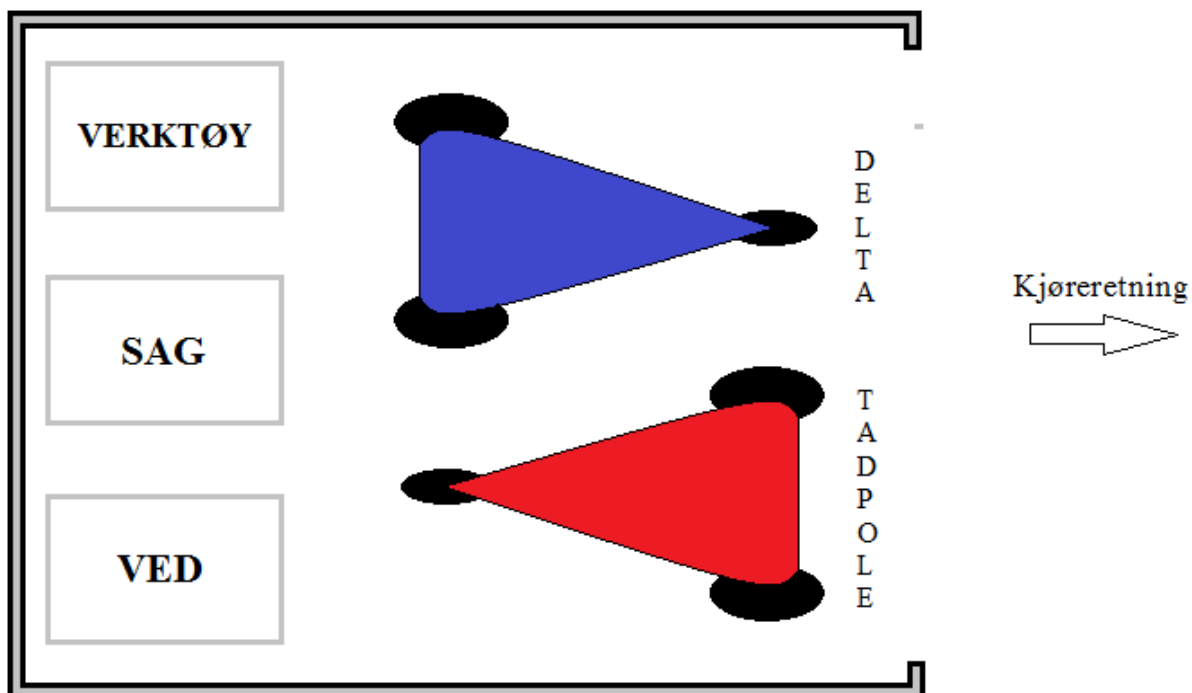
Ved IMT har et slikt lettvekts småbilkonsept vært under utvikling siden 2007. Konseptet har fått navnet Dolphin og består av Dolphin Family og Dolphin Duo, to modeller som begge er konstruert med tre hjul. Med dette som bakgrunn skal det lages en ny utforming til eksteriørdesign for et trehjulskjøretøy med navn Dolphin Expression 2.0.

1.2 Idébeskrivelse

Idéen til konseptet Dolphin er utarbeidet av førsteamanuensis Jan Kåre Bøe ved IMT, NMBU. Dette er et fremtidsrettet og aktuelt kjøretøysutviklingsprosjekt hvor miljø er satt i fokus. Dolphin konseptet består av to lettvekts kjøretøy ved navn Dolphin Family og Dolphin Duo 1+1.

Begge modellvariantene har 3 hjul. Dolphin Family er et kjøretøy med plass til fører pluss to barn, og har en hjulkonfigurasjon kalt delta, se figur 2. Dette vil si at kjøretøyet har et hjul i front og to hjul bak. Dolphin Duo har plass til fører pluss en passasjer, hvor disse to sitter etter hverandre på en rekke. Duo modellen har to hjul foran og et hjul bak, kalt tadpole, se figur 2. Konseptet går ut på at både Dolphin Family og Dolphin Duo 1+1 skal dekke transportbehovet for en familie, og oppta plass i en garasje tilsvarende en vanlig bil, illustrert i figur 2.

I denne oppgaven skal det jobbes med et nytt eksteriørdesign for Dolphin konseptet med tadpole-hjulkonfigurasjon beregnet for to voksne personer, fører pluss en passasjer.



Figur 2 Illustrasjon av Dolphin konseptet plassert i en garasje, og som viser forskjellen på delta og tadpole som hjulkonfigurasjon. Delta vises i blått og tadpole er vist i rødt

1.3 Tidligere arbeid

Dolphin konseptet er et resultat av flere masteroppgaver pluss en oppgave i emnet Konsept og produktrealisering ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. Under er det listet opp et utvalg av oppgavene som er blitt laget i tilknytning Dolphin-konseptet.

a) Dolphin: Formkonsept for trike: Den første utformingen av Dolphin Duo 1+1 ble utført av Anders Brevik og Lars Timberlid Lundheim gjennom et prosjekt på 15 studiepoeng i emnet Konsept og produktrealisering. Dette var også den første oppgaven tilhørende Dolphin konseptet og ble gjennomført høst/vinter 2007/2008. Her ble det konseptualisert en fremtidsrettet designløsning for et lettvektskjøretøy med tre hjul og med tadpole hjulkonfigurasjon. Figur 3 viser resultatet av prosjektet, som har en dråpeformlignende utforming hvor forhjulene ligger på utsiden av karosseriet. [1.1]



Figur 3 Det første eksteriørforslaget til Dolphin Duo 1+1, utforming og design av Anders Brevik og Lars Timberlid Lundheim [1.1]

b) Dolphin Family, del A: Utvikling av eksteriørløsning for 3-hjulskjøretøy:

David Lindebø Østby lagde med sin masteroppgave det første eksteriørdesignet til Dolphin Family i 2010, basert på delta-prinsippet forklart i idébeskrivelsen. Eksteriørløsningen ble utformet av organiske linjer med hensyn til lav luftmotstand, se figur 4. [1.7]



Figur 4 Det første eksteriørforslaget til Dolphin Family, utforming og design av David Lindebø Østby [1.7]

c) Dolphin Family, del B: Utvikling av interiørløsning for 3-hjulskjøretøy:

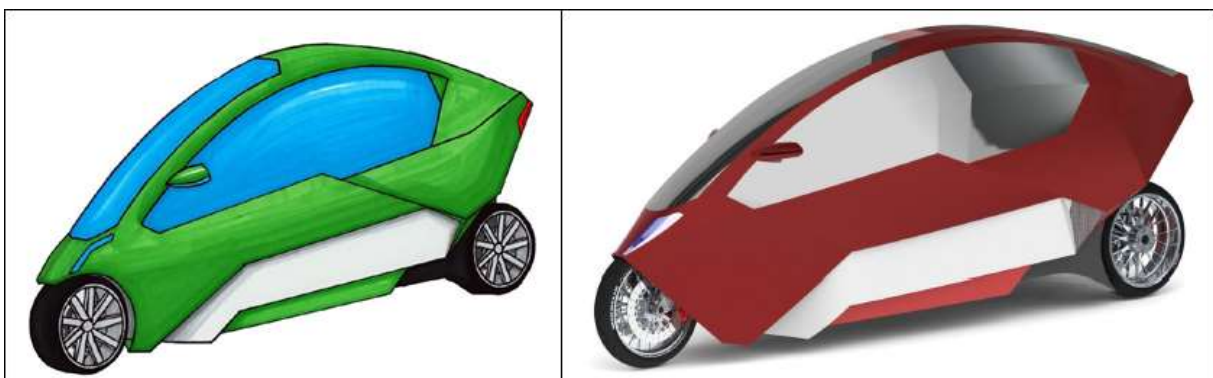
I 2010 utarbeidet Magnus Ottesen et forslag på interiøret til Dolphin Family, med plass til en voksen og to barn. Det endelige resultat av Magnus sitt mastergradarbeid er vist i figur 5. [1.7]



Figur 5 Illustrasjon av interiørløsning for Dolphin Family laget av Magnus Ottesen [1.7]

d) Dolphin Family, del D: Konseptualisering og design av overchassis for et trehjuls lettvektskjøretøy:

For Dolphin Family ble det i 2012 på nytt utviklet et eksteriørforslag, denne gang av mastergradsprosjektet til Christoffer Faye Leanderson. Sammenlignet med utformingen til David Lindeby Østby [1.7] har formen nå blitt mer dråpeformet, og bærer preg av et mer moderne utseende. Figur 6 viser illustrasjoner av det ferdige konseptet tegnet både for hånd og med 3D-modelleringsprogram. [1.8]



Figur 6 Eksteriørforslag til Dolphin Family utformet av Christoffer Faye Leanderson. Illustrasjonen til venstre er tegnet for hånd, illustrasjonen til høyre er tegnet ved hjelp av et 3D-modelleringsprogram. [1.8]

e) Dolphin Duo 1+1: Utvikling av interiørdesign for lettvektskjøretøy:

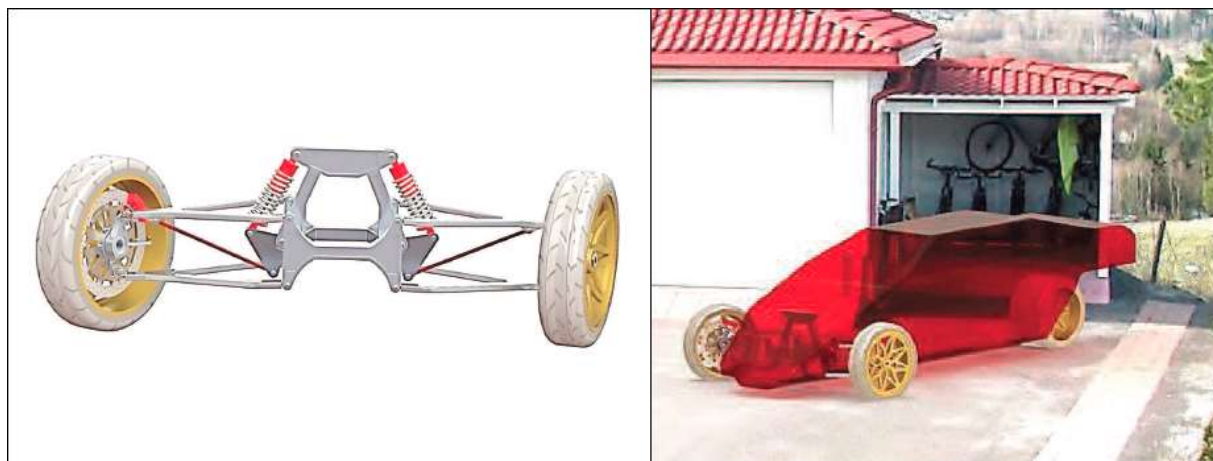
Mastergradsarbeidet til Mizgin Aziz Rashid, utført høsten 2012 gikk ut på å utvikle et interiørdesign for Dolphin Duo. Resultatet ble et originalt design med spennende detaljer, se figur 7. [1.9]



Figur 7 Interiørdesign av Mizgin Aziz Rashid for Dolphin Duo. [1.9]

f) Dolphin Duo 1+1: Utvikling av hjuloppheng for lettvektskjøretøy:

Det siste mastergradsprosjektet som er blitt utført for Dolphin konseptet er fra Jarle Hjertaas Hanssen fra våsemesteret 2014. Her ble det utviklet et hjuloppheng for Dolphin Duo som blant annet består av doble A-armer med lenkeoverføring til støtdemperenheten. Hjulopphengene er vist i figur 8. [1.7]



Figur 8 Illustrasjon av hjulopphengene til Jarle Hjertaas Hanssen i bildet til venstre, samt en illustrasjon av hjulopphengene påmontert en kjøretøyskisse i bildet visst til høyre [1.7]

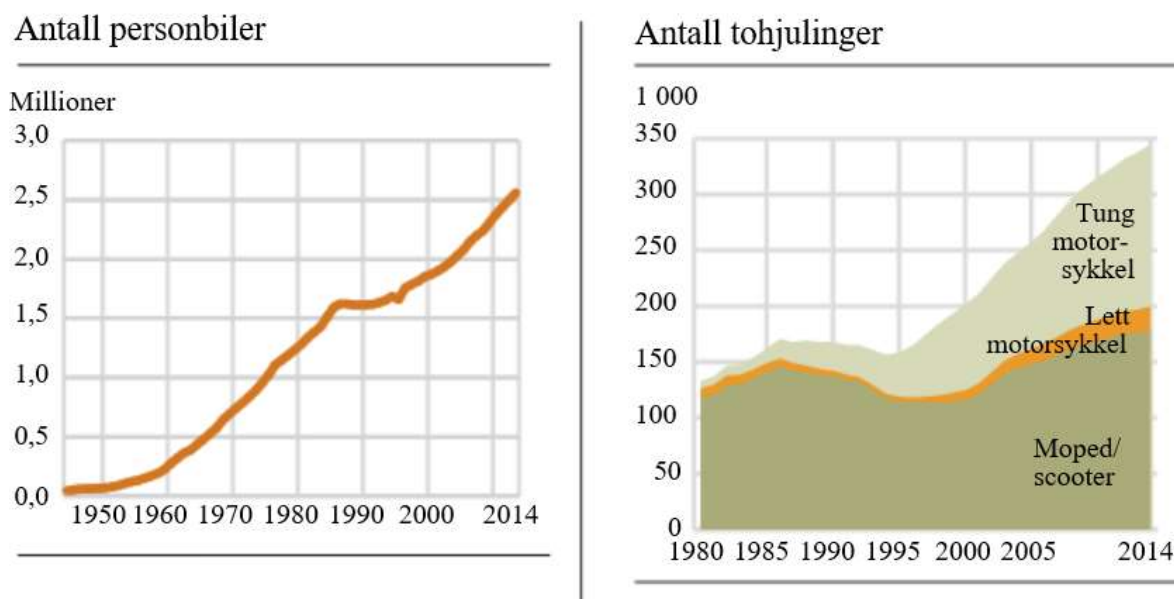
Oppsummering:

Mest relevant for dette mastergradsarbeidet vil være masteroppgaven til Mizgin Aziz Rashid [1.9] og Jarle Hjertaas Hanssen [1.7]. Disse mastergradsoppgavene er sett på som best relevante på grunnlag av at begge er tilpasset tadpole-hjulkonfigurasjon samt er de siste prosjektene utført

for Dolphin-konseptet. Noen metriske mål vil kunne være relevante for utforming av nytt eksteriørdesign.

1.4 Markedsbehov og potensial

Personbilstanden er stadig økende, og er nå oppe i 2,6 millioner i Norge. 82 prosent av alle husstander har bil og 29 prosent av disse igjen har to eller flere biler. Ut fra grafen til venstre i figur 9, ser vi at antall personbiler i Norge har hatt en kontinuerlig vekst fra 1960-tallet og til i dag, kun avbrutt med en stagnering på 1990-tallet. Trolig vil utviklingen bare fortsette å øke like jevnt de neste årene. [4]



Figur 9 Bildet til venstre viser veksten av antall personbiler i Norge fra 1950 til 2014, mens til høyre vises veksten av antall tohjulinger i Norge fra 1980 til 2014 [4]

En trehjuls motorvogn kategoriseres foreløpig under gruppen «trehjuls motorsykkel», i henhold til *Forskrift om tekniske krav og godkjenning av kjøretøy, deler og utstyr (Kjøretøyforskriften) Kapittel 2.definisjoner, § 2-3*. Forskriften beskriver følgende: «En trehjuls motorsykkel er en motorvogn med tre symmetrisk plasserte hjul, som har motor med slagvolum på mer enn 50 kubikkcentimeter dersom den har forbrenningsmotor, og/eller en høyeste konstruksjonshastighet på mer enn 45 km/t (motorgruppe L5e).» [5]

For å kunne gjøre en grov beregning av markedsbehov og potensial for kjøretøyer med tre hjul er det her gjort en sammenligning opp mot motorsykler. Tilsvarende med personbiler har også salget av motoriserte tohjulinger økt, særlig fra rundt 2000-tallet og frem til nå, se figur 9, bilde til høyre. Et potensielt omsetningstall for et trehjuls kjøretøy vil kunne ligge på linje med tyngre motorsykler. I 2014 ble det i alt registrert 145 534 tyngre motorsykler i Norge, med en økning på 3,6 prosent fra 2013. Det vil si at det ble registrert 5239 nye tyngre motorsykler i 2014 [4]. Omsetningstallet på 5239 vil være et overslagstall for salg av et kjøretøy med tre hjul for det første salgsåret. Et videre mål vil være å ta marked fra de som selger små personbiler til de som kjøper bil nummer to, og de som bruker personbilen kun til korte turer og bykjøring.

1.5 Eksisterende løsninger

Trehjulsbiler er ikke et nytt fenomen. Dette delkapittelet tar for seg eksisterende løsninger med tadpole prinsippet. Det er kun sett på løsninger med lukket førerrom, siden det nye eksteriørforslaget vil være av denne typen. Det er kun sett på løsninger av nyere dato. Ut fra søk på internett kommer det opp en stor mengde av eksisterende formkonsepter med tadpole-prinsippet, et fellestrekk for ganske mange av disse er at de ikke er kommet til produksjonsfasen. Under er det listet opp et utvalg av løsningene som ble funnet.

Aptera 2e:

Aptera 2e er en diesel-elektrisk hybridbil for to personer. Bilen har en futuristisk og fengslende utseende som noen vil mene ligger forut for sin tid. Aptera betyr «vingeløs» på gresk og reflekterer bilens design og aerodynamiske form [6]. I 2007 ble den avduket som en prototype, men den dag i dag er den enda ikke blitt kommersielt produsert grunnet konkurs i 2011 [7]. Bilkonseptet er foreløpig lagt på is, men en skal ikke se bort ifra at et mulig oppkjøp av konseptet får bilen til å se dagens lys. Selve designet er en inspirasjon for hvordan fremtidens biler kan se ut om noen år. Designet på bilen er tenkt i en helt ny bane enn hva vi er vant med, noe som får den til å vekke folks nysgjerrighet, se figur 10.



Figur 10 Illustrasjon av Aptera 2e [8]

Tabell 2 Tilleggsinformasjon, Aptera 2e [9]

Størrelse L/B/H (mm)	Vekt (kg)	Material brukt i karosseriet	Form	Cd-verdi
4460/2180/1380	820	Kompositt- materialer	Dråpeformet med forhjul liggende utenfor selve karosseriet	0,15

Fordeler:

- Interessant futuristisk utseende som fører til mer oppmerksomhet
- Aerodynamisk dråpeform
- Lav luftmotstand
- Brukt materialer som gir lav vekt
- Relativt gode siktforhold
- Moderne måkevingedører med god plass til inn- og utstigning

Ulemper:

- Kan virke ustabil ved første øyekast
- Designet kan for mange virke noe spesielt, kan gi assosiasjoner til en blanding av ubåt og et romskip. Noe som kan forminske kjøpegruppen
- Store dimensjoner i forhold til de andre løsningene som er funnet

Elio

Figur 11 Illustrasjon av Elio [10]

Trehjuls bilen med navn Elio er foreløpig en prototype fra det amerikanske selskapet Elio Motors, se figur 11. I følge deres nettside [11] er det nesten 40 000 som har reservert bilen per 1. oktober 2015, noe som tyder på at den er i en produksjonsfase. Elio er preget av et enkelt design sett i forhold til Aptera 2e. Visjonen til konseptet er å bli den billigste bilen i Amerika, noe som gjenspeiler det «enkle» designet på bilen. Elio har plass til en passasjer bak førerplassen. [10][12]

Tabell 3 Tilleggsinformasjon, Elio[13][14]

Størrelse L/B/H (mm)	Vekt (kg)	Material brukt i karosseriet	Form	Cd-verdi
2705/1697/1377	570	Kompositt- materialer	Avrundede former med forhjul liggende utenfor selve karosseriet	-

Fordeler:

- Enkel, rimelig å produsere
- Lett
- Gode siktforhold med utvendige speil
- Brukt materialer som gir lav vekt
- Vanlig dør som strekker seg fra bunnen til toppen av kjøretøyet, for enkel inn- og utstigning
- Akkurat passe størrelse

Ulemper:

- Et ganske alminnelig og enkelt design, som kan sees på som kjedelig
- Ser billig ut noe som kan reflektere dårlig kvalitet

Toyota i-Road

Toyota har kommet på banen med et fullelektrisk trehjulskjøretøy med navn i-Road, se figur 12. Måten kjøretøyet er designet på kan være litt forvirrende, man ser en blanding mellom en bil og en motorsykkel, og blir kanskje ikke helt klok på hva kjøretøyet kan defineres som. Allikevel er det noe som gjør designet spennende. Dette er et kjøretøy for urbane omgivelser, og hvem vet, kanskje vil det bli fremtidens bybil. Kjøretøyet er laget med gyroteknologi, samme type teknologi som finnes i en Segway. I-Road har en bredde på kun 85 cm, i trange byomgivelser har den en stor fordel. [15]



Figur 12 Toyota i-Road [16]

Tabell 4 Tilleggsinformasjon, i-Road [15]

Størrelse L/B/H (mm)	Vekt (kg)	Material brukt i karosseriet	Form	Cd-verdi
2350/850/1445	300	Kompositt- materialer	Rektangulær form med buet front	-

Fordeler:

- Liten og lett
- Nesten samme bredde som en motorsykkel, men i motsetning til en motorsykkel sitter man i ly for vær og vind
- Vanlig dør som strekker seg fra bunnen til toppen av kjøretøyet, for enkel inn- og utstigning
- Ingen fare for å falle over på grunn av gyroeffekten

Ulemper:

- Kan virke utrygg ved høye hastigheter, toppfarten er derfor begrenset til 45km/t [15]
- Trangt for to voksne personer
- Et design som først og fremst ikke appellerer til de yngre
- Begrenset til småkjøring i byer og på småveier hvor fartsgrensen tillater det

NMG2

Figur 13 Illustrasjon av NMG2 produsert av selskapet Myers Motor [19]

Myers Motors er selskapet som står bak NMG2, se figur 13. Denne trehjulingen ligner faktisk på en bil sammenlignet med de andre trehjulingskonseptene som er funnet. NMG2 er en

forbedret utgave av NMG, men har ikke blitt produsert enda i motsetning til sin forgjenger NMG. NMG2 er en fullelektrisk toseter med fine elegante linjer, men designmessig er den ingen perle. [17][18]

Tabell 5 Tilleggsinformasjon, NMG2

Størrelse L/B/H (mm)	Vekt (kg)	Material brukt i karosseriet	Form	Cd-verdi
-/-/-	-	-	Dråpeformet med forhjul liggende innenfor selve karosseriet	-

Fordeler:

- Har en front som ligner en konvensjonell bil
- Hjulene er bygd inn i karosseriet
- Vanlig dør som strekker seg fra bunnen til toppen av kjøretøyet, for enkel inn- og utstigning
- Bakvindu bidrar til ekstra gode siktforhold

Ulemper:

- Kan virke ustabil ved første øyekast
- Kjedelig design

Proxima



Figur 14 Illustrasjon av Proxima [20]

Proxima er en konseptbil designet av Alvino Design, se figur 14. Fronten gir assosiasjoner til en bil, mens bakdelen har hentet mye av inspirasjonen sin fra motorsykkeldesign. Proxima har en aerodynamisk form med en aggressiv grill, designet kan minne om en edderkopp. Den er urban og har et futuristisk utseende. Fører og passasjer sitter i tandem. Bak er det brukt to hjul ved siden av hverandre, så egentlig er det en et kjøretøy med fire hjul, men som har en tadpole-hjulkonfigurasjon. [20][21]

Tabell 6 Tilleggsinformasjon, Proxima

Størrelse L/B/H (mm)	Vekt (kg)	Material brukt i karosseriet	Form	Cd-verdi
-/-/-	-	-	Dråpeformet med forhjul liggende utenfor selve karosseriet	-

Fordeler:

- Spennende futuristisk utseende
- Gode siktforhold

Ulemper:

- Et design som kanskje ikke appellerer til de største kundegruppene

1.6 Oppsummering og grov oppdragsbeskrivelse

Ved å se på eksisterende løsninger kan det gi en pekepinn på hvordan utformingen av et nytt trehjulskjøretøy kan se ut. Hvilke trender er det som gjør seg gjeldende i markedet når det kommer til småbilløsninger av denne typen? De eksisterende løsningene gir inspirasjon til den videre prosessen. Ved å hente ting som er positive og prøve å luke ut kvaliteter som er mindre positive.

De ulike formløsningene over er ganske forskjellig. Elio, I-Road og NMG2 har et nokså alminnelig design, og skiller seg ikke ut i mengden. Apera og Proxima derimot, har et mye mer originalt design som utstråler spenning og entusiasme. Alle modellene bortsett fra i-Road har en dråpelignende utforming, og består i hovedsak av organiske former.

Det som er en gjenganger blant de eksisterende modellene og prototypene er at de kan virke ustabile og ha lett for å tippe over. Det trenger ikke å være tilfellet, som eksempel vil Toyota i-road ha vanskeligheter for å tippe på grunn av gyroteknologien. Førsteintrykk har mye å si for at forbrukeren skal bli nysgjerrig og sette av tid til å skaffe seg mer informasjon om produktet. Derfor må konstruksjonen se trygg og solid ut ved første øyekast.

Det at kjøretøyet ligner på en bil i front har jeg sett på som en fordel. Kjøretøyet skal appellere til forskjellige kunder, og siden målet er å minimere antall personbiler på veiene må produktet nå ut til kunder som allerede er eiere av vanlige personbiler. En konvensjonell bil har et

frontparti som gir en følelse av trygghet, i motsetning til å sitte på en motorsykkel. Tenker man på sikkerheten setter man seg inn i en bil fremfor å sette seg på en motorsykkel.

Luftmotstandskoeffisienten er bare funnet på Aptere 2e, det blir derfor vanskelig å gjøre en sammenligning av aerodynamikken, og se hva slags verdi et nytt konsept bør ligge på. Når det kommer til prisklasser på de eksisterende løsningene var det vanskelig å finne eksakte priser, og de prisene som ble funnet var noe vage, noe som kommer av at de ikke er ute på markedet. Pris vil derfor ikke bli diskutert videre i rapporten.

1.7 Problemstillinger

Dette er et av mange delprosjekter i Dolphin konseptet og denne rapporten skal i hovedsak ta for seg eksteriørdesign for Dolphin Expression 2.0. Mastergradsarbeidet skal bygge videre på tidligere prosjektutredninger og mastergradsarbeid.

Viktige fokuspunkter og problemstillinger i dette gradsarbeidet er følgende:

- Hvilke ergonomiske krav må stilles, og vil være avgjørende for utforming av en optimal førerplass, adkomst, siktforhold og ytre og indre chassisdimensjoner?
- Hvordan tilpasse formvalg, funksjonelle og estetiske helhetsløsninger for å oppnå en lavest mulig luftmotstand, samt et mest mulig attraktivt og fremtidsrettet utseende?

2 PROSJEKTPLAN

Kapittelet prosjektplanlegging gir en oversikt over prosjektets mål og på hvilken måte dette blir gjennomført. Planen er prosjektets ryggrad og retning, og skal sikre et godt resultat. Prosjektplanen inneholder målsettinger for prosjektet, arbeidsplan med milepæler samt begrensninger for arbeidet.

2.1 Målsettinger

2.1.1 Hovedmål

Prosjektets hovedmål er som følger:

«Å utvikle et ergonomisk mest mulig optimalt design for lettvekts- og småbilkonseptet Dolphin Expression, med vekt på adkomst, sikt, førerkomfort og sikkerhet og et fremtidsrettet og tiltalende ytre med lavest mulig luftmotstand»

2.1.2 Delmål

Hovedmålet er videre definert til følgende delmål:

- Ideskaping og konkretisering (konseptualisering)
- Organisering og utvikling av design
- Utvikle 3D-løsning og visualisering av konsept
- Konklusjon og ferdigstilling av rapport

2.2 Fremdriftsplan med milepæler

Fremdriftsplan med milepæler kan hentes frem i vedlegg 2 ved navn «Fremdriftsplan med milepæler». Tabellen under viser en oppsummering av milepælene fra fremdriftsplanen, her i en mer detaljert form.

Milepæler

Tabell 7 Milepælsplan med fastsatt dato

Nr.	Uke	Dato	Milepel
1	41	05.10.15	Alternativer til designutforming av eksteriør
2	43	20.10.15	Seleksjon av den endelige konseptløsningen for eksteriørdesign til Dolphin Expression 2.0
3	46	15.11.15	Ferdigstilling av 3D-modell i SolidWorks
4	51	15.12.15	Skriftlig og elektronisk innlevering av rapport
5	-	jan/feb. 2016	Muntlig presentasjon av mastergradsarbeidet

2.3 Begrensninger

Det er mange ting å ta hensyn til ved konseptualisering og utforming av et eksteriørdesign for et kjøretøy. Det kreves god kompetanse, tilgang til ressurser og ikke minst nok arbeidstimer.

For dette prosjektet er det avsatt 900 timer. Siden det er satt av begrenset tid til prosjektet må det minimeres slik at resultatet blir gjennomførbart. På bakgrunn av en nokså omfattende og tidkrevende prosess som inngår i utviklingen av et helt ferdig formkonsept, legges det derfor mest vekt på grunnleggende form og design.

Av tidsmessige hensyn er det dermed gjort følgende begrensninger for mastergradsarbeidet:

- Må betraktes som et tidlig konseptutviklingsprosjekt med vektlegging av de grunnleggende formene til eksteriørdesignet
- En fysisk prototype av skallet til trehjulskjøretøyet vil ikke bli laget, det blir kun illustrert ved hjelp av håndtegninger og med dataverktøy for 3d-modellering
- Korrekte konstruksjonstegninger blir ikke presentert i denne rapporten
- Kollisjonssikkerhet blir ikke diskutert eller tatt i betraktning
- Ekstern konsepttesting er kun gjennomført i et begrenset omfang
- SolidWorks er et tidkrevende program, det blir derfor ikke 3D-modellert alt av utvendige detaljer
- Chassisvekt er ikke blitt bestemt
- Det velges kun material for skallet til karosseriet, og miljøresirkulering av valgt material blir ikke diskutert
- Fremstillingsmetoder for chassisløsning er ikke blitt tatt i betraktning

3 METODEBESKRIVELSE

Dette kapitelet tar for seg terminologi som blir brukt i oppgaven, det vil si begreper og symboler. Videre blir metodebruk, løsningsverktøy og prosessstrinn for arbeidet lagt frem.

3.1 Terminologi og begreper

I underkapitlene nedenfor, 3.1.1, 3.1.2 og 3.1.3 er det listet opp begreper, symboler og formler som er blitt brukt i oppgaven.

3.1.1 Begrepsforklaringer

Begreper og forkortelser som er brukt i mastergradsarbeidet er listet opp med forklaring i tabell 8.

Tabell 8 Oversikt over begreper og forkortelser med tilhørende forklaringer

Begrep og forkortelser	Forklaring
NMBU	Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
IMT	Institutt for matematiske realfag og teknologi
Ergonomi	Læren om å designe et optimalt miljø for mennesker
Aerodynamikk	Læren om luftens bevegelse
C_d -verdi	Verdi som sier noe om luftmotstanden til et legeme
SolidWorks	3D-modellerings program
SolidWorks Flow Simulation	Tilleggsprogram i programvaren SolidWorks som simulerer gasser og væsker
Chassis	Rammen på et kjøretøy
Hjulkonfigurasjon	Plassering av hjul
Delta	Hjuloppheng med et hjul foran og to hjul bak
Tadpole	Hjuloppsett med to hjul foran og et hjul bak
Trike	Trehjuling
IPD	Integrert produktutvikling
CAE	Står for Computer Aided Engineering som går ut på å teste egenskaper som material, styrke og tetthet til en allerede eksisterende 3D-modell ved hjelp av tekniske programvarer
CAD	Står for Computer Assisted Design som betyr programvare for 3D-modellering
Biomekanikk	Delen av kinesiologien som omhandler fysiske lover som virker inn på biologiske systemer
Antropometri	Læren om menneskelige mål
Prosentil	Kroppsstørrelse i prosentverdi
SUV	Står for Sporty Utility Vehicle, og er en høyere type bil med visse terrengegenskaper og god bagasjeplass
Moodboard	Idékart, forskjellige bilder satt sammen for å skape inspirasjon og stemning

ACC	Adaptive Cruise Control
Surface-modelling	Modellingsteknikk til å utforme overflater
Solid-body	Overflate med en gitt tykkelse
Lofting-funksjon	Tegne-teknikk for 3D-modellering
Mesh	Sier noe om oppdeling av et legeme, for analyse i hvert enkelt oppdelingsfelt
FEM-analyse	Står for Finite Element Method og er en metode for å beregne spenninger og deformasjoner

3.1.2 Symbol-liste

Tabell 9 viser til symboler som er brukt i mastergradsarbeidet med beskrivelser og enheter.

Tabell 9 Oversikt over symboler, med tilhørende beskrivelse og enhet

Symbol	Beskrivelse	Enhet
L	Lengde	mm
B	Bredde	mm
H	Høyde	mm
F_D	Luftmotstandskraft	N
ρ	Tetthet av luft	Kg/m^3
C_d	Luftmotstandskoeffisient	–
A	Tverrsnitt	m^2
v	Hastighet	km/t

3.1.3 Formler

Formler som er brukt i mastergradsarbeidet er samlet i tabell 10, med betydning og indeks.

Tabell 10 Beregningsformler som er benyttet i rapporten

Betydning	Formel	Indeks
Luftmotstandskraft	$F_D = 0,5 \times \rho \times C_d \times A \times v^2$	4.1
Luftmotstandskoeffisient	$C_d = \frac{F_D}{0,5 \times \rho \times A \times v^2}$	4.2

3.2 Metodebruk og løsningsverktøy

Dette delkapittelet beskriver hvilke verktøy og metoder som blir brukt til å nå målsetningene som er satt for prosjektet under prosjektplanen i kapittel 2.

3.2.1 IPD-integrert produktutvikling

Denne oppgaven benytter metoden IPD, som står for integrert produktutvikling. Siden prosjektet gjennomføres med begrenset tid og ressurser, er det desto viktigere hvordan man systematisk anvender utviklingsmetodikken for å nå de målene som er satt.

Produktutviklingsmetodikken har sitt utspring i USA, men brukes nå verden over, både i store og små prosjekter. Metoden bygger på at det i stor grad skal baseres på integrering og bruk av moderne datateknologi, samt prosedyrer og rutiner for arbeidsplanlegging og organisering av ulike trinn i utviklingsprosessen. I tillegg har økonomi og miljøhensyn ved fellesbetegnelsen Industriell økologi blitt viktige aspekter av moderne IPD. Hensikten med IPD som verktøy er en økt effektivitet og viktigst, et større læringsutbytte. Gjennom IPD veksler man mellom et bredt spekter av fagområder. Tidligere var produktutviklingsarbeidet mer ensrettet ingeniør- og økonomistyrte, nå er det et langt større spekter av fagområder som blir inkludert, blant annet elementer av psykologi og hensyn til miljø og bærekraft.

Hovedhensikten med bruken av IPD er grovt sett å gjøre ting i riktig rekkefølge og ikke hoppe over elementer underveis i utviklingsløpet og designprosessen. IPD har vært til stor hjelp gjennom hele prosjektfasen med hensyn til metodens systematikk og rekkefølgen i utviklingsarbeidet.

Noen hovedelementer hentet fra IPD som er blitt brukt i oppgaven er som følger:

- Kartlegging av marked for produktet, ved å se på eksisterende løsninger og markedets krav
- Planlegging og styring av produktutviklingsprosessen med klare tidsperspektiv og rammer
- Produktutviklingsgrupper: Det vil si at man bruker tverrfaglig kompetanse, for denne oppgaven med å bruke elementer fra forskjellige fagområder og at hele konseptet er et samarbeid mellom flere studenter med forskjellige interessefelt
- Integrering av dataverktøy: Verktøy som CAE/CAD bør integreres for større nøyaktighet og færre feil, men også av tidsmessige hensyn.
- Simulering av produktegenskaper og produksjon: En solid-modell gjør det mulig å analysere og visualisere egenskaper uten for mye ekstra arbeid, kun ved hjelp av datasimuleringsverktøy.
- Kontinuerlig forbedring av utviklingsprosessen: Spesielt tidlig i utviklings- og designprosessen er det lett for at ting sklir ut, og bør derfor gjennomgå kontinuerlig. All aktivitet som ikke er til nytte for prosjektet bør elimineres.

[1.2]

3.2.2 Pughs metode

Pughs metode er blitt brukt i denne oppgaven for å bedre produktideen ut i fra et mer objektivt syn. Dette er en metode som ble utviklet på 1980-tallet av den britiske ingeniøren Stuart Pugh.

Metoden går ut på å se flere mulige løsninger på den ideen man jobber med. Det er lett å bli trangsynt og å tenke litt ensformig når man er i utviklingsfasen til et produkt. Ved hjelp av en seleksjonsmatrise blir man tvunget til å komme opp med forskjellige alternativer. Til å bedømme alternativene blir det satt opp ulike kriterier. De viktigste elementene innenfor Pughs metode er å vekte de forskjellige kriteriene, ved å gi kriteriene ulik vektning blir prosessen mer presis og skreddersydd. I denne rapporten er det satt opp flere seleksjonsmatriser etter Pughs metode.

[1.2]

3.2.3 Programvare

Dataverktøy brukt i oppgaven:

➤ **SolidWorks:**

CAD-programmet som er brukt i oppgaven er SolidWorks, versjon 2014. SolidWorks er brukt til å lage en 3D-modell av eksteriørdesignet for trehjulingen, samt renderinger og tekniske tegninger. En tilleggspakke for strømnings simulering i SolidWorks, et såkalt CAE-program blir brukt for å simulere luftstrøm. Dette tilleggsprogrammet heter SolidWorks Flow Simulation og brukes for å kunne analysere kjøretøyets aerodynamikk.

➤ **Microsoft Office Word:**

Skriveprogrammet Word er brukt til rapportskrivning, versjon 2013.

➤ **Paint:**

Tegneprogrammet Paint laget for Windows er brukt til å lage illustrasjoner og til redigering av bilder brukt i rapporten.

➤ **Microsoft Office Excel:**

Regnearkprogrammet Excel er brukt til å lage diagram.

3.2.4 Skisseteknikk

Håndtegninger er en stor del av dette gradsarbeidet. Noen vil kanskje tro at med så mye databruk er skissetegning for hånd på vei ut, men det brukes allikevel mye i designprosesser, og er et kraftig verktøy for kommunikasjon i de tidlige stadiene av designet, som idémyldring, utforskning og presentasjon av idéer.

Inspirasjon og teknikker er hentet fra de 3 skissebøkene som er listet opp under:

- Sketching - drawing techniques for product designers [1.4]
- Sketching - the basics [1.6]
- Sketching - product design presentation [1.5]

3.2.5 Nett-søk og litteraturstudier

For å supplere på det teoretiske grunnlaget og for å finne frem ny eller egnet informasjon har internett og bøker vært et effektivt hjelpemiddel. Ellers er det brukt kunnskap som allerede ligger til grunn fra utdanningen ved IMT.

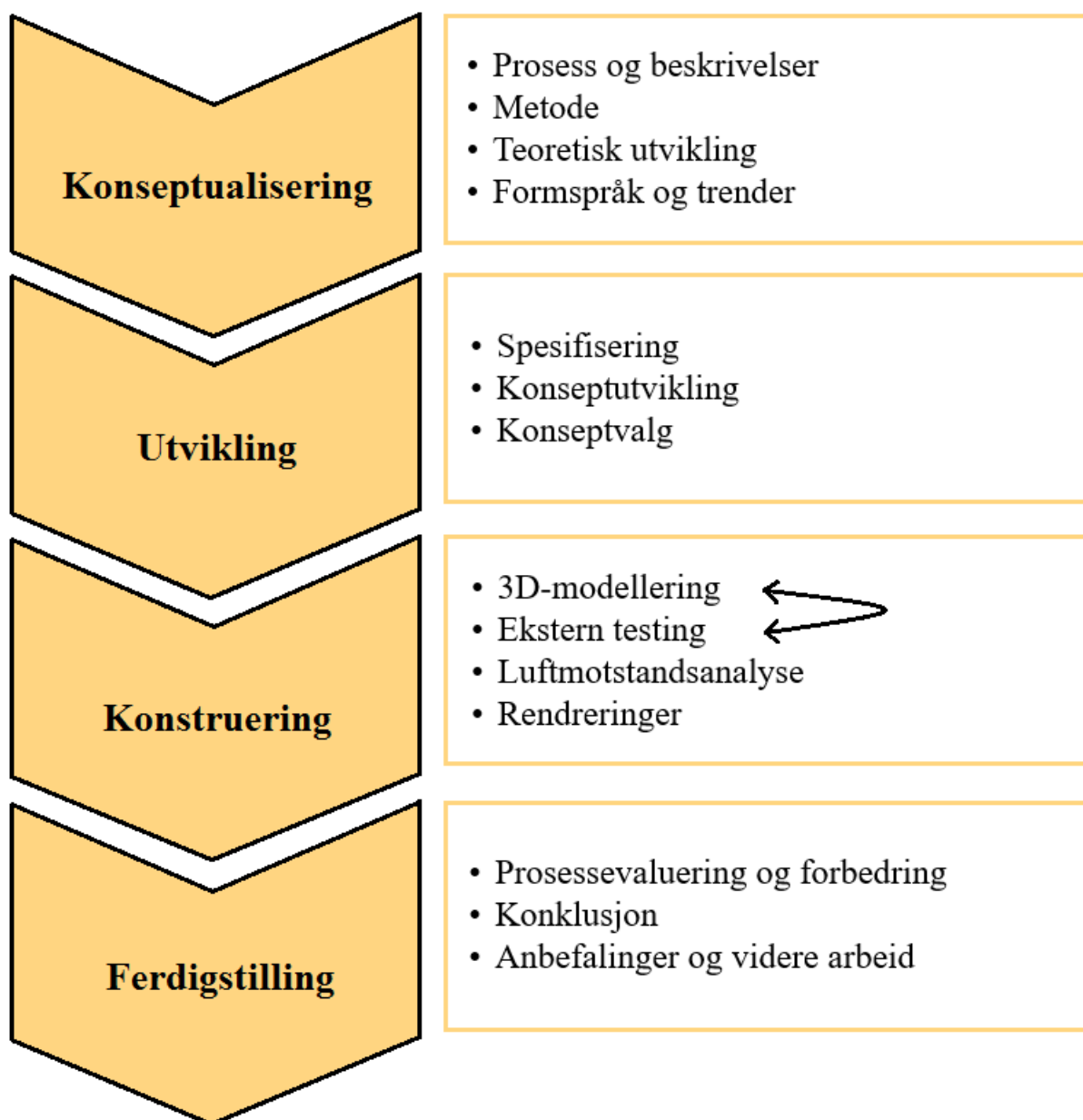
3.3 Prosesstrinn

Prosjektet er delt opp i 4 faser, hvor de forskjellige fasene henger sammen med delmålene beskrevet tidligere i rapporten, *kapittel 2.1.2*.

Prosjektets fire faser:

- **Fase 1:** Konseptualisering
- **Fase 2:** Utvikling
- **Fase 3:** Konstruering
- **Fase 4:** Ferdigstilling

De fire fasene er videre delt opp i ulike prosesstrinn. Figur 15 gir en trinnvis oversikt over produktutviklingsprosessen som er fulgt for å nå hovedmålet og delmålene.



Figur 15 Oversikt over prosesstrinn og tilhørende prosjektfaser, med interaksjoner mellom 3D-modellering og ekstern testing

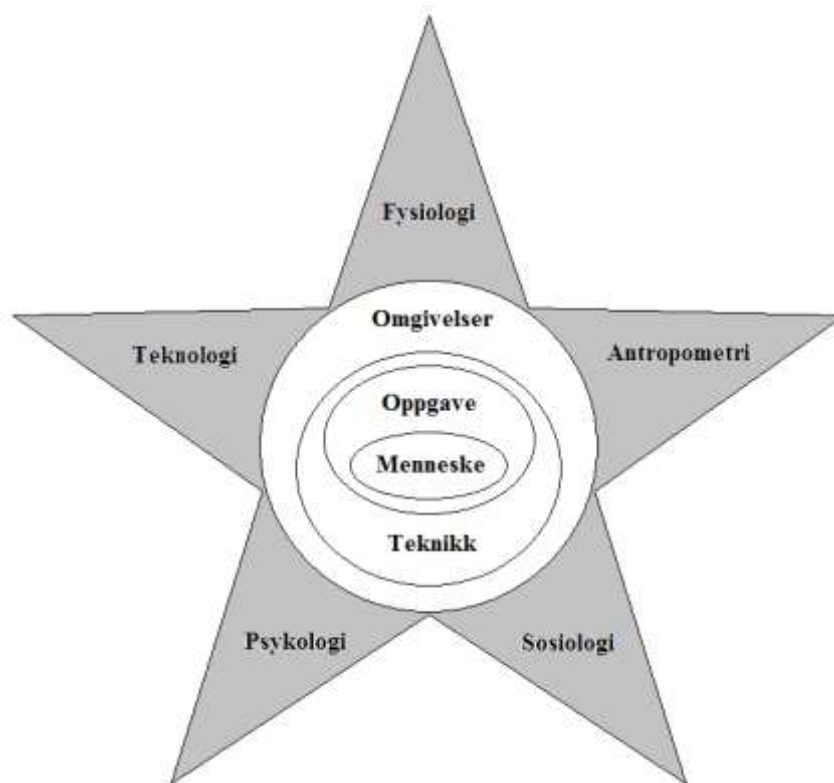
4 TEORIUTREDNING

Teori rundt ergonomi koplet til luftmotstand samt design og formlære danner grunnlaget for masteroppgaven. Dette kapittelet tar for seg teori rundt disse temaene. Teoridelen er brukt som en grunnleggende base for det videre arbeidet.

4.1 Ergonomi

Begrepet ergonomi stammer fra de to greske ordene ‘*Ergon*’ som betyr arbeid og ‘*Nomos*’ som betyr lov. Ergonomi er betegnelsen på forskningen og praktiske tiltak som har som ambisjon å tilpasse redskaper og maskiner til de menneskene som bruker dem. Prinsipper innenfor ergonomien brukes for å forhindre og begrense feilbelastninger og anstrengelser for brukeren, da dette kan forårsake skader og smerter i kropp eller ha en nervøs innvirkning. [22]

Samspillet mellom mennesker, oppgaver som blir utført, teknikken som benyttes og omgivelsene som omfavner det hele står sentralt i ergonomien. Ergonomi er et tverrfaglig område som nyttiggjør seg av teori fra fem hovedfagfelt: Fysiologi, antropometri, sosiologi, psykologi og teknologi. Figur 16 viser dette ved hjelp av en illustrasjon. [1.12]



Figur 16 Ergonomi oppsummert billedlig. Inspirasjon til figur er hentet fra [1.12]

For å få en bedre innsikt i opprinnelsen til ergonomi som fagfelt deles utviklingen opp i flere tidsperioder. Årene fra 1750 til 1870 blir kalt maskinens tidsalder. I 1748 ble den kontroversielle boken *L’Homme Machine* gitt ut av franskmannen La Mettrie. Boken avbildet hvordan mennesket var i ferd med å bli en maskin, noe som vakte stor misnøye blant folket. Til

tross for denne uroen ser man i ettertid at det var godt for noe, for dette ble gradvis nøkkelen til ergonomisk kunnskap. For å aktivisere god fremgang på den enkeltes betingelser må en menneskeliggjøre teknologien. Mennesket må sees på som en del av et teknisk arrangement. Det er først når en går inn i det miljøet hvor menneske og produkt forenes at man kan rette søkelyset på problemer som oppleves i den teknologiske hverdag.

Den gjeldende filosofien i 1750 var allikevel ikke slik. En mann med navn Singleton beskrev den tidlige perioden av den industrielle revolusjon for «the era of pure engineering», på bakgrunn av at maskinenes pålitelighet og ytelse styrte arbeidsforholdene. Mennesket måtte tilpasses maskinenes rytme med farlige og usunne arbeidsforhold.

I 1870 begynner en ny epoke som varer til 1945 og kalles for kraften og energiens tidsalder. Kraftrevolusjonen kjennetegnes av en drastisk økning i bruken av maskiner innenfor industri, transport og landbruk. I tråd med den store utviklingen ble ikke utstyret nødvendigvis mer effektivt. F.W. Taylor var den første til å prøve og forbedre effektiviteten, og som la grunnlag for de første arbeidsstudier. Menneskers grunnleggende behov ble også her tilsidesatt ovenfor produktivitet og effektivitet. Det var først under andre verdenskrig at ergonomien slik vi kjenner den startet sin utvikling.

Forskning fra universitet i Cambridge i England og flyvåpenskolen School of Aviation Medicine i USA, fra slutten av 1930-årene og begynnelsen av 1940 kan sees på som tilhørende fagfeltet ergonomi. I forskningen ble det tatt hensyn til klassifisering, utvelgelse og opplæring av personell. Mot slutten av krigsårene skjedde det en positiv utviklingen innen *engineering psychology*, i dag kaldt *Human Factors engineering* som står for ergonomi. Ansvarsområdet innen ingeniørkunsten begynte formelt å bli utvidet.

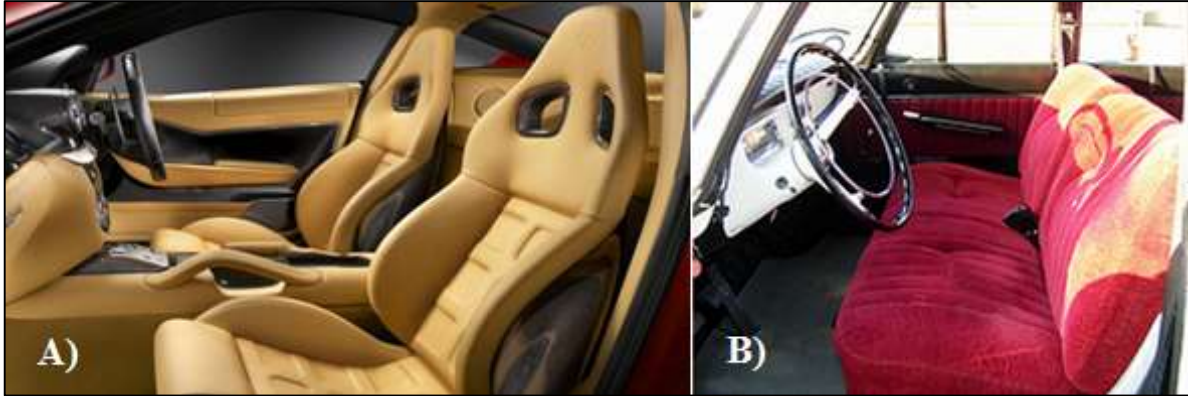
I årene 1960-1980 var ergonomi i stor vekst, og det var særlig psykologer og ingeniører som arbeidet med ergonomiske spørsmål. I flere sivile firmaer ble ergonomiavdelinger etablert, blant annet i bilproduksjon og produksjon av datamaskiner. Fra 1990 og frem til nå har offentlige organisasjoner og myndigheter blitt mer bevisst på ergonomiens virkning. Det innføres krav til standardiseringer blant forbrukerergonomi på flere produktområder. [1.12]

En underliggende udefinert form for ergonomi har alltid ligget som en intuitiv forståelse hos mennesker. Før begrepet ergonomi var definert kan en tidlig se at dette var en integrert del i håndverk og produksjon, men selvfølgelig på helt andre premisser og standarder som vi har i dag. På grunn av teknologien vi besitter per i dag har vi muligheter til så mangt når det gjelder å tilpasse produkter til mennesket på best mulig måte.

Ergonomien på produkter vi er i kontakt med har med tiden blitt betraktelig bedre. Produkter vi har rundt oss i dag viser større hensyn til individuelle forskjeller hos mennesket enn hva det gjorde før. Et godt eksempel på dette er sitteplassen i en bil.

Mange av dagens biler har seter som kan justeres i det uendelige. En har lengde- og høydejustering av seteputen og justerbar seterygg i forskjellige vinkler. For god sidestøtte finnes det formbare sidevanger på rygg og sittepute. Noen bilmodeller har også opp-ned og ut-inn justering av ratt. Det fine med alle disse innstillingene er at sitteplassen blir tilpasset hver

enkelt kropp som sikrer en optimal sittestilling med minimale belastninger samt god og korrekt oversikt. Ofte kan tilpasningene gjøres i blinde kun ved å trykke på knapper. Figur 17 nedenfor illustrerer hvordan nåtidens bilseter kan se ut sammenlignet med hvor enkle setene var for noen tiår tilbake. Når rett sittestilling er inntatt har en gode siktforhold forover og rundt bilen som gjør at man kan ferdes tryggere i trafikken.



Figur 17 Bilde i A) viser en moderne sitteanordning i en bil, mens bilde i B) viser hvordan sitteplassen i en bil var på 50-tallet [23][24]

4.1.1 Biomekanikk

Biomekanikk er studiet av de mekaniske forholdene som bestemmer bevegelsene til levende organismer. For mennesker omfatter biomekanikken læren om hvordan interne og eksterne krefter virker i kroppen, spesielt hvordan muskel- og skjelettsystemer fungerer og beveger seg. [1.3]

Biomekanikk ligger i nær forbindelse med ingeniørarbeid i forhold til det å kunne tilpasse funksjoner og konstruksjoner til mennesket, og i tillegg forstå dynamikk ut i fra forskjellige vinkler. Som å studere fugler og insekter for å få en bedre forståelse av fly og luftfart, og hvordan utarbeide en god sitteplass for å unngå belastninger og senskader. I forhold til konstruksjon av biler er sikt et viktig tema, hvordan beveges hodet for å oppfatte omgivelsene rundt. Dette beskrives nærmere i avsnitt 4.1.2.1.

I løpet av de siste årene er det blitt tatt i bruk modeller av mennesker laget i 3D som brukes direkte inne i CAD-tegninger. En kan da teste biomekanisk adferd i tidligere stadier av bildesignet uten å lage fullskalamodeller.

4.1.2 Antropometriske mål

Da ergonomi hadde sin ekspansjonsalder i 1960-1980 ble ergonomi synonymt med arbeidsplassutforming. For å nevne noen eksempler ble det jobbet med gode verktøy, sittestillinger, klima og gode lysforhold, det vil si den antropometriske delen av faget. Antropometri er læren om kroppsmålene, og stammer fra de greske ordene *anthropos-metricos* som betyr menneske og mål. Ved krysning av antropometri og produkt inngår tilpasning til brukere med ulike forutsetninger og kroppsform.

Data for menneskelige mål brukt i oppgaven er hentet fra boken *The Measure of Man & Woman* [1.10]. For å tilpasse et kjøretøy til mennesket brukes både statisk og dynamisk antropometri. Den statiske delen er viktig for en god sitteplass. Stanger 50% av mennene i taket er det blitt gjort et dårlig utvalg. Den dynamiske delen går på rekkevidder og betjeningsorganer, dimensjonering av arbeidsplassen, vinduer som må utformes i henhold til menneskers siktsoner samt en rekke andre faktorer. Det er mange puslespillbrikker som må på plass før et ferdig design kan utvikles for forbrukere.

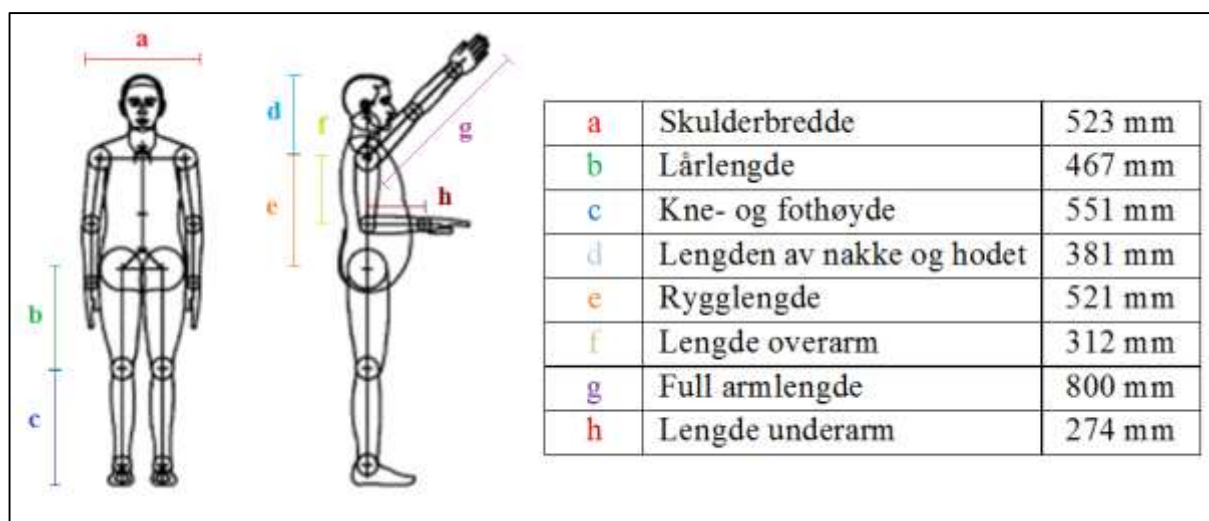
Hvordan utvalget blir foretatt avhenger av de forskjellige designtilfeller. En god praksis er å designe for verdier mellom 5-95% prosentilene, mens i kritiske tilfeller vil det være nødvendig å bruke verdiene mellom 1-99% prosentilene. [1.12]

4.1.2.1 Oversikt over prosentiler for menn og kvinner

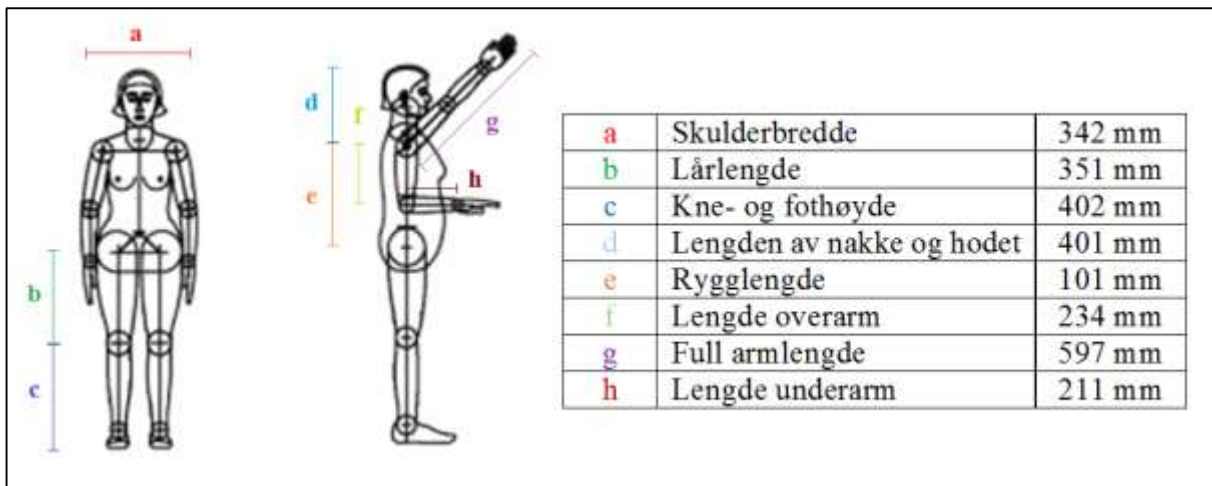
Antropometriske mål vil være i fokus når produktets metriske mål skal bestemmes. Vi mennesker er forskjellige når det kommer til høyde, fasong og vekt. Målet er å tilpasse kjøretøyet godt nok så mennesker med ulik høyde, fasong og vekt kan bli brukere av den samme bilen uten anstrengelser.

Kjøretøyet skal tilpasses 2 voksne mennesker, fører og passasjer, i hovedsak fra 18 år og oppover. Antropometriske mål blir oppgitt i forskjellige prosentilverdier. Prosentil er et prosentvis uttrykk for et individs relative plassering i forhold til alle andre individer. 99 prosentil vil si at 99 % ligger under og 1 % ligger over.

Figur 18 og 19 er laget for å få en viss oversikt over antropometriske mål til menn og kvinner. Det er valgt å ta med de største dataene for menn, 99 prosentil og de minste dimensjonsdataene for kvinner, 1 prosentil. Dette for å få en oversikt over hvilke dimensjonsmål kjøretøyet skal tilpasses etter.



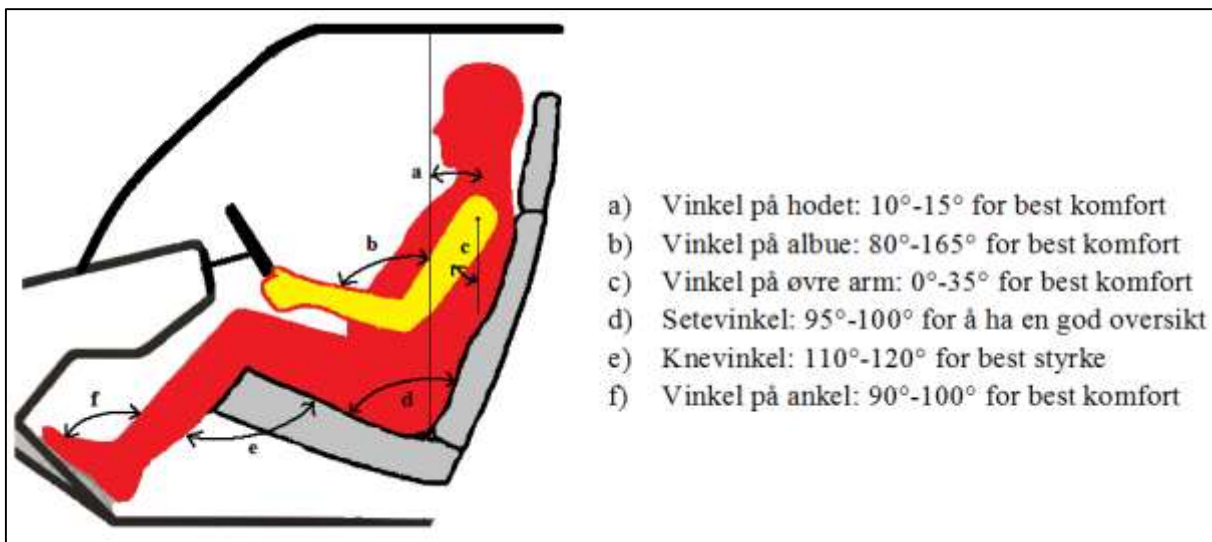
Figur 18 Antropometriske dimensjonsdata for menn, vist i prosentilverdi 99, som har en total høyde på 1920 mm og 111,2 kg [1.10]



Figur 19 Antropometriske dimensjonsdata for kvinner, vist i prosentilverdi 1, som har en total høyde på 1476 mm og 42,2 kg [1.10]

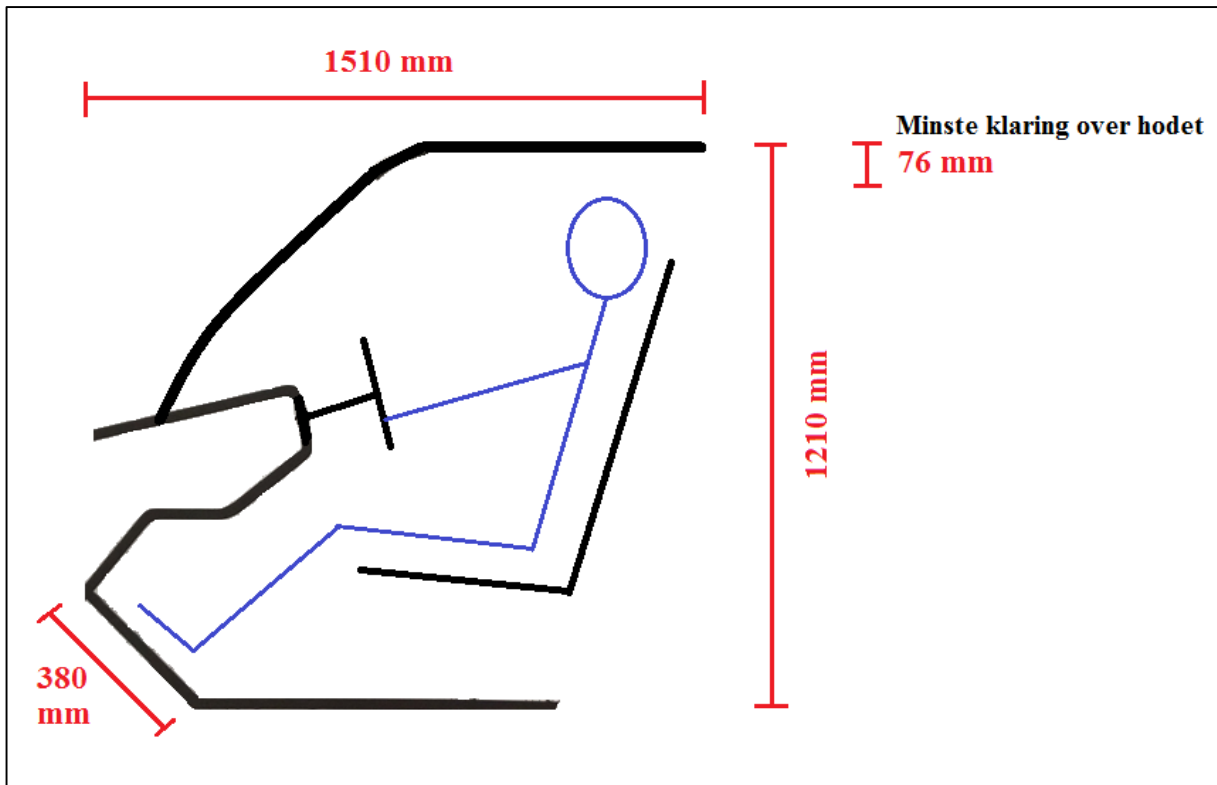
4.1.2.2 Sittestilling i et kjøretøy

En god sittestilling skal gi god støtte for korsrygg og setemuskulatur. I figur 20 vises en oversikt over hvilke vinkler de forskjellige leddene i kroppen bør ha for å sikre en ergonomisk god sittestilling. Riktig sittestilling beskytter kroppen for støt, større fartsendringer samt senskader. Det må være enkelt å regulere setet for å ivareta den enkeltes fører komfortvinkler.



Figur 20 Oversikt over komfortvinkler for sittestilling i bil [1.10]

Før at føreren skal ha en ergonomisk sittestilling må de utvendige målene av førerhuset minst ha en høyde på 1210 mm, se figur 21. Da vil 99 prosentil menn med en høyde på 1920 mm ha en klaring over hodet på 76 mm.



Figur 21 Oversikt over utvendige mål rundt førerhuset, ved 99 prosentil verdi for menn. Mål hentet fra [1.10]

Figur 21 viser kun en oversikt over førerplassen. For å finne den minste totale lengden for fører og passasjer, hvis begge plassene skal tilpasses 99 prosent av alle menn, må lengden være 2481 mm. Da er det plussert på lengden fra kne til bakenden (673) og lengden på foten (298), begge mål fra en 99 prosentil mann. [1.4] Når det kommer til den minste bredden er det gått ut fra skulderbredden på 99 prosentil mann fra figur 18, og den absolutt minste lengden må være 600 mm.

4.1.2.3 Inn- og utstigning

Det skal være enkelt for fører og passasjer å komme seg inn og ut av kjøretøyet. Det mest vanlige på personbiler er å ha to dører på hver side. For et tomannskjøretøy er det ikke nødvendig med så mye som to dører på hver side, det blir også vanskelig med tanke på plass. I utgangspunktet hadde det holdt med en dør på den ene siden av kjøretøyet, men på grunn av sikkerhet må det være muligheter for å komme seg ut også på den andre siden. Derfor må valgt løsning sørge for muligheter for inn- og utstigning fra begge sider av kjøretøyet. En god inn- og utstigning bestemmes av dimensjonene på døråpningen og hvilken type dørløsning som er valgt. I tillegg er det avgjørende å få et godt fotfeste med bakken i det man beveger seg ut av kjøretøyet, se figur 22.

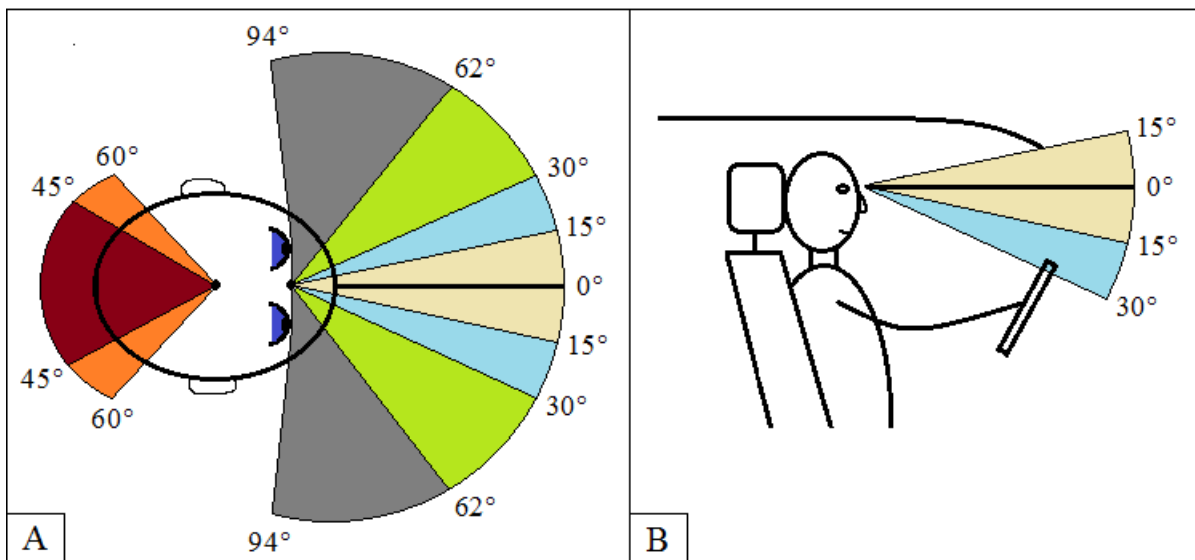


Figur 22 Utstigning av et kjøretøy [25]

4.1.2.4 Siktergonomi

Synet er det viktigste sansorganet når vi kjører bil. Det er opp til synet å bestemme handlingene som vi utfører i trafikken. Det å ha bra sikt rundt kjøretøyet er viktig for sikkerheten. For å kunne plassere vinduer og speil hensiktsmessig i kjøretøy er det essensielt å kartlegge synsområdet. Synsfeltet defineres som det området man ser med når øyne og hodet er helt i ro, og kan deles opp i tre deler [1.3]:

- Fokusområdet: er det området som gir helt klart syn.
- Middelområdet: i dette området sees ikke ting klart, men bevegelser og sterke kontraster oppfattes.
- Ytre området: her oppfattes kun bevegelser.



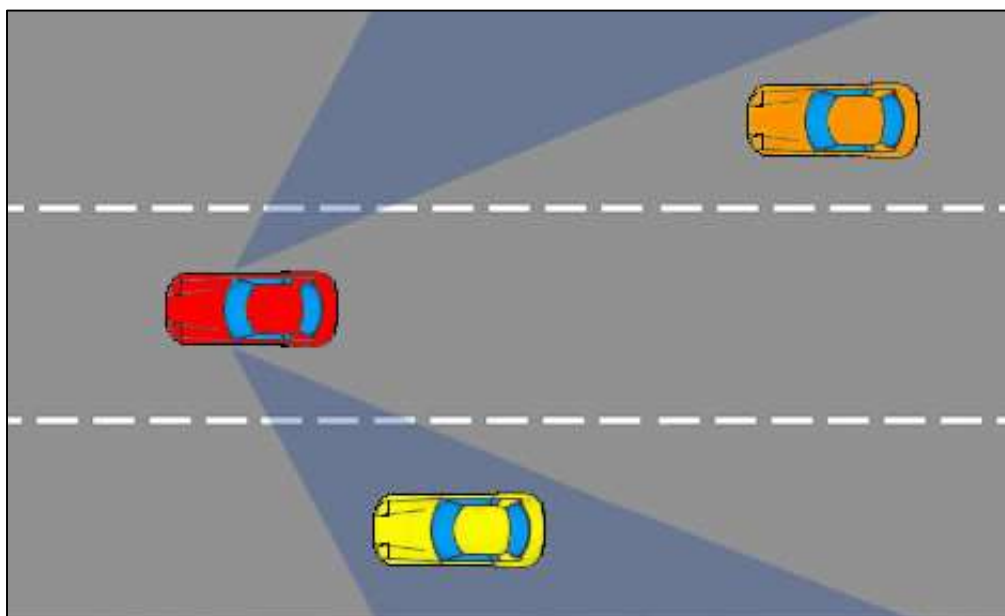
Figur 23 A) Synsvinkler sett ovenfra, data hentet fra vedlegg 6. B) Synsvinkler innenfra en bil sett fra siden, data hetet fra vedlegg 5 [1.10]

Figur 23 A, viser en oversikt over synsfeltet sett ovenfra. Det grå feltet som er det ytre området i synsfeltet viser at bevegelser kan oppfattes ved 94° . Det som oppfattes ved 94° vil være ganske uskarpt, men tilstrekkelig til og oppdages. Det gjelder kun det venstre øyet som kan oppfatte noe ved venstres 94 graders vinkel, og tilsvarende vil det høyre øye kun se noe ved en høyre

vinkel på 94° . Den mest behagelige sonen for føreren er ved 15° for hvert øye, merket med gult. Grensen på den akseptable vinkelen som vi har oversikt over er ligger på 30° . Det høyre øyet kan se ut til 62° vinkel på venstre siden, og tilsvarende for det venstre øyet. Ting som oppfattes helt ut til denne vinkelen vil allikevel være ganske uklart.

I figur 23 B, ser man synsvinkler for føreren sett fra siden. Dette er vinkelen for det høyre øyet, men venstre øyet har tilsvarende vinkler. Den lysegule sonen, sonen fra 15° vinkel oppover og 15° vinkel nedover er den mest behagelige sonen til føreren, for i denne sonen oppdages alt klart. Kravet er derfor at det må være fri sikt i denne sonen. Innvendig instrumentering bør plasseres innenfor et område på 30° rettet nedover, markert i blått, som er den akseptable vinkelen som vi klarer å holde oversikt over.

Når man kjører bil må man være helt fokusert, og holde utkikk i alle retninger. Spesielt må man være oppmerksom på kjøretøyets blindsoner. I alle kjøretøy finnes det blindsoner. For å holde kontroll på blindsoner må man snu hodet til siden, synsvinkelen og speil klarer ikke å dekke dette området. Figur 24 viser eksempel på hvor stor blindsonen er i en vanlig personbil, den røde bilen i figuren har ikke sjans til å se den gule bilen, som befinner seg midt i blindsonen, markert i blått. For å redusere antall blindsoner bør det være godt med vinduer og speil. Ved hjelp av ny teknologi er det nå mulig å overvåke spesielle blindsoner med sensorteknologi som varsler fører hvis det er bevegelse i området.



Figur 24 Illustrasjon av blindsonen til en bil, hvor det blå området markerer blindsonen til den røde bilen [26]

Krav om speil for lukkede kjøretøy med to eller tre hjul står beskrevet i *Forskrift om tekniske krav og godkjenning av kjøretøy, deler og utstyr (Kjøretøyforskriften)*, Kapittel 30. Speil, § 30-5. Der står det at: «Trehjuls motorvogn skal ha minst tre speil, hvorav ett skal være plassert innvendig og ett på hver side utvendig. Innvendig speil kreves dog ikke dersom motorsykkelen

på grunn av bruksområde eller nødvendige konstruktive hensyn er bygd slik at speil aldri kan brukes. Innvendig og utvendig speil skal ha speilflate på minst 70 cm²». [5]

4.2 Aerodynamikk

Aerodynamikk omhandler luftens bevegelse og krefter som et legeme blir utsatt for mens det manøvrerer igjennom luft, eller hvis luft strømmer imot. Aerodynamikk er ikke bare viktig for konstruksjon av fly, det har også mye å si for biler. Når et karosseri skal utformes er aerodynamikk derfor en viktig faktor å ha med inn i tankeprosessen. Lavere luftmotstand virker positivt inn på blant annet drivstofforbruk og støynivå, noe som gagnar miljøet. I en bil går omtrent halvparten av drivstofforbruket og ytelsen i motoren til å overvinne luftmotstanden.

Med rett aerodynamikk får en også bedre stabilitet og sikrere veigrep, så alt i alt er bilens aerodynamikk viktigere enn det mange først tenker over. På grunn av forholdsvis lave fartsgrenser i Norge til sammenligning med andre land er det lett å tenke at dette med luftmotstand vil ha liten innvirkning, men det er feil. En bils egenskap til å pløye seg igjennom luftstrømmen på, faller inn under kvadratlovene. Om man dobler farten så firedobles motstanden. Et eksempel er om man kjører i 100 km/t kontra 50 km/t brukes fire ganger mer effekt for å komme seg fremover. [27]

Når det er snakk om luftmotstand oppgis denne vanligvis som en C_d - verdi. Jo lavere C_d - verdien er desto bedre. Luftmotstandskoeffisienten C_d er knyttet til bilens form og sier noe om kjøretøyets aerodynamiske egenskaper. Luftmotstandskoeffisienten stammer fra engelsk, Coefficient of Drag. Nedenfor er det listet opp formler for å finne luftmotstandskraften og luftmotstandskoeffisienten [1.11]. Luftmotstandskraften er den kraften luften gir mot kjøretøyet, og avhenger av luftens tetthet, kjøretøyets hastighet og frontareal samt C_d - verdien. Ved å snu på formelen for luftmotstandskraften kommer man frem til formelen for luftmotstandskoeffisienten.

Formel 1 og 2:

$$F_D = 0,5 \times \rho \times C_d \times A \times v^2 \quad (4.1)$$

$$C_d = \frac{F_D}{0,5 \times \rho \times A \times v^2} \quad (4.2)$$

hvor,

- F_D er luftmotstandskraften
- ρ er tetthet av luften
- C_d er luftmotstandskoeffisient
- A er arealet/tverrsnittet av fronten på kjøretøyet
- v er relativ hastighet

Aerodynamiske egenskaper kan testes i vindtunneler ved hjelp av kunstig luftstrøm. Det ideelle er at luftstrømmen (røyken) skal følge så tett som mulig over bilen, som illustrert i figur 25. På bildet nedenfor følger luftstrømmen bilen nokså pent frem til bakparten (hekken), der det dannes et rom med turbulent luft. Luften her står ganske stille og fører til små virvler, noe som gjør at bilen blir sugd bakover og fører til økning av drivstofforbruket.











Figur 25 Mercedes-Benz CLA illustrert i en vindtunnel, $C_d = 0,22$. Virvlene merket med rødt skal illustrere lavtrykksområdet som oppstår bak bilen. [28]

Aerodynamiske bilformer

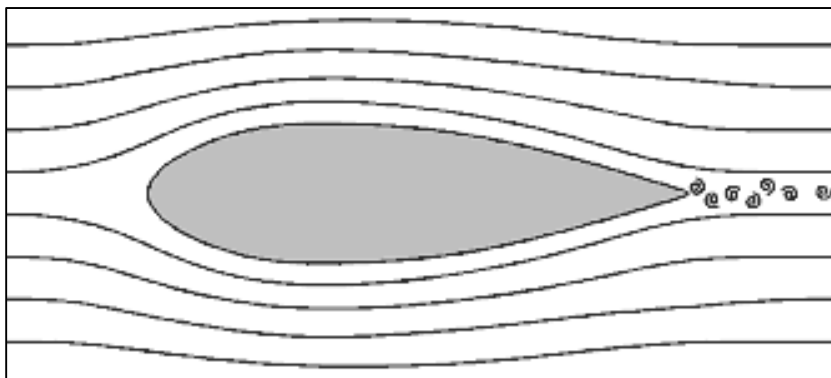
I tabell 11 nedenfor er det en oversikt over ulike bilformer tilknyttet C_d -verdier for hver enkelt av formene. Bilformen med den beste C_d -verdien har dråpeform med en verdi på 0.15 ved lave hastigheter og 0.20 ved høy hastighet.

Tabell 11 Luftmotstandskoeffisienter med tilhørende bilformer, pluss en oversikt over motstandskraften som trengs i forskjellige hastigheter [1.11]

Bilde av bilform	Biltype	C_d	Luftmotstandskraft i kW, gjennomsnittsverdi for $A=2m^2$ for ulike hastigheter			
			40 km/t	80 km/t	120 km/t	160 km/t
	Kabriolet	0.33-0.50	0.7	5.3	18	42
	SUV	0.35-0.50	0.71	5.5	19	44

	Sedan	0.26-0.35	0.5	3.8	13	31
	Stasjonsvogn	0.30-0.34	0.52	4.1	14	33
	Kileformet bil, lykter og hjulbuer er integrert i kroppen, hjul og understell er tildekket	0.3-0.4	0.58	4.6	16	37
	Lykter og hjul er lukket innenfor bilkroppen, tildekket understell	0.2-0.25	0.37	3	10	24
	Reversert kileform (minimalt tverrsnitt ved halen)	0.23	0.38	3	10	24
	Dråpeform, optimal bilform for å oppnå lav luftmotstand	0.15-0.20	0.29	2.3	7.8	18

Ved å bruke en dråpeform blir det mindre turbulent luft på baksiden av formen. Se figur 25, sammenlignet med figur 26 nedenfor.



Figur 26 Viser hvor luftstrømmen følger ved en dråpeformet figur [29]

Hvordan redusere bilens luftmotstand

En bil som er stilet helt på aerodynamiske prinsipper er Volkswagen XL1, se figur 27. Volkswagen XL1 har en luftmotstandskoeffisient på 0.19, noe som er utrolig bra. Den har lukkede/innkapslede bakhjul, monterte skjermmer i stedet for speil, tynne dekk, formen er smalere bak en foran for å få en strømlinjeformet figur.

Tiltak som må til for å redusere luftmotstanden til en bil:

- Organiske former bør prioriteres og lages glatte og sammenhengende slik at formen blir mest mulig strømlinjeformet
- Kjøretøyet bør være lavest mulig og ligge lavt mot bakken
- Unngå åpne arealer, kabriolet er ugunstig i forhold til luftmotstanden, noe som kommer frem av tabell 11.
- Unngå deler som stikker ut av selve grunnformen til bilen. Speil forstyrrer luftstrømmen. Når det gjelder trehjulinger er det ikke påbudt med speil, men av sikkerhetsmessige årsaker bør det være så fremt det ikke erstattes med kamerateknologi
- Når det kommer til utforming av understell bør det brukes understellsplater av plast, noe som har vist seg å bedre luftmotstanden [30]. Når luften går under bilen utøver det trykk på alle de mekaniske deler som ligger under og forårsaker mer motstand. Luften som går igjennom sprekkene i hjulene fører til en ytterligere økning.
- Innkapsling av hjul
- Overflaten til kjøretøyet bør være ren og blankpolert, reduserer mengden av friksjon
- Føre luftstrømmen igjennom kanaler



Figur 27 Volkswagen XL1 med meget lav C_d -verdi, $C_d = 0,19$ [31]

4.3 Formspråk

Utformingen på en bil har svært stor betydning, og bilens formspråk har kanskje aldri vært viktigere enn det er i dag. Da det var få biler på markedet tenkte kjøper først og fremst på at det var et fremkomstmiddel, men i dag er en bil så mye mer. Det gjelder å være trendbevisst samtidig som man er nødt til skille seg ut fra mengden og finne sitt eget varemerke og egenart.

4.3.1 Grunnformer

Rundt oss er vi omringet av kontraster i forskjellig former og fasonger. Enhver form gir oss assosiasjoner som kan sette i gang tanker og følelser, slik at man kan gjøre seg opp en mening om selve objektet. I løpet av livet gjør vi mennesker mange valg, bilkjøp er ofte et av dem. Vi velger det vi synes er fint og valget gjenspeiler hvordan vi er som menneske. Utfordringen er å finne et formspråk som når en bred målgruppe.

Alle former som vi omgir oss med spinger ut av de 3 grunnformene: sirkel, firkant og trekant. Ved å anvende disse tre grunnformene vist i figur 28 kan man lage alle mulige slags former.



Figur 28 Illustrasjonen viser de tre grunnformene i rekkefølgen sirkel, firkant og trekant

Former som er runde, ovale, har myke overganger og avrundinger kalles for organiske former. Organiske former uttrykker gjerne snillhet og harmoni. Som motstykke til de organiske formene har vi de uorganiske formene som ofte forbindes med røffhet og aggresjon. Eksempler er former med spisse og rette kanter hentet fra grunnformene firkant og trekant. Hva slags type former man bruker i et design har mye å si for hvilket uttrykk som skapes. Selve uttrykket blir skapt igjennom form, farge og materialbruk.

Eksempler på organiske og uorganiske former finner vi både naturskapt og menneskeskapt. De fire bildene under i figur 29 viser hvor mye former kan gjøre med et uttrykk utad. Bilde A) og B) viser former skapt av naturen. Kvartskrystallen i A) står i stor kontrast til hvithvalen i B), kvartskrystallen som er mineralsk har uorganiske spisse hjørner i forhold til de avrundede organiske formene til hvalen. Kvartskrystallens former får den til å skinne og de spisse kantene får frem en klarhet mens hvalens former gjør den uskyldig og søt. Det er også hentet frem et eksempel der en ser motsetninger innenfor formspråk som er menneskeskapt. Bilde C) er preget av flater, rektangler, rette vinkler og skarpe hjørner noe som gjør dette bygget til godt eksempel på en uorganisk stil. Kontrasten til de faste rutiner i C) finner vi i bilde D) hvorav formene slynger seg avgårde i krummede buer med et mer lekent språk. Utover i designprosessen vil det være viktig å hente inspirasjon fra omverdenen, det kan være dyreriket eller fra helt andre områder. Inspirasjon brukt i designprosessen er beskrevet i kapittel 7.1.



Figur 29 Kollasj av organiske og uorganiske former, A) Kvartskrystall [32], B) Hvithval [33], C) Uorganisk arkitektur [34], D) Organisk arkitektur [35]

5 FORMSPRÅK OG DESIGNTRENDER

I dette kapitlet blir det redegjort for hva som er de store trendene i bilbransjen, både opp igjennom tidene og i nåtid. Ulike bilformer blir presentert og lyktedesign blir belyst.

5.1 Former innenfor bilindustrien

Etter å ha fått et innblikk i hva ulike former kan gjøre med et produkt samt en oppvekking av kreativiteten er det på tide og bevege seg inn i bilens utvikling. Hvordan har formene endret seg, finnes det en rød tråd eller går noen likhetstrekk i sykluser? Er det mulig å forutsi hva som blir den neste trenden innen bildesign?

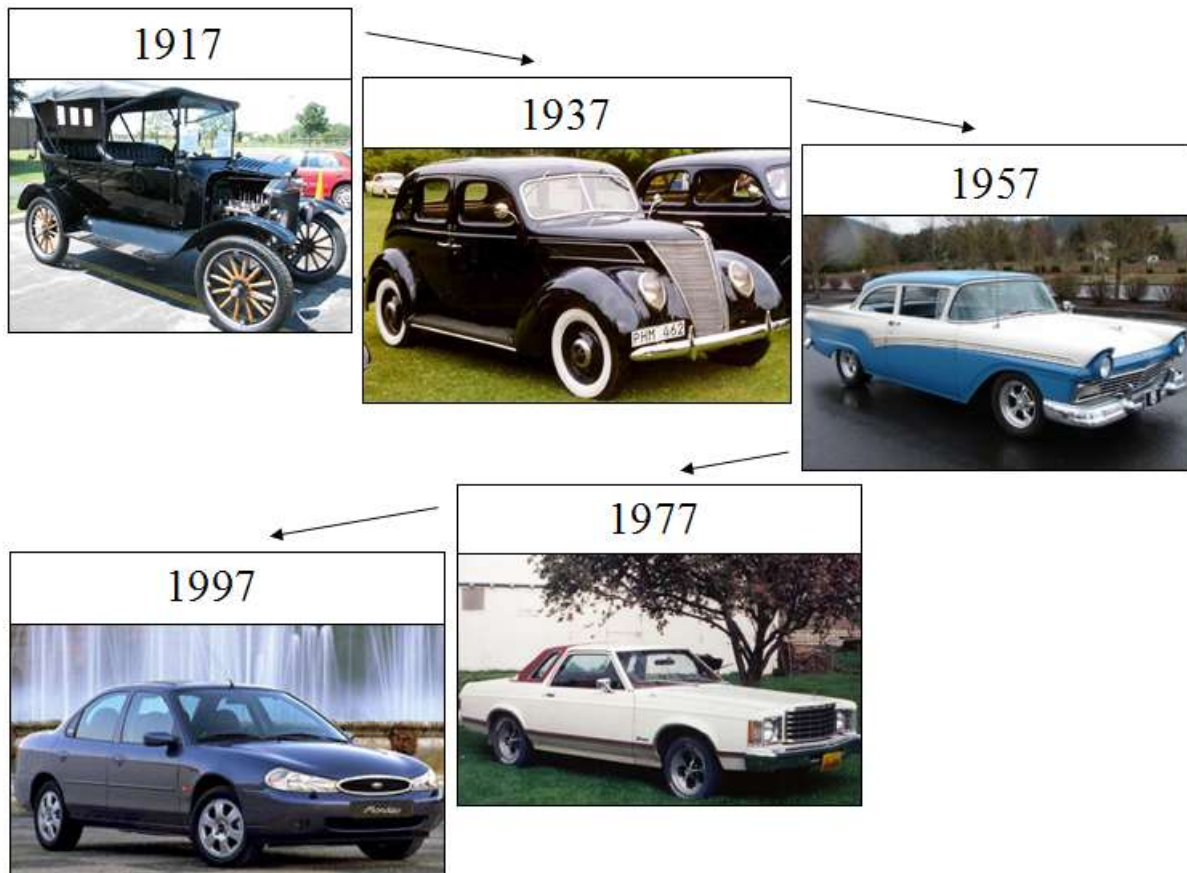
Ser vi på bilene som ble laget ca. hundre år tilbake i tid og til i dag er det en enorm utvikling som har funnet sted, både når det gjelder teknologi og utseende. Siden Ford Motor Company har vært ledene i den globale bilindustrien og har hatt stor innflytelse på automobilhistorien er det valgt å gjøre en formstudie av noen utvalgte Ford-biler som er karakteristiske for sin tid.

5.1.1 Formstudie

I figur 30 er det laget en oversikt over formutviklingen på fem forskjellige biler fra 1917 og utover med et utvalgt spenn på 20 år. Ford Model T fra 1917 var den første bilen «vanlige» folk hadde råd til å kjøpe og ble dermed en stor salgssuksess. Primært er den sammensatt av firkantede former med avrundede buer rundt hjulene, og nokså uorganisk på alle områder. Flatene er store og rette, frontvinduet er helt vinkelrett og bilen er forholdsvis høy for å være en vanlig personbil. Går man 20 år fremover i tid til Ford 730D De Luxe Fordor Touring fra 1937, finner vi en bil som har blitt mer strømlinjeformet med flere likhetstrekk til bilen slik vi kjenner den i dag. De spisse kantene er byttet ut med avrundede former, som skaper et ganske interessant og litt artig uttrykk. Formgivingen viser tegn til å være preget av det man visste om aerodynamikk på den tiden.

Ford Custom 300 fra 1957 er av en helt annen formstruktur med ganske markante front- og bakpartier. Avrundingene er mer begrenset til den midterste delen og utspisser seg i bilens ender. Hjulskjermene er integrert i karosseriet, noe som fortsetter i årene fremover og som også er vanligst på biler den dag i dag. Et fellestrekk for bilene på 50-tallet var at de ble lengre, lavere og bredere med et klassisk utseende. Beveger vi oss videre til 1970-tallet og tar en titt på Ford Granada fra 1977, ser vi nesten kun uorganiske former. Her er flatene store og rette, og hjørner godt markert i forskjellige vinkler. De stramme linjene gjør den kompakt og litt tung i sitt uttrykk.

På 90-tallet skjer det tydelig en forandring, bilene får en mer aerodynamisk formgiving. Ford Mondeo fra 1997 er et godt eksempel på at de uorganiske formene fra 70- og 80-tallet er byttet ut med mer organiske former. Her er front- og bakparti mer avrundet enn tidligere og midtpartiet beveger seg i en jevn bue.



Figur 30 Formutvikling fra 1917-1997. Ford Model T Touring (1917)[36], Ford 730D De Luxe Fordor Touring (1937)[37], Ford Custom 300 (1957)[38], Ford Granada (1977)[39], Ford Mondeo (1997)[40]

Formen på bilene vi ser rundt oss i dag har utviklet seg fra det som begynte i det små på 90-tallet. De organiske formene har blitt forfinet, overgangene er mykere og mer i henhold til en strømlinjeformet utforming med tanke på aerodynamisk flyt. Ser vi på Ford Fusion S i figur 31 nedenfor, har denne modellen et typisk karakteristisk utseende i overensstemmelse med nåtidens bildesign. Den bærer et sportslig preg med fine rene linjer, aggressiv i for- og bakkant som gir assosiasjoner til fart og lekenhet, samtidig virker den stabil og trygg. Formspråket har fått en tynge og lavere profil på veien, på grunn av en framtredd buet linje som går fra frontlyktene til baklyktene.



Figur 31 Nåtidens bildesign, Ford Fusion S, årsmodell 2015 [41]

Andre detaljer og formtrender som er verdt å nevne er bruken av brutte linjer og bulker i overflaten. Dette er spesielt tydelig på Mercedes-Benz CLA250 fra 2015 visst i figur 32. Bruken av slike detaljer setter et mer sportslig preg på kjøretøyet, og jevnt over har nåtidens kjøretøy et mer sporty design enn hva vi har sett tidligere. Det er ikke lenger forbeholdt racing- og luksusbiler å uttrykke en slik identitet.

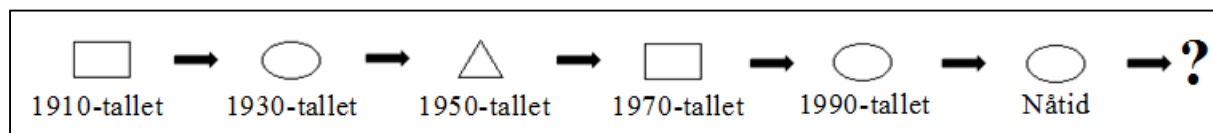


Figur 32 Mercedes-Benz CLA250, årsmodell 2015 [42]

5.1.2 Konklusjon til formstudiet

Gjennom flere tiår med mangfoldig bildesign har det vært mange forskjellige unike former på markedet. Livsstil samt teknologiske fremskritt har bidratt til de ulike trendendringene, i form av mer kompetanse rundt luftstrømsproblematikk og ny teknologi som har gjort det mulig å produsere mer avanserte kurver og utforminger.

Formutviklingen kort oppsummert billedlig:



Figur 33 Ford-syklusene

Figur 33 viser at bilformene har gått i sykluser til nå, og skal vi følge disse fasene så er det trekantet og firkantet utforming som står for tur. Med dette som grunnlag er det allikevel umulig å si hva som vil være et moderne design i fremtiden, men ut ifra dette formstudiet er det de runde organiske og aerodynamiske formene som har blitt vektlagt i de senere årene. Det vil være ganske innlysende å tro at slike former vil fortsette å prege bilindustrien så lenge aerodynamikken tas hensyn til.

De siste årene har det vært få endringer å spore i formdesignet, derfor er det å forvente at formbildet vil endre seg noe de kommende årene. Det vil være sannsynlig å tro at innslag av trekantede og firkantede former vil komme mer og mer tilbake, men at selve hovedformen vil ha aerodynamisk fremtoning, med hovedvekt av organiske linjer. Industrien må se fremover for å ikke stoppe opp, og utfordringen er å formgi biler som skal gli mest mulig uforstyrret igjennom luften med minst mulig vekt og allikevel ha plass til et visst antall personer som skal fraktes fra A til B.

5.2 Utforming av detaljer på kjøretøy

Detaljer som blant annet lykter, grill og felger er elementer som gir kjøretøy personlighet og utstråling. Det er slike detaljer som løfter kjøretøyet og gir ansikt til for eksempel harmoni, råskap og luksus. Det er her valgt å se nærmere på lyktedesign.

Alle kjøretøy skal være utrustet med lysfelt, både for å kunne kjøre i mørket og bli sett av andre kjørende og myke trafikanter. Lyktedesign er også et viktig virkemiddel for å gi kjøretøy karakter, og vi kan se at lyktedesign følger trender på lik linje som bilformer.



Figur 34 Utviklingen av hvordan fasongen på frontlyktene har endret seg på Volkswagen Golf sin første modell og til i dag. I (1974-1983), II (1983-1991), III (1991-1997), IV (1997-2003), V (2003-2008), VI (2008-2012), VII (2012- ...) [43]

I figur 34 er det laget en oversikt over trendutviklingen som har skjedd på lyktfronten til en av verdens mest solgte bilmodeller, Golf, produsert av Volkswagen. Lyktene på Golf I og II virker tilsynelatende identiske, med en helt sirkulær rund form. Grunnen til denne utformingen var

enkelt og greit å følge konturen på lyspærene. Golf III ble tildelt avlange lykter, ovale på den ene siden og noe mer markerte hjørner på den andre siden, panseret følger konturene av lyktene. Den avlange formen ble hengende igjen med videre til modell IV, men her er formen blitt helt oval. Modell V startet trenden med mer oppoverfeie frontlykter som har blitt trukket ut til sidene i større grad. Det er de avrundede formene som her dominerer. Golf VI har fått mer markerte linjer enn tidligere, men fortsatt i kombinasjon med organiske avrundinger. Modell VII viser et skarpere uttrykk enn sine forgjengere, med klare hjørner og linjer.

Tendensen i utviklingen er at lyktene går mot et mer bestemt og aggressivt uttrykk. Skarpere linjer kommer tydeligere og tydeligere frem i utformingen av lyktedesign. Designutviklingen har gått fra å være fullorganisk til uorganisk. Fremtidens lykter vil trolig bli enda smalere og skarpere godt trukket ut til sidene.

6 KONSEPTSPESIFISERING

Dette kapitlet tar for seg målsetting til konseptet sett ut fra et markedssyn, egenskaper og metriske krav fra tidligere arbeid og rangering av viktige produkttegenskaper.

6.1 Konseptmålsetting

For å komme frem til den mest optimale løsningen for eksteriørdesignet til Dolphin Expression 2.0 må det settes noen krav til utforming. Hovedmålsettingen for konseptet er listet opp nedenfor og er kortet ned til tre viktige punkter, hvor målene skal hjelpe til å danne en god helhetlig løsning for det videre arbeidet for å nå hovedmålsettingen for mastergradsarbeidet.

Målsetting for konseptet:

- Være fremtidsrettet
- Ha gode ergonomiske løsninger
- Lav luftmotstand

Konseptet må først og fremst ha et fremtidsrettet eksteriørdesign som kan likes av de aller fleste, samtidig som luftmotstanden blir så lav som mulig. Det er ønskelig at fronten skal ligne mest mulig på en bil, derfor vil alle formalternativene bli utformet med integrerte hjulskjermer i karosseriet. Videre må formkonseptet ha ergonomiske utforminger som ivaretar menneskelige mål slik at kjøretøyet blir et attraktivt og komfortabelt valg for forbrukerne.

Nedenfor er det satt opp en tabell over viktig produkttegenskaper for å nå de forskjellige målsettingene til konseptet. Det ønskelige er å tilfredsstille alle disse produkttegenskapene, men på grunn av kapasitet og ressurser må enkelte egenskaper gå foran andre. I kapittel 8 er det tatt et valg rundt de viktigste egenskapene for eksteriørdesignet på bakgrunn av tabellen under.

Tabell 12 Oversikt over viktige produkttegenskaper

Produktegenskaper	Beskrivelse
Ergonomi	Konseptet må tilpasses menneskelige mål. Inn- og utstigning av kjøretøyet må tilpasses til de menneskene som skal bruke kjøretøyet. Adkomsten må lages uten fysiske anstrengelser for forbrukerne, og komforten i kjøretøyet må tilfredsstille ulike aldergrupper og fasonger.
Sikt	Føreren må ha god sikt ut fra kjøretøyet. Det er selvsagt at føreren må ha sikt ut av frontruten for å kunne manøvrere kjøretøyet sikkert. Det er også vel så viktig å ha god sikt rundt hele kjøretøyet. Det må være gode vindusflater som sørger god sikt rundt hele kjøretøyet eller speil/kamerasystemer som sørger for bra oversikt.
Aerodynamikk	For at kjøretøyet skal være fremtidsrettet er man nødt til å tenke på de aerodynamiske egenskapene. Det stilles strengere krav fra samfunnet at kjøretøy må bli mer miljøvennlige. Derfor må der legges vekt på lav luftmotstand, som igjen bidrar til lavere drivstofforbruk.

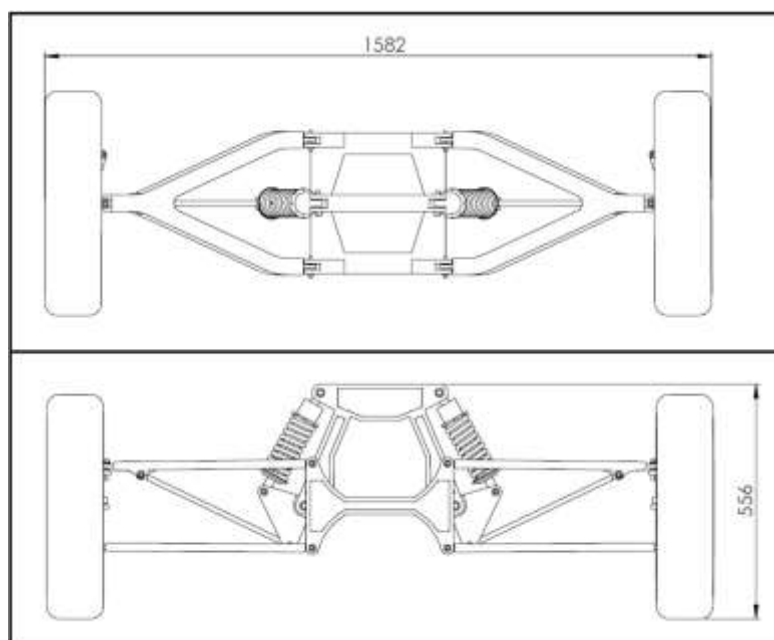
Estetikk	Siden dette i hovedsak er en designoppgave har det vært mye fokus på å få frem et estetisk utseende. Hva som er et godt estetisk produkt bygger mye opp rundt personlige meninger. Derfor er det vanskelig å vite hva flertallet av befolkningen synes er estetisk. I denne oppgaven bygger et godt estetisk design på rene linjer, enkle former med fine overganger med eksklusivt preg.
Realistisk	Det bør være et krav om at konseptet er realistisk å gjennomføre. Det er tidkrevende å designe et eksteriørforslag, derfor er det viktig at idéene til utformingen er realistiske og kan gjennomføres.
Originalitet	I et hav av bilmodeller er det viktig å skille seg ut for å få suksess, spesielt hvis det er snakk om et miljøvennlig kjøretøy. De som velger å kjøpe et mer miljøvennlig kjøretøy gir ofte slipp på mange goder, for mange velger kjøretøy på bakgrunn av plass og bruksnytte. Det er derfor veldig viktig at Dolphin Expression 2.0 skiller seg ut i mengden blant dagens kjøretøy, og oppleves som et annerledes og attraktivt kjøretøy som er gøy å kjøre rundt med, og som uttrykker en status om at miljøvennlige kjøretøy er det som er den nye trenden.
Komplekst	Eksteriørdesignet må være minst mulig komplekst. Jo flere deler som inngår i løsninger, jo mer komplekst vil det bli ved fremstilling. Det er ønskelig med minst mulig deler, samt at vanskelig utforminger og vinkler bør bli valgt bort. Komplekse løsninger er ofte dyrere i produksjon.
Sikkerhet	Utformingen av kjøretøyet skal sørge for en viss sikkerhet av personene som befinner seg inni kjøretøyet. Ved innkapslede forhjul er sikkerheten med én gang forbedret i forhold til å sitte på en motorsykkel. Fører og passasjer bør ikke ha veggene helt tett opptil seg, det bør være en viss klaring mellom veggene og menneskene som befinner seg i bilen.
Stabilitet	Utseende bør gi assosiasjoner til stabilitet. Det er utfordrende å utforme et trehjuls kjøretøy til å se stabilt ut.
Moderne	Kjøretøyet bør ha et moderne preg.
Fremtidsrettet	For at kjøretøyet skal være aktuelt fremover i tid bør det være fremtidsrettet. Kjøretøy opp igjennom tidene har fått et mer sporty utseende og blir mer og mer påvirket av sportsbiler som brukes til banekjøring.
Funksjonalitet	Kjøretøyet bør være praktisk, det vil si at det bør være nyttig og at det kan brukes til flere situasjoner. Brukeren av kjøretøyet bør føle at kjøretøyet oppfyller de kravene som man setter til et kjøretøy sett i et hverdagslig perspektiv.
Kostnad	Konseptutformingen bør ha lave kostnader.
Funksjonalitet	Kjøretøyet bør fungere til kjøring i det daglige, både i bymiljø og utenfor byen.

6.2 Rammekrav fra tidligere arbeid

Formkonseptet Dolphin Expression 2.0 bygger på tidligere gradsprosjekter, listet opp i *kapittel 1.3*. Rammekrav er hentet fra forhjulsoppheng til Hjertaas Hanssen [1.7] og interiørdesign av Rashid [1.9].

Krav som er satt for oppgaven er følgende:

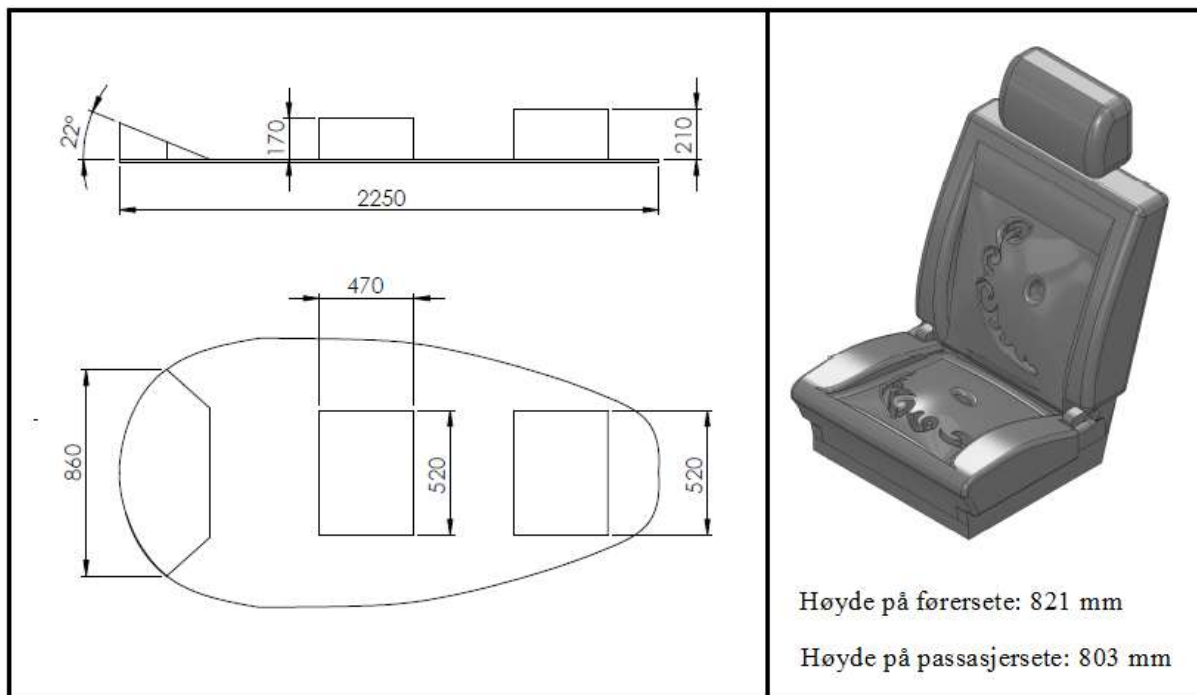
- **Hjulløsning med tadpole konfigurasjon:**
To hjul foran og ett hjul bak
- **Antall personer:**
Det skal være plass til to voksne personer etter hverandre, det vil si at personene blir sittende på rekke
- **Størrelse:**
Den skal av størrelsesorden tilsvare ca. en halv bil.
- **Dimensjonskrav tilpasset forhjulsoppheng:**
Eksteriørdesignet for Dolphin Expression 2.0 skal følge målene og tilpasses til forhjulsoppheng i figur 35. Det vil si at:
 - Den største bredden på eksteriørløsningen må følge bredden vist i figur 35. Denne er oppgitt til å være 1582 mm, hvor det er hjulene på hver side som danner ytterpunktene for målkravet. Hjulskjermene skal være innebygd i selve eksteriørdesignet, derfor er bredden i front på tvers av hjulene nødt til å være på 1582 mm.
 - Høyden på hjuloppheng er på 556 mm, se figur 35. Det er derfor viktig at det ikke blir laget formløsninger som strider mot denne høyden. Av figuren ser vi at dette kun vil være gjeldene for en del av midtpartiet, derfor vil det være muligheter for å formgi partier utenom lavere enn 556 mm.



Figur 35 Sammenstillingstegning av forhjulsoppheng med mål i mm hentet fra oppgaven til Hjertaas Hanssen [1.7]. Øverste tegning viser hjuloppheng sett ovenfra, mens nederste viser hjuloppheng sett forfra.

➤ **Dimensjonskrav fra interiør:**

For å finne ytterligere krav for lengder, bredder og høyder er det tatt utgangspunkt i noen av målene fra Rashid [1.9] sin interiørløsning. Lengden på den innvendige interiørløsningen er på 2250 mm, se figur 36 nedenfor. Når det kommer til den totale høyden til karosseriet er det her blitt brukt et mål på 1260 mm.



Figur 36 Oversikt over nyttige mål og illustrasjoner hentet fra oppgaven til Rashid [1.9] Målene er oppgitt i mm. Førersete og passasjersele har høydene 821mm og 803mm.

➤ **Felgdimensjon for hjuloppheng [1.7]:**

17*5'' (17 tommer er lik 431,8 mm)

➤ **Dekkdimensjon for hjuloppheng [1.7]:**

150/70-17''; det vil si: Bredden er på 150 mm, lengden tilsvarer 70% av bredden, som blir 105 mm.

➤ **Dimensjoner for multifuel generator [1.7]:**

450 mm i diameter og en lengde på 460 mm

6.3 Metriske grovspesifikasjoner

Målene fra rammekravene over skal brukes som en base for å finne de rette dimensjonene til eksteriørdesignet. En omtrentlig tilpasning til hjuloppheng [1.7] og interiørløsning [1.9] vil her foreligge med noen egne innspill. En grov oversikt over de metriske målene for eksteriørdesignet er listet opp i tabell 13. Det vil også kunne foreligge noen små endringer av dimensjonene etter endt 3D-modellering. De ulike verdiene er hentet fra figur 35 og 36, samt punktene under rammekrav. Dolphin Expression 2.0 bør være så liten som mulig med tanke på vekt, men samtidig må kjøretøyet være ergonomisk funksjonelt.

Tabell 13 Metriske grovspekifikasjoner for Dolphin Expression 2.0

Størrelsesfaktorer	Mellommål i mm	Overslag av minimumsverdi for eksteriørdesignet i mm
Lengde av interiøret	2250	
Diameter av to hjul	641,8 * 2	
Den totale lengden		3533,6 ≈ 3534
Bredde ved forhjulene		1582
Bredden til fører sete	520	
Tilleggsbredde på siden av fører sete	100*2	
Den totale bredden ved fører sete		720
Bredden til passasjer sete	520	
Tilleggsbredde på siden av passasjer sete	50*2	
Den totale bredden ved passasjer sete		620
Total innvendig høyde av fører sete	991	
Total innvendig høyde av passasjer sete	1013	
Den totale høyden		1260

Fra teoridelen i kapittel 4.1.2.2, er det regnet ut en lengde for sitteplassen som opptas av to 99 prosentil menn, fører samt en passasjer. Verdien på lenden av eksteriøret ble her beregnet til 2481 mm. I tabell 13 er lengden på interiøret fastsatt til 2250 mm, på bakgrunn av tidligere utarbeidet interiørløsning [1.9]. Det vil si at det ikke vil bli plass til en 99 prosentil mann i baksetet. Derfor vil det bli avgjørende hvor stor personen som sitter foran er, jo mindre den personen er, jo større plass blir det for personen som blir sittende i baksetet, i og med at bilstolen justeres fremover og tilbake etter størrelsen på føreren. Det tas her mest hensyn til føreren av kjøretøyet og lavest mulig dimensjoner, derfor blir lengden på 2250 mm satt som et utgangspunkt.

Bredden på kjøretøyet der hvor fører og passasjer skal oppholde seg fikk en minsteverdi i kapittel 4.1.2.2. Den absolutt minste verdien på bredden av kjøretøyet ble her estimert til 600 mm. Dette stemmer omtrentlig med tabellen 13, hvor minste bredden ved fører setet er satt til 720 mm, mens bredden ved passasjer sete er satt til 620 mm. Verdiene er kun satt som minimumsverdier, for mest mulig ergonomi bør disse verdiene økes noe.

6.4 Tidlig vurdering av material

Materialvalg er en svært viktig del av produktutviklingen. Valg av materialer gir både muligheter og begrensninger i utviklingsprosessen. I denne prosessen bestemmes kun

materialet av skallet til karosseriet, og materialet blir valgt ut fra behov og design. Vekten på materialet bør være relativt lav, ha god styrke og formbarhet. Et kjøretøy kan bli utsatt for store belastninger, blir belastningene av materialet for stort går det utover flytgrensen og gir varige deformasjoner.

En drøfting av aktuelle materialer følger under:

Stål

Stål er det materialet som er mest brukt gjennom tidene i bilkarosserier, på grunn av sin gode styrke og formbarhet, samt at materialet er billig. Det er et materiale som er enkelt å arbeide med og kan sveises. Ved å benytte forskjellige legering av stål kan man øke styrken. Ulempen med stål er at det er tungt i forhold til konkurrerende materialer og har dårligere korrosjonsbeskyttelse. Ettersom det har blitt mer fokus på vekt i bilindustrien med tanke på miljø, har man gått mer bort fra stål som et helhetlig karosserimateriale. De fleste personbiler i dag har en blanding av stål- og aluminiumdel.

Aluminium

Aluminium er et lettmetall med bare en tredjedel av densiteten til stål. Aluminium må bearbeides for i sin rene form er det ikke særlig sterkt, men med forskjellige legeringer og varmebehandlinger får aluminium økt styrke. Materialet har god motstand mot korrosjon, da det blir dannet et naturlig oksidasjonslag over metallet. Før var det mest vanlig å bruke aluminium i noen av delene i tyngre kjøretøy som lastebiler og busser for å spare vekt. I dag er aluminium mer brukt, også noen bruker det i hele karosseriet i vanlige personbiler. En ulempe er at aluminium har lavere bruddfasthet og stivhet enn stål, derfor må tykkelsen heves for at verdiene skal være sammenlignbare, og dermed blir vekten også høyere. Til tross for dette, vil et karosseri i aluminium veie mindre enn et karosseri i stål, men ulempen er at prisen vil bli høyere.

ABS-plast

I moderne biler blir det bare mer og mer plast, ettersom plast har lav vekt og god formbarhet. Den mest brukte plasttypen er ABS-plast, som er lett og elastisk, med en god slagfasthet. ABS har gode bearbeidsegenskaper og lar seg varmeforme og sveise. ABS-plast har glatt finish som har god holdbarhet og er ment for å vare lenge. Ulempen med ABS-plast er at den kan gi et billig preg og fort gi riper i karosseriet.

Karbonfiber

Karbonfiber er et materiale som kommer til å bli mye brukt i fremtiden både på grunn av sin lave vekt og gode styrke. Den største ulempen er at karbonfiber er meget dyrt, og en annen ulempe er at det er krevende materiale å jobbe med. BMW i3 er trolig den rimeligste bilen som er laget i karbonfiber til nå. Hadde det ikke vært for den høye prisen, ville karbonfiber trolig vært mye mer brukt i dagens biler.

7 KONSEPTUTVIKLING

I dette kapitlet presenteres valgte hovedformer og deretter introduseres fire konseptskisser. Helt til slutt i kapitlet kommer designutforming av detaljer til felger, lykter og grill, men først vil forskjellige inspirasjonskilder til skissearbeidet presenteres.

7.1 Inspirasjon

Inspirasjon er blant annet hentet fra selskaper for bilbygging og design, samt enkeltbilder presentert i et moodboard.



Figur 37 Ferrari P4/5 [44]

Inspirasjon til eleganse og råskap:

Selskapet Pininfarina har gjort oppdrag for mange kjente bilmerker, og har blant annet designet Ferrari P4/5, se figur 37.



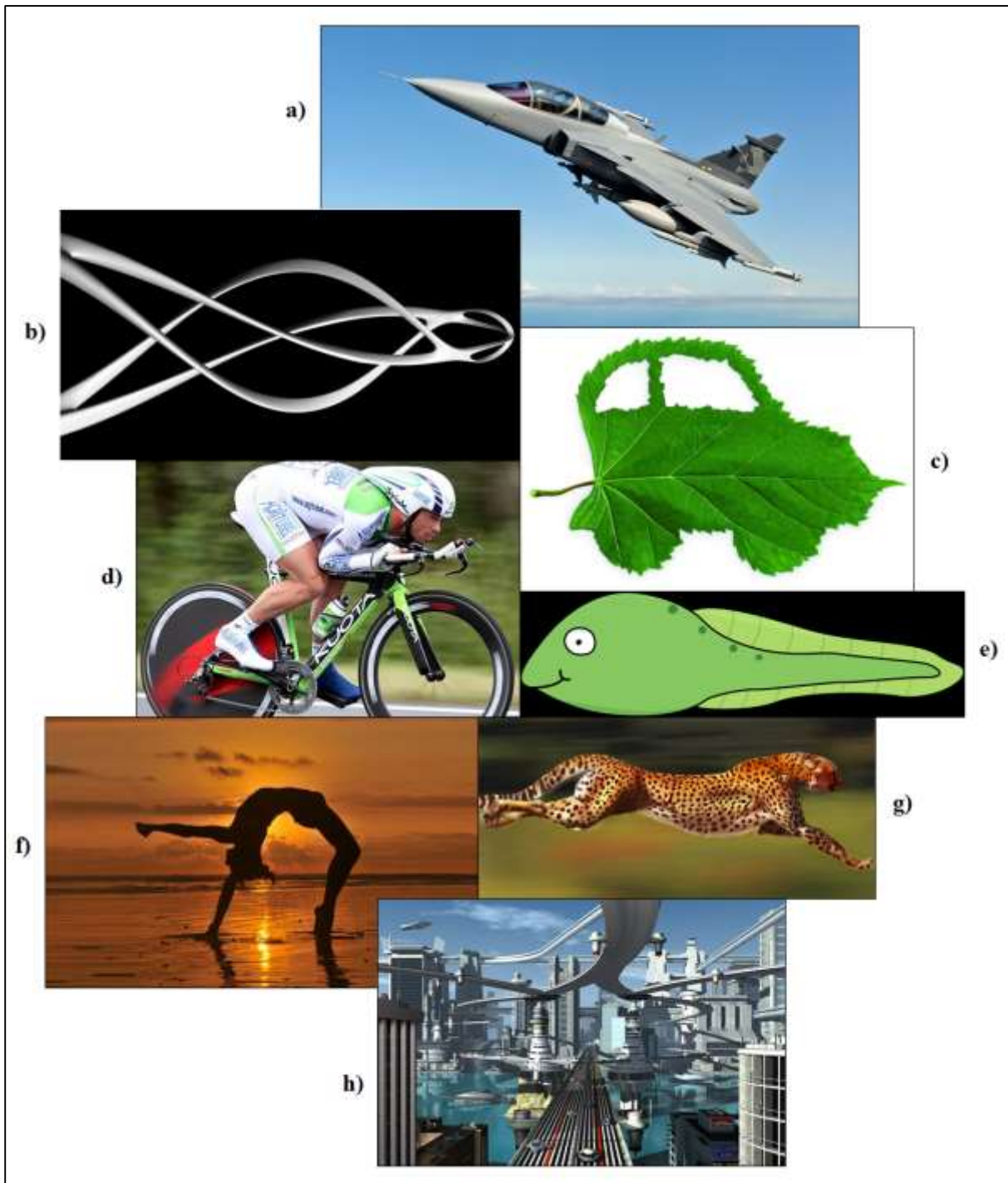
Figur 38 Lamborghini Countach [45]

Inspirasjon til uorganisk design/bryte trender:

Designhuset Bertone har designet mange modeller for Lamborghini. Countach er én av dem, visst i figur 38.

Moodboard:

Før arbeidet med skissetegning og idéutforming startet for fullt, ble det laget et «moodboard» til inspirasjon for prosessen, se figur 39 nedenfor. I naturen finnes former som er satt sammen på en logisk måte. På grunnlag av dette er det derfor hentet noen inspirasjonskilder nettopp herfra. Ordet «tadpole» betyr rumpetroll på norsk, og formen på rumpetroll er brukt som inspirasjon til formgivningen av kjøretøyet. Formen på rumpetroll kan sammenlignes med en dråpeform, noe som er hensiktsmessig med tanke på aerodynamisk flyt. Dette ble bekreftet i teoriutredningen under aerodynamikk, hvor dråpeformet bil gir en luftmotstandskoeffisient på 0,15.



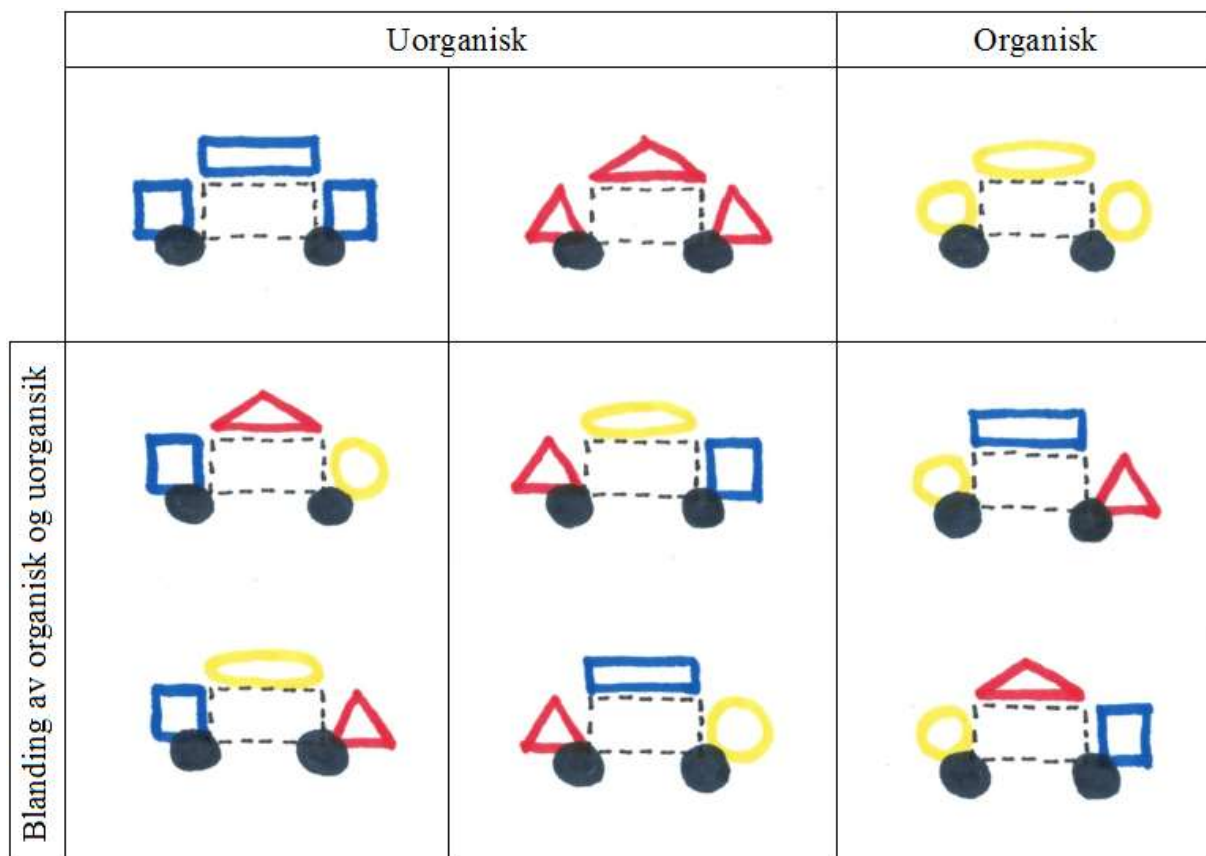
Figur 39 Moodboard som viser de forskjellige inspirasjonskildene som er brukt i oppgaven. a) Jagerfly gir inspirasjon til aggressivitet. Jagerfly har en interessant form med en spiss tupp i front for å fly mest mulig uforstyrret igjennom luften. Pilotens sikt gir inspirasjon til utforming av bilens tak [46]. b) Organiske former gir inspirasjon til letthet og lekenhet [47]. c) Her er det bilde av et blad utformet som en bil, og gir assosiasjoner til det å tenke miljøvennlig [48]. d) Syklist som prøver å få minst mulig luftmotstand [49]. e) Rumpetrollet er valgt på grunnlag av den dråpeformede utformingen [50]. f) Dynamisk form som gir kilde til energi, kraft og bevegelse. Utformingen av kjøretøyet må være smidig og bevegelig [51]. g) Gepard gir inspirasjon til fart og spenning [52]. h) Konseptet som skal utformes har til hensikt å være

moderne og fremtidsrettet, her er det hentet inspirasjon fra futurismen og bildet viser en futuristisk by [53]

7.2 Presentasjon av formkonsepter

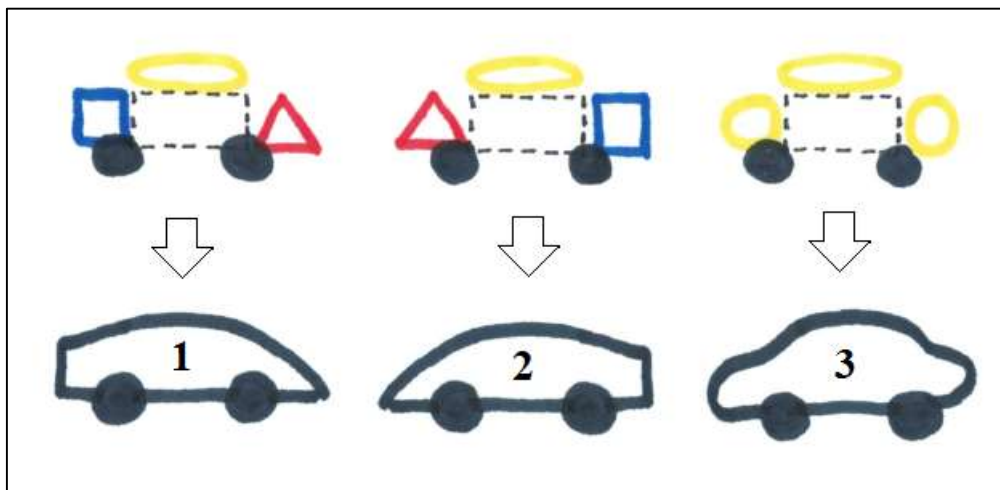
For å åpne øynene opp for ulike former er det utarbeidet en trinnvis utvikling av forskjellige grunnformer. Det er lett å tenke ensformig uten en slik fremgangsmåte, og det er også en viktig del av utviklingsfasen for å bli kjent med hvordan man ved hjelp av grunnformene firkant, trekant og sirkel kan utvikle mer sammensatte former og linjer.

I figuren under vises en oversikt over forskjellige grunnformer satt sammen for å danne ulike bilformer.













Figur 40 Viser hvordan de ulike grunnformene kan danne forskjellige bilformer. I den øverste linjen vises uorganiske og organisk form hver for seg, mens i de to neste linjene vises det hvordan man kan kombinere de tre grunnformene som kan danne ulike hovedformer

Av hensyn til aerodynamikken vil det være mest gunstig med buet tak. Jeg velger med dette som bakgrunn å ta med de tre formalternativene med ovalt tak med videre i prosessen. En ny figur viser hvordan disse tre hovedformene blir seende ut når man tegner en konturlinje rundt, se figur 41.

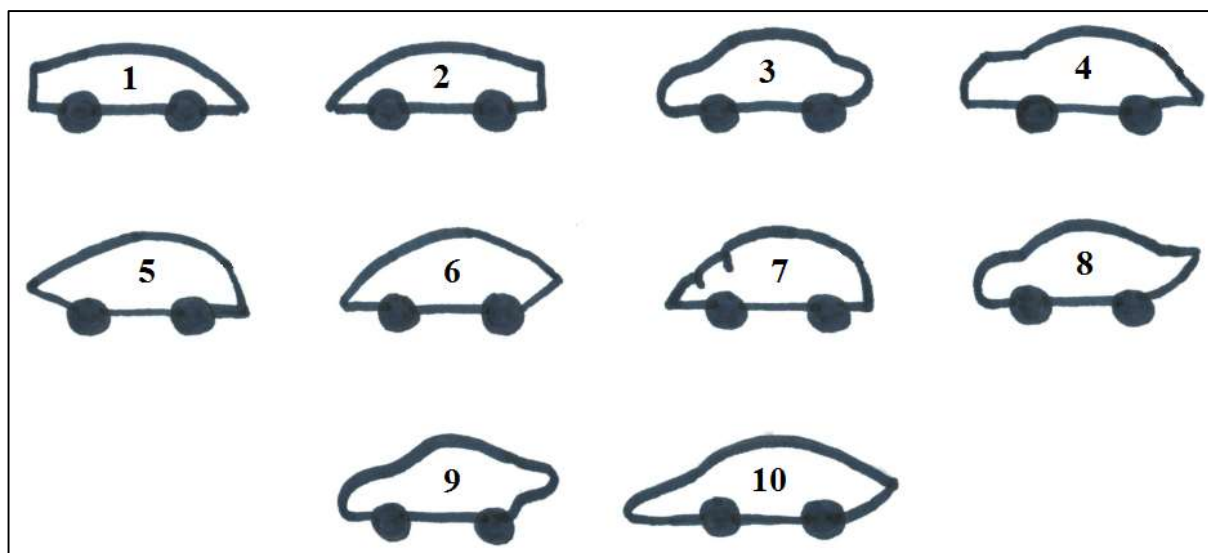


Figur 41 Viser de tre valgte hovedformene fra figur 40 sammen med konturlinje for utformingen

Ut ifra de tre valgte hovedformene dannes det ytterligere sju nye former. Ved å utføre små endringer i front og bakkant på de eksisterende hovedformene til konseptet dukker det opp flere alternativer som kan brukes som hovedform, se figur 42.

3 valgte former som utgangspunkt	Modifisering av de eksisterende formene			
				
				
				

Figur 42 Her presenteres ti forskjellige konsept for hovedform, ved kombinasjoner av ulike grunnformer. Hvor tre av de allerede er utredet i figur 41, mens de sju andre er modifisert ut fra de eksisterende formene



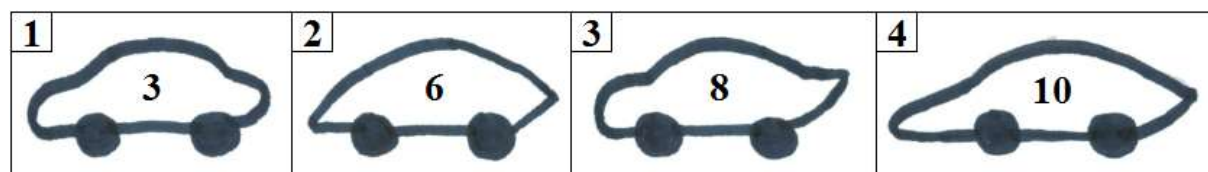
Figur 43 Her er den totale oversikten over de ulike hovedformene som har kommet frem ved hjelp av den trinnvise prosessen med ulike kombinasjoner av former. Til sammen forslag på ti hovedformer

7.2.1 Tidlig seleksjon av grunnform

Det skal velges ut fire alternative grunnformer, og for hver av disse fire formene skal det utarbeides skisser som igjen skal ble selektert ned til en hovedløsning. De fire formene er valgt ut ved hjelp av seleksjonsmatrisen under, tabell 14. De fire grunnformene med høyest rangering ble nr. 3, 6, 8, og 10.

Tabell 14 Seleksjonsmatrise for de 10 alternative grunnformene. Utvelgelsen er tatt på grunnlag av 3 kriterier og vektet med poeng fra I-III, hvor III poeng er det beste. Nr. 8 kommer best ut med åtte poeng, mens nr. 3, 6, og 10 er hakk i hel med sju poeng.

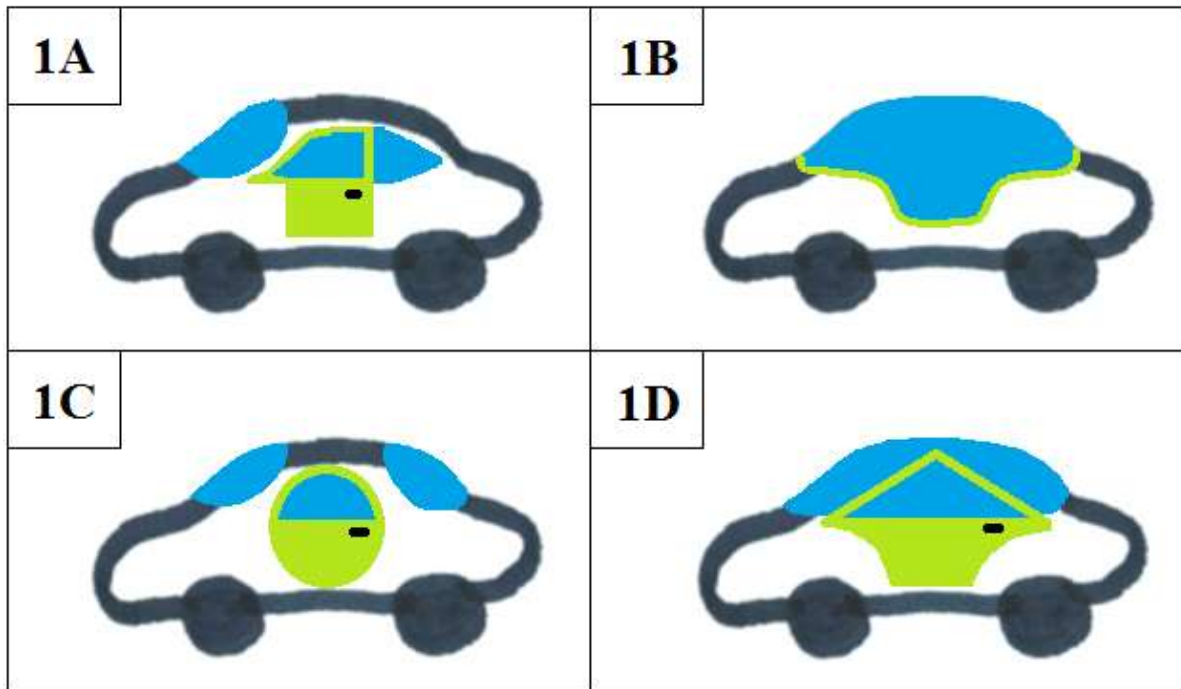
Kriterier	Nummerering av de forskjellige grunnformene									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Estetikk	I	I	III	II	I	II	I	III	I	II
Aerodynamikk	I	II	III	I	II	II	II	III	III	III
Fremtidsrettet	I	I	I	II	II	III	I	II	II	II
Sum	3	4	7	5	5	7	4	8	6	7
Rangering av de 4 beste løsningene			2			2		1		2



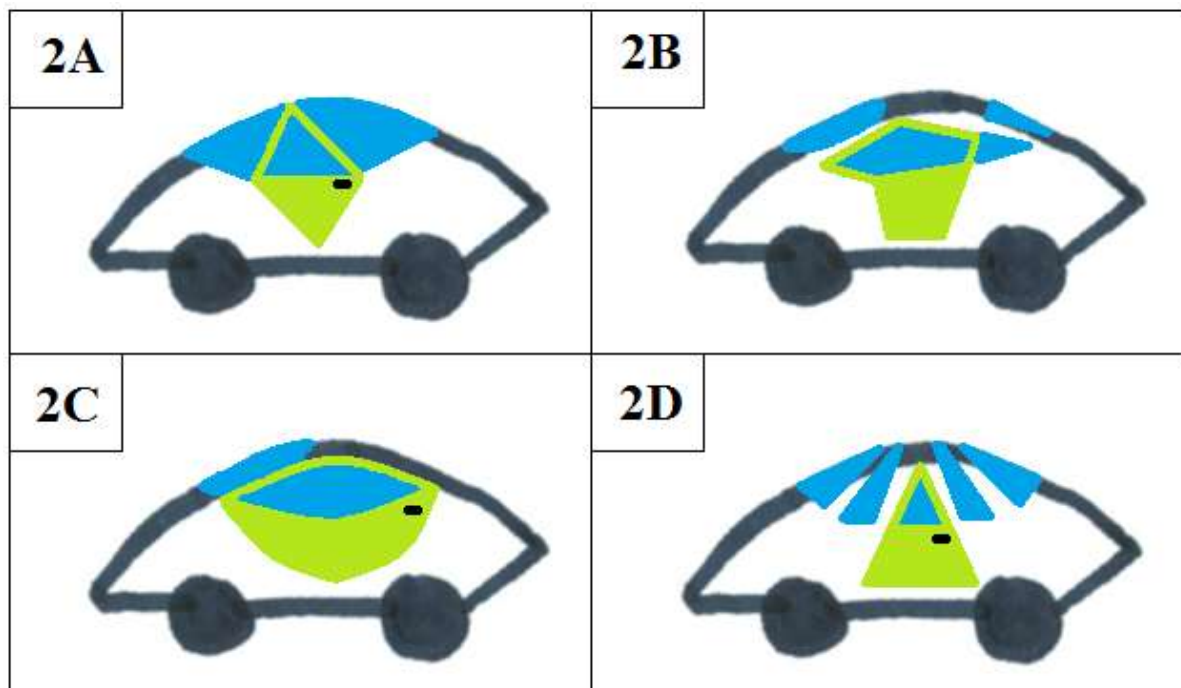
Figur 44 Re-rangering av de fire valgte formene, nå med nummerering fra 1 til 4

7.2.2 Valg av ulike dør- og vindusutforminger

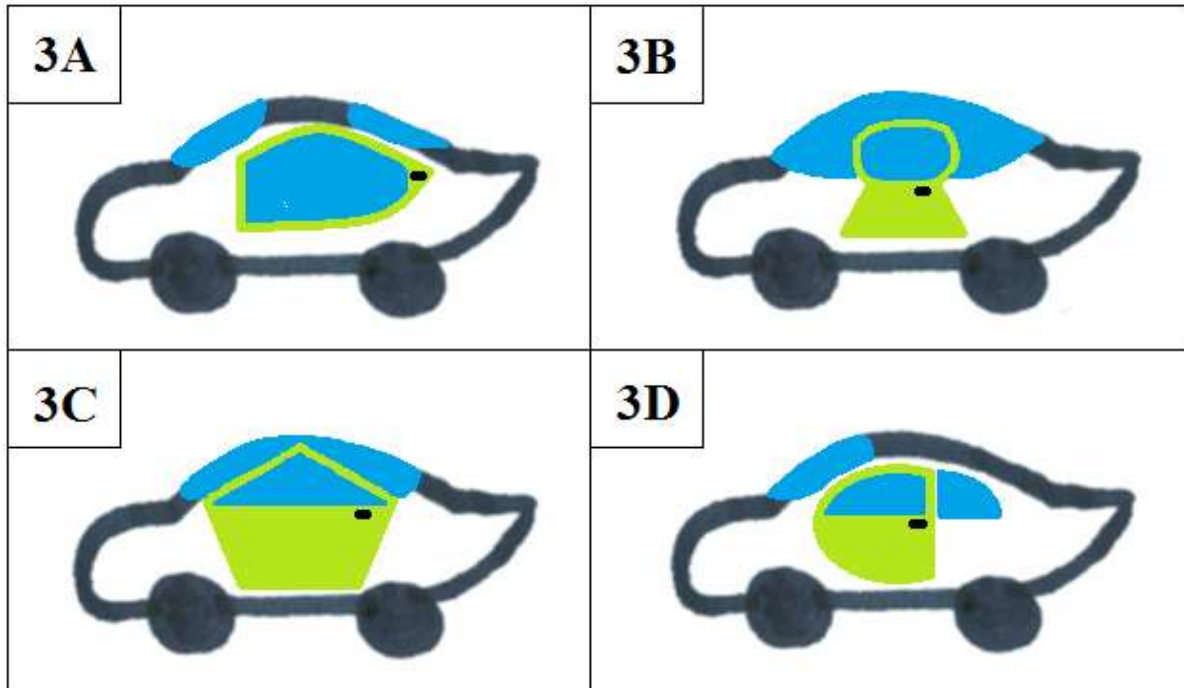
Dør- og vindusalternativer er samlet i fire forskjellige design til hver av de ulike grunnformene. De forskjellige forslagene til grunnformene 1,2,3 og 4 er vist i figur 45, 46, 47 og 48. Valget blir beskrevet i figurtekstene og er valgt ut ifra tilpasning til form, egen motivasjon og på et estetisk grunnlag. I figurene illustrerer den grønne fargen dør og døråpning mens den blå fargen illustrerer vinduer.



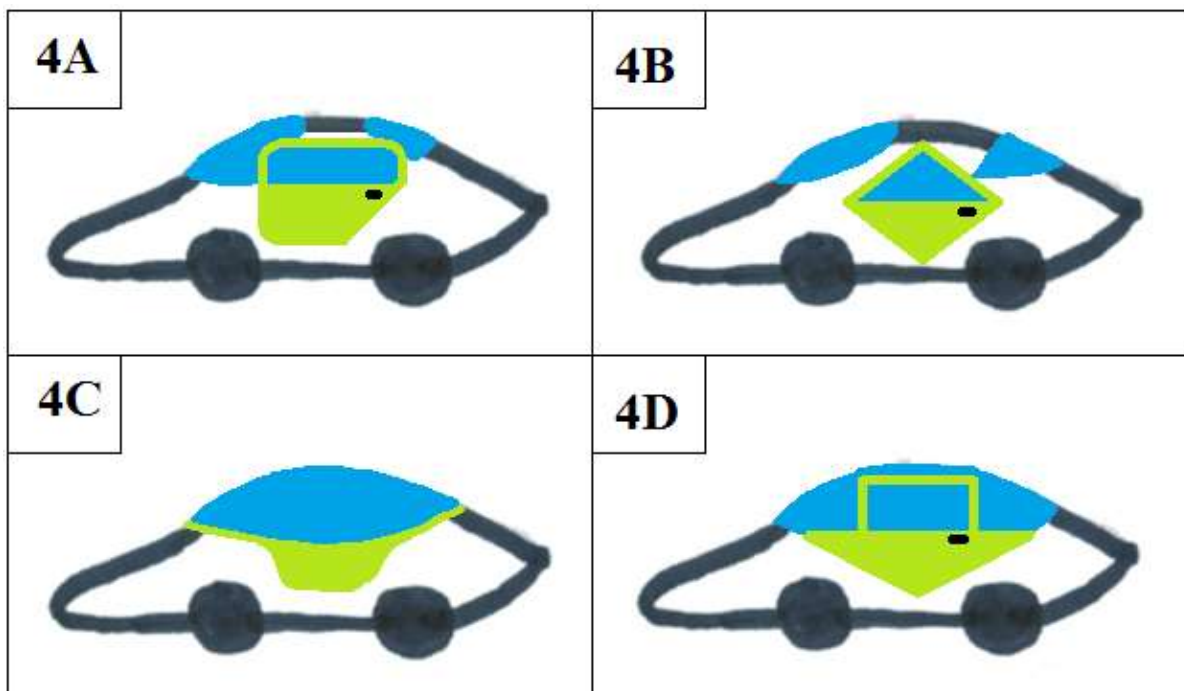
Figur 45 Konseptvalg av dør- og vindusutforming til grunnform 1. Den valgte løsningen er 1B, som er et glasstak som er hengslet i front



Figur 46 Konseptvalg av dør- og vindusutforming til grunnform 2. Valgt løsning er 2B, som passer til de spisse formene som er i grunnformen



Figur 47 Konseptvalg av dør- og vindusutforming til grunnform 3. Den valgte løsningen er 3A, hvor hele døren er i glass

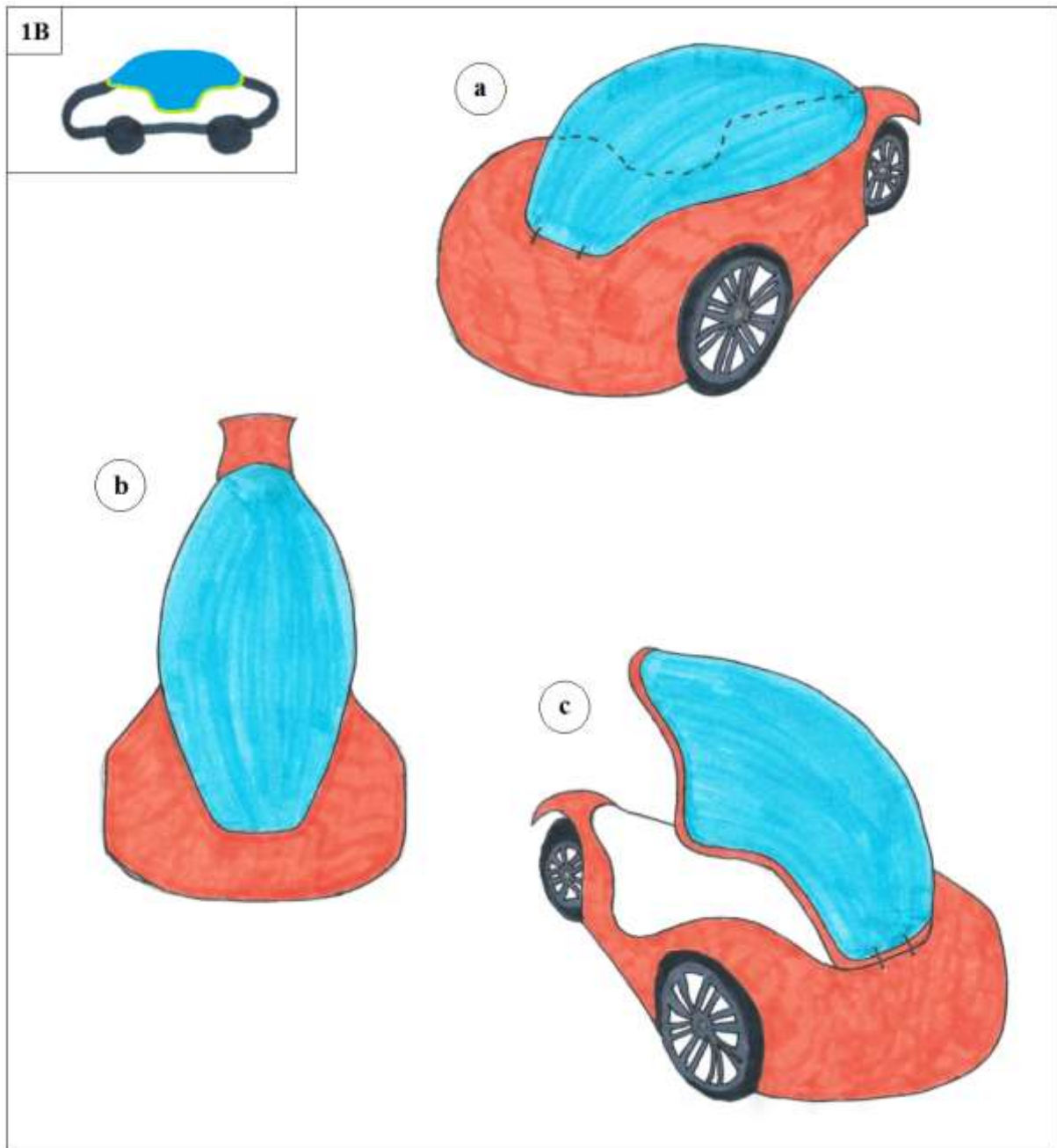


Figur 48 Konseptvalg av dør- og vindusutforming til grunnform 4. Valgt løsning er 4C, som består av et glasstak og hvor døren og glasstaket er bygget i en enhet som heises opp

7.3 Forslag til formkonsept

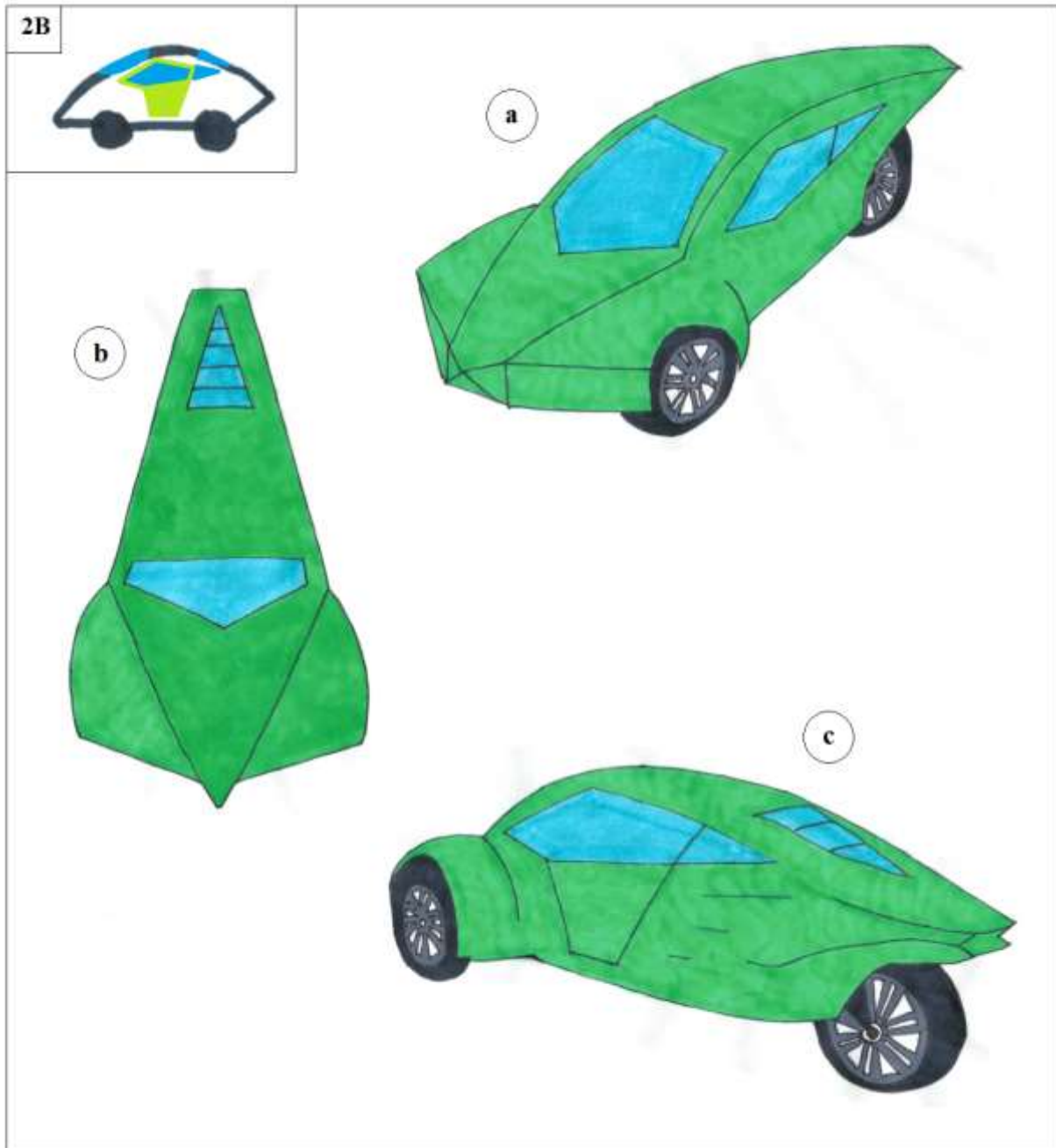
Nedenfor presenteres fire forskjellige design til de ulike formkonseptene med forhåndsvalgt dør- og vindusløsning.

Formkonsept alternativ 1: Cosmos



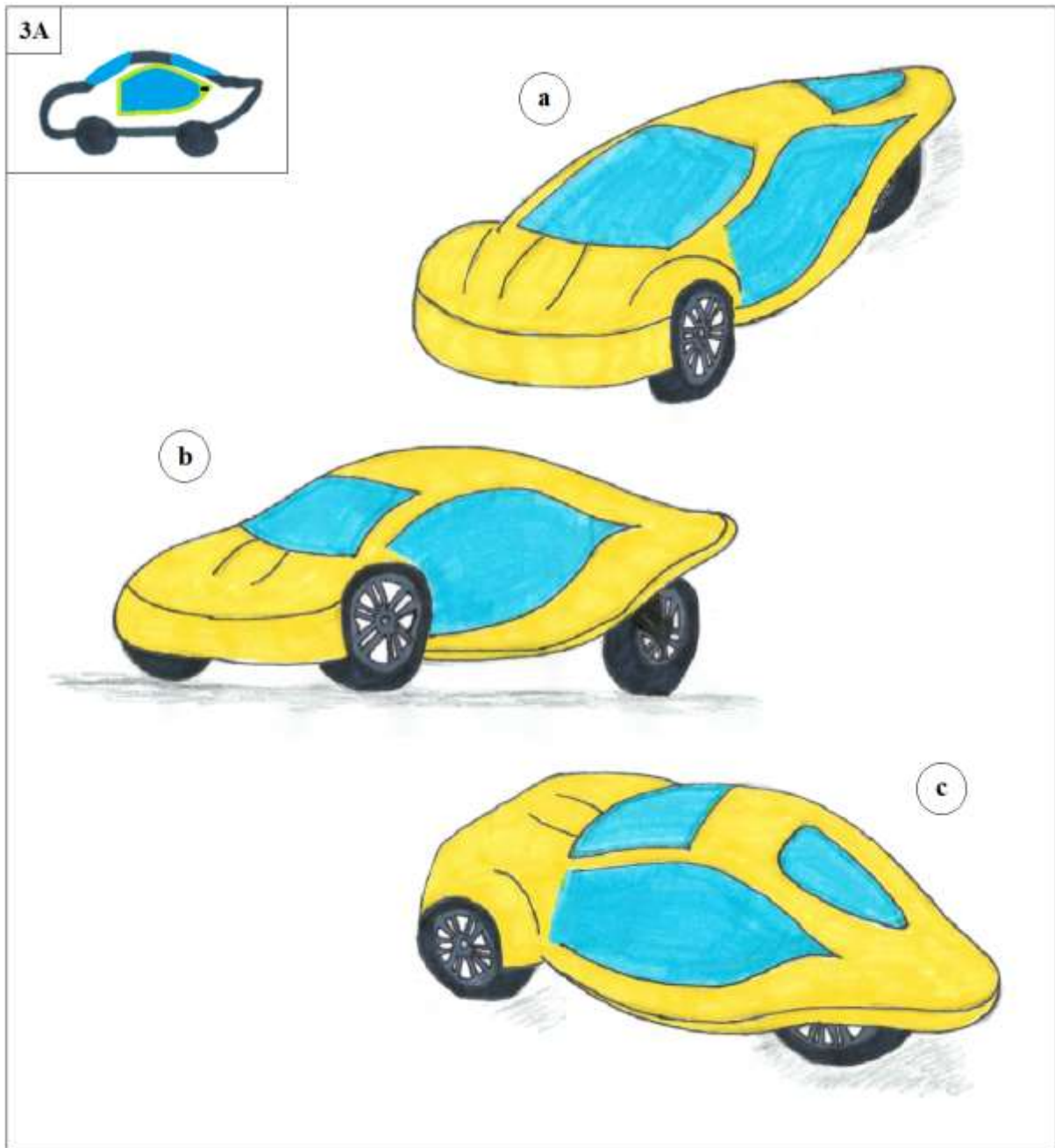
Figur 49 Designforslag til formkonsept 1; Cosmos. Cosmos er bygget opp av organiske former, og fremstår harmonisk og ordentlig på grunn av de rene linjene, men samtidig litt tøff. Designet er vist i forskjellige vinkler, hvor a) viser bilen sett sidelengs forfra ut ifra et skrått perspektiv, b) viser bilen sett ovenfra, c) viser hvordan glasstaket fungerer som døråpner for inn- og utstigning av kjøretøyet

Formkonsept alternativ 2: Angle



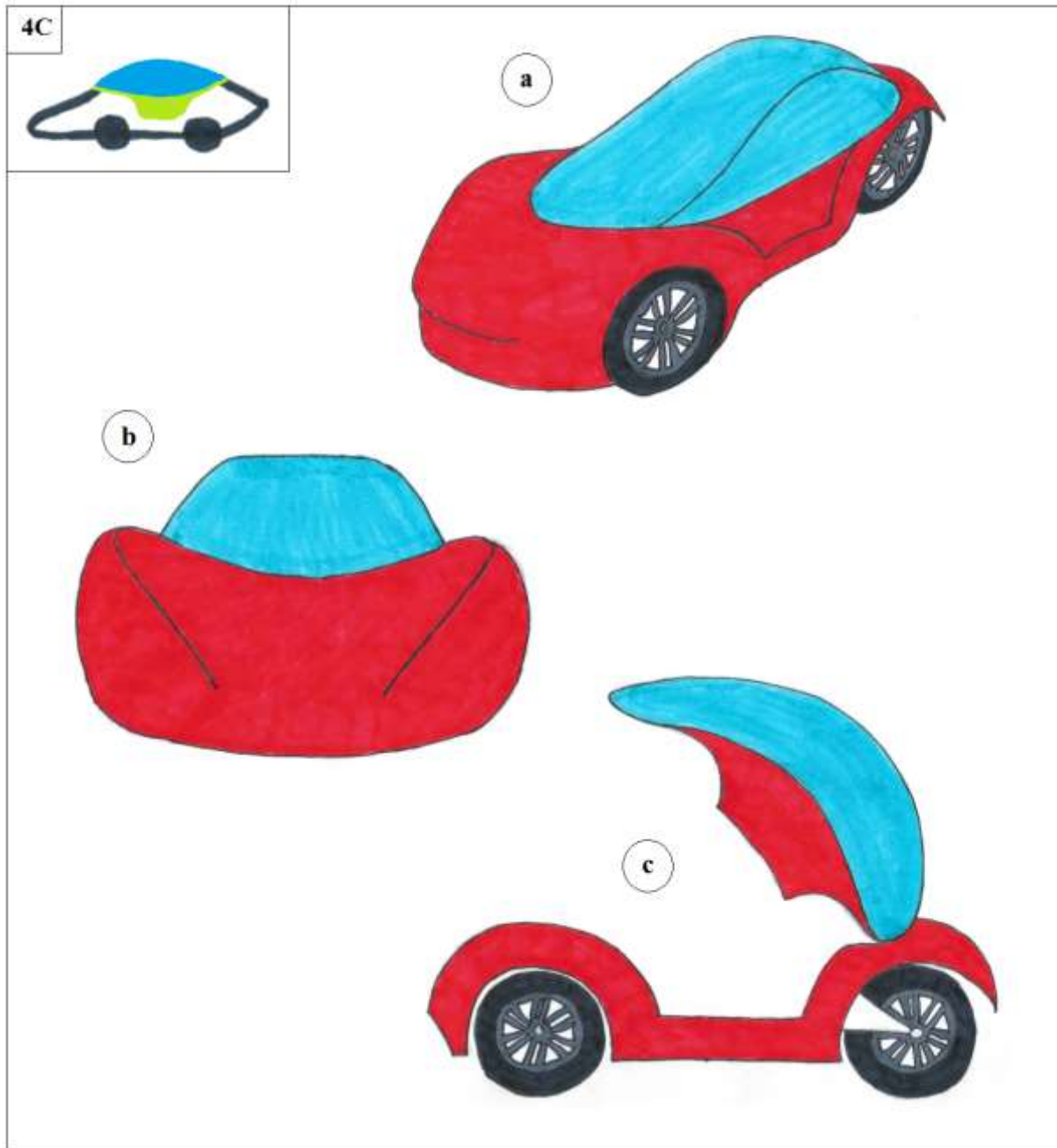
Figur 50 Designforslag til formkonsept 2; Angle. Angle er bygget opp av både organiske og uorganiske linjer, og er designet nettopp på denne måten for å skille seg ut fra de eksisterende trendene med mange organiske former. Med en slik valgt formgiving får formen et skarpere og mer aggressivt og spisst uttrykk. Dørløsningen har en vanlig hengslet dør som åpnes på et tradisjonelt vis. Designet er vist i forskjellige vinkler, hvor a) viser bilen sett sidelengs forfra ut ifra et skrått perspektiv, b) viser bilen sett ovenfra, c) viser bilen skrått bakfra

Formkonsept alternativ 3: Bella



Figur 51 Designforslag til formkonsept 3; Bella. Bella er bygget opp av kun organiske former, hvor hele døren er av glass. Linjene har fin flyt og skaper trygghet. Dørløsningen er laget som en bred vanlig dør som er hengslet på siden lik en alminnelig bildør. Designet er vist i forskjellige vinkler, hvor a) viser bilen sett sidelengs forfra ut ifra et skrått perspektiv, b) viser bilen skrått forfra med perspektivet lenger ned enn i a, c) viser bilen skrått ovenfra sidelengs

Formkonsept alternativ 4: Velu

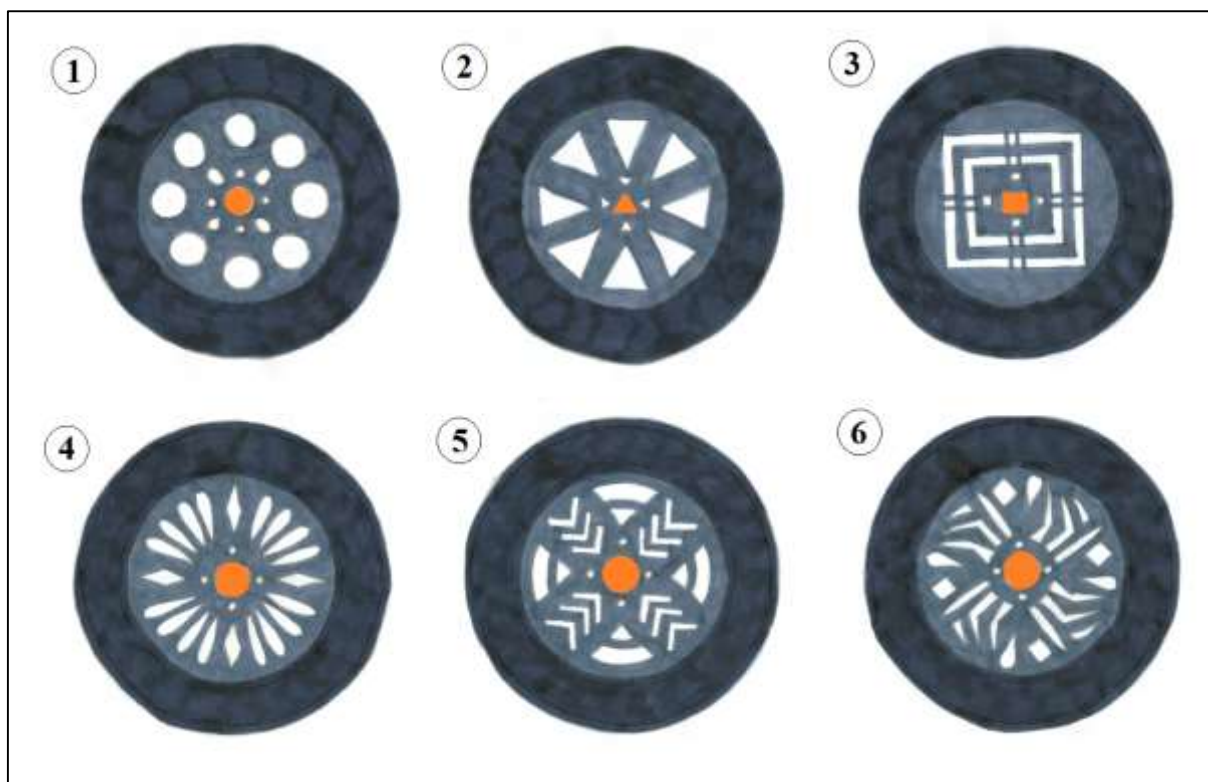


Figur 52 Designforslag til formkonsept 4; Velu. Velu er i hovedsak bygget opp av organiske former med unntak av noen uorganiske tilspisninger. Velu er den som er mest sporty av de forskjellige formalternativene. Ankomstløsningen er utformet som en noe utradisjonell dørløsning, hvor taket heves for inn- og utstigning av kjøretøyet. Designet er vist i forskjellige vinkler, hvor a) viser bilen sett sidelengs forfra ut i fra et skrått perspektiv, b) viser bilen sett forfra, c) viser hvordan dørløsningen fungerer, døren er innebygd i samme del som taket, hvor taket er utformet som en glasskuppel

7.4 Designdetaljer

7.4.1 Felgdesign

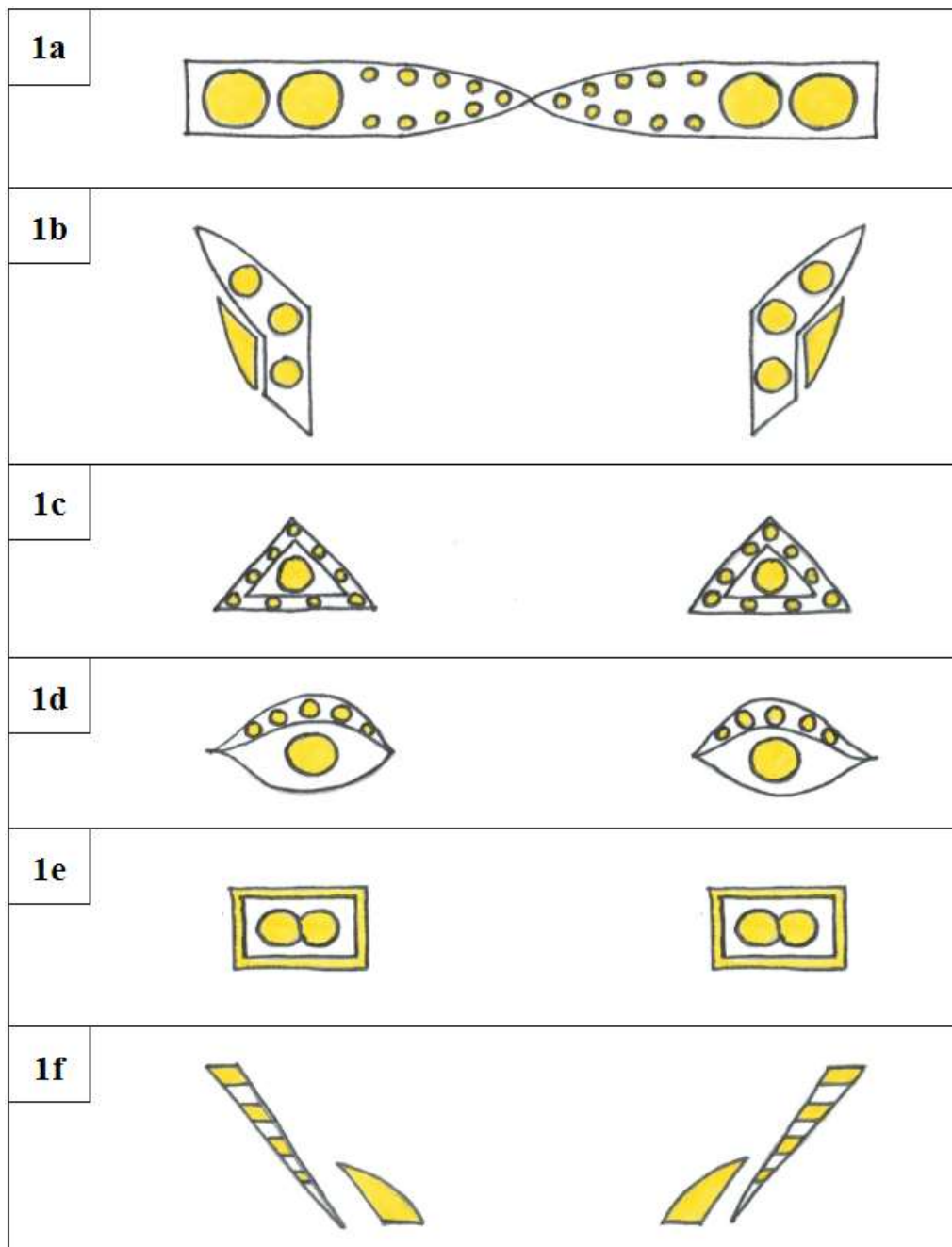
Kjøretøyets felger skal sørge for god sikkerhet og kjørekomfort. Felgdimensjonen som her skal brukes er på 17*5". I midten av felgen vil det vanligvis være et hull til sentrering av felgen og for å feste felgen til hjulnavet med bolter. Bolteantall er normalt 4-8 stykker. 6 forskjellige designforslag til felgen som skal brukes til Dolphin Expression 2.0 har blitt utformet. Det er kun tatt hensyn til selve utformingen av yttersiden, det visuelle. De tre første alternativene baserer seg bevisst på bruken av de tre grunnformene, sirkel, trekant og firkant, mens de 3 siste forslagene kombinerer bruken av ulike former. Det er valgt å fremstille felgen sammen med dekket for å få et bedre inntrykk av designet og hvordan det vil se ut på kjøretøyet, se figur 53.



Figur 53 Skisse av 6 ulike felgdesign. Sentrering av felgen er merket med oransje, og her kan det eventuelt plasseres logo som er laget i en tidligere oppgave. 1) Her er designet bygget opp av kun runde former og har et ganske stilrent uttrykk. 2) Designet her er bygget på trekantede former og har et enkelt design. 3) Her er felgdesignet laget av firkantede former, noe som ikke er så veldig vanlig å se. 4) Designet her er bygget opp av både runde og kantede former, såkalt dråpeform og rombe. 5) Utformingen på dette designet er litt spesielt samtidig som det er noe interessant ved det. Designet domineres av spisse former, og det kan virke noe tungt, med har samtidig en god orden. 6) Her kan designet virke noe rotete, ettersom det er mange former som er samlet på et lite areal. Personlig er det dette designet som er mest inn i tiden og uttrykker røffhet. Designet er bygget opp av mange forskjellige former, som blant annet spisse trekantede former, dråpeform og rombe.

7.4.2 Lykter

I figur 54 presenteres 6 ulike designalternativer til hvordan frontlyktene kan se ut. Når det gjelder baklykten, så vil det ikke bli laget designalternativer. Baklykten kommer til å bli tilpasset valgt designløsning for frontlyktene, og vil bli vist etter modelleringsfasen. For at lyktene skal passe inn under modelleringen tas det forbehold om noen små justeringer i designet. Det blir mer og mer vanlig å bruke lysdioder i lyktene på kjøretøy, noe som preger designalternativene.

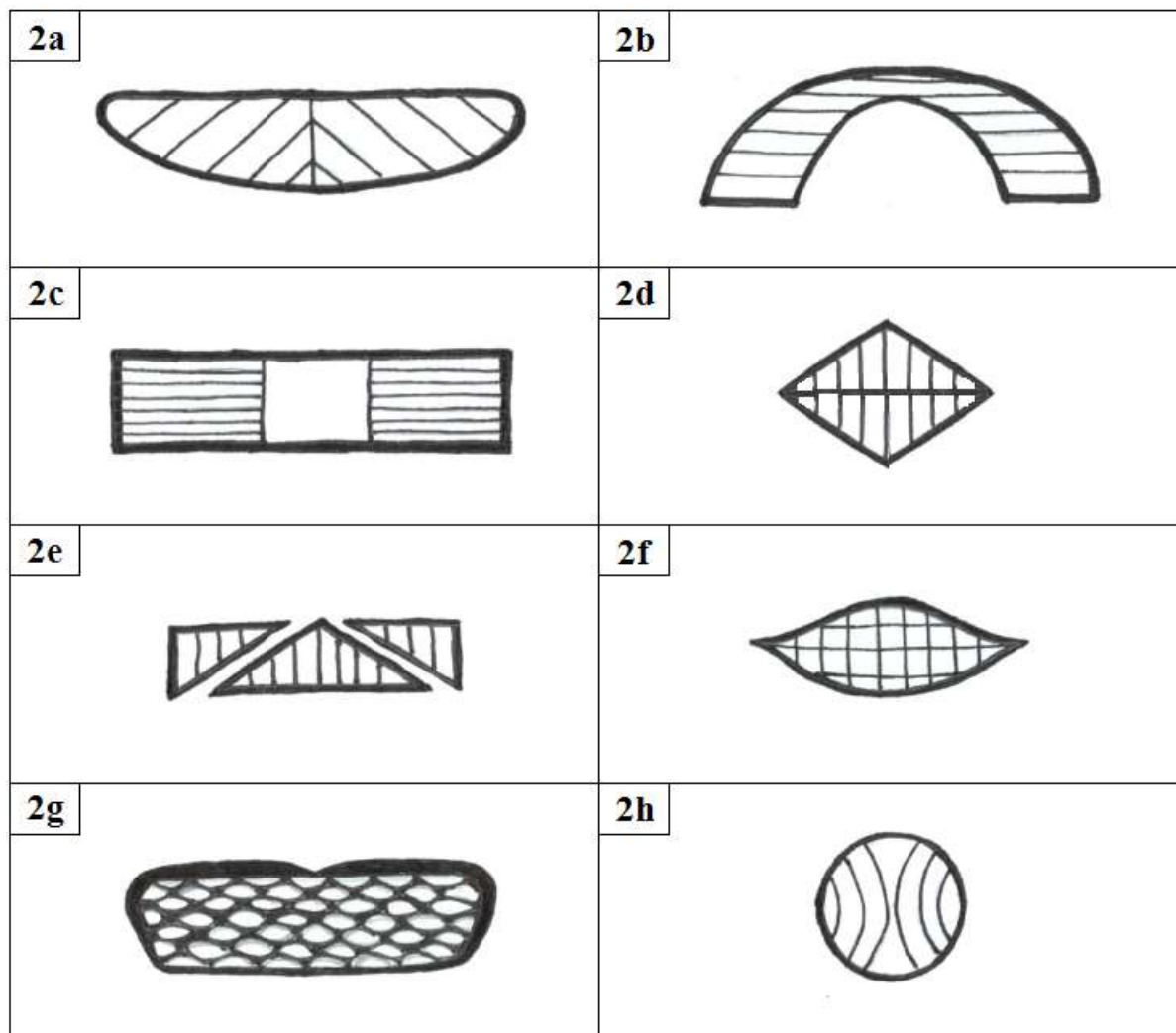


Figur 54 Skisse av 6 ulike design av frontlykter. 1a) har en løsning hvor lyktene brer seg langs hele fronten. Lykten har små dioder i midtpartiet og to sterkere lyskilder ut på sidene. 1b) er bygget opp av to spisse lyskilder som ligger ved siden av hverandre, og gir et røft og aggressivt uttrykk. 1c) har en trekantet form hvor den kantete formen er markert med lysdioder rundt hovedlyskilden. 1d) er utformet som et øye, her er øyelokkene markert med lysdioder over

hovedlyskilden som illustrerer pupillen i øyet. 1e) har en firkantet form med organiske lyspunkt i midten. 1f) er den formen som uttrykker mest aggressivitet, med spisse kanter i alle hjørner.

7.4.3 Grill

Grillen på en bil kan sammenlignes med en nese. Grillen plasseres vanligvis i midten av fronten på kjøretøyet og sørger for at luft får mulighet til å passere inn. Designet på fronten av bilen spiller en viktig rolle for å tiltrekke kjøpere. Grillen er et av de viktigste visuelle komponentene sammen med lyktene for å danne et attraktivt utseende og en identitet som lar oss kjenne igjen biler fra de forskjellige produsentene. I figur 55 er det designet 8 forskjellige griller.



Figur 55 Skisse av 8 forskjellige formalalternativer til hvordan grillen på kjøretøyet kan se ut. 2a) er utformet som en halv ellipse og har en ganske enkel form. 2b) har en buet form med 180 graders vinkel. 2c) består av en rektangulær form med rene linjer. 2d) har form som en rombe, hvor alle fire sidene har lik lengde. 2e) består av tre trekantede former som til sammen danner et rektangel. 2f) utformingen har en buet form som kan gi assosiasjoner til en leppe. 2g) er sammensatt av mange små ovale former omkranset med en organisk bue. 2h) er utformet som en sirkel og har en ganske enkel og ren form.

7.4.4 Speil

Når det kommer til speil var kravet at det minst skulle være to utvendige speil, slik det er på vanlige personbiler. Det er her valgt å sløyfe speil helt og heller bruke kamerateknologi, noe som går mot reglene i Kjøretøyforskriften, men som forsvares med at dette er et fremtidsrettet prosjekt og primært et formkonsept. Blant annet er dette blitt gjort på Volkswagen XL1, hvor utvendige sidespeil er erstattet av kamera. Mange bilfabrikanter ønsker å integrere kamerateknologi i stedet for utvendige speil, blant annet Tesla Motors. Dette viser at sidespeil er på vei ut, og at det mest sannsynlig vil bli endringer i regelverket på sikt. Figur 56 viser Tesla Model X uten sidespeil [54] og Audi modell R8 e-tron med digitalt bakspeil [55].



Figur 56 Bildet til venstre viser Tesla Modell X uten sidespeil, mens bilde til høyre viser Audi R8 e-tron med digitalt bakspeil [54][55]

Valget om å sløyfe speil er gjort på bakgrunn av luftmotstand, ettersom utstikkende speil øker motstanden. For at oversikten rundt bilen skal bli like bra uten speil, må det integreres to bakovervendte kameraer og det må plasseres en skjerm på hver side inni førerrommet, som må plasseres i samme retning og vinkel som vanlige utvendige speil. Skjermene må ha fargedisplay som viser farger om dagen og som automatisk går over til infrarødt når det blir mørkt. Det bør også kobles til sensor som varsler om andre kjøretøy kommer for nærme, for å hindre påkjøresulykker. Det vil også være praktisk å ha ryggekamera som viser kjøretøyets plassering ved rygging samt følelsessensorer som piper hvis noe kommer for nært kjøretøyet.

For å opprettholde en god sikkerhet vil det også bli installert Adaptive Cruise Control (ACC), med et avansert radarsensorsystem. Når ACC er aktivert vil kjøretøyet automatisk bremse opp når kjøretøyet foran bremses og samtidig øke farten hvis forankjørende øker hastigheten. Dette er et sikkerhetssystem for å opprettholde en viss avstand til forankjørende. Ved hurtig oppbremsing vil ACC oppfatte fartsreduksjonen hurtigere enn hva vi mennesker er i stand til, og dermed redusere faren for å kolliderer i kjøretøyet foran.

8 EGENSCREENING OG KONSEPTVALG

Dette kapitlet skal ta for seg utvelgelsesfasen til de forskjellige formkonseptene til det står igjen et hovedkonsept. Deretter blir det valgt detaljer som felg, lykter og grill. Evalueringer gjøres ut ifra seleksjonsmatriser til designet er komplett.

8.1 Utvikling av seleksjonsmatrise for hovedkonsept

Ved utvelgelse av hovedform er det laget en seleksjonsmatrise med forskjellig vektning av de ulike kriteriene, se tabell 15. Dette er gjort for å få en mer detaljert utvelgelsesprosess, siden hovedform anses som den viktigste utvelgelsen.

Forklaring av kriteriene som ligger til grunn for valg av hovedform:

- **Ergonomi:**
Hvor brukervennlig er produktet med hensyn til menneskelige mål og bevegelser som skal kjøres under kjøring og ved med tanke på adkomst inn i kjøretøyet
- **Sikt:**
Hvordan er sikten rundt kjøretøyet. Av sikkerhetsmessige grunner bør føreren ha god sikt rundt kjøretøyet
- **Aerodynamikk:**
Hvor optimale er arealkombinasjonene, og hvor effektiv er formen med tanke på luftmotstanden som skal sirkle over kjøretøyet?
- **Estetikk:**
En personlig vurdering av hvor elegant formene er, og hvor godt formene danner en fin og helhetlig kjøretøysutforming
- **Realistsk:**
Hvor virkelighetsnær løsningen er; samsvarer det med virkeligheten og i hvilken grad er det realiserbart
- **Originalitet:**
Personlig vurdering av hvor særegent produktet er. For meg er originalitet noe som har et særpreg og som skiller seg litt ut i mengden av eksisterende løsninger
- **Kompleks:**
Hvor avansert, omfattende og tidkrevende er løsningen, i hvilken grad vil løsningen være mulig å håndtere i forhold til om formene har vanskelige vinkler og krumninger?
- **Kompetanseutvikling:**
Hva vil jeg lære mest av å utvikle? Masteroppgaven bør være en læringsprosess hvor man utvikler sin kompetanse
- **Motivasjon:**
Hva vil jeg selv jobbe videre med

Vekting av de forskjellige kriteriene:

- **15%:**
Estetikk, realistisk og motivasjon er kriteriene som jeg har sett på som viktigst, og derfor blir disse tre vektet med 15%. Det er for meg viktig at det endelige resultatet ser estetisk pent ut, noe jeg kan identifisere meg med og noe jeg selv ville brukt. For at prosjektet skal ha en fremtid må det være realistisk å gjennomføre, formen må gjenspeile

virkeligheten. Sist men ikke minst må motivasjon ligge til grunn for å sikre et godt resultat.

➤ **10%:**

Ergonomi, sikt, aerodynamikk, originalitet samt kompetanseutvikling er vektet med 10 % grunnet at disse kriteriene er essensielle i utviklingen for masteroppgavens målsetting

➤ **5%:**

Kompleksitet er det eneste kriteriet som er vektet med 5%. Grunnen til dette er at alle de fire løsningene sees på som forholdsvis jevne (Her vil det gis høyest poeng for lavest kompleksitet)

Tabell 15 Seleksjonsmatrise for valg av hovedkonsept med vektete kriterier. Poengskalaen går fra 1-5, hvor 5 er best

Kriterier	Vekting	4 konseptformer:							
		Alt. 1 Cosmos		Alt. 2 Angle		Alt. 3 Bella		Alt. 4 Velu	
		poeng	sum	poeng	sum	poeng	sum	poeng	sum
Ergonomi	10%	4	0,4	2	0,2	3	0,3	4	0,4
Sikt	10%	5	0,5	4	0,4	4	0,4	5	0,5
Aerodynamikk	10%	3	0,3	3	0,3	5	0,5	4	0,4
Estetikk	15%	4	0,6	5	0,75	3	0,45	5	0,75
Realistisk	15%	5	0,75	5	0,75	5	0,75	5	0,75
Originalitet	10%	3	0,3	5	0,5	2	0,2	3	0,3
Kompleks	5%	1	0,05	3	0,15	3	0,15	1	0,05
Kompetanse - utvikling	10%	5	0,5	4	0,4	4	0,4	5	0,5
Motivasjon	15%	4	0,6	5	0,75	1	0,15	5	0,75
Vektet sum	100%	4		4,2		3,3		4,4	
Rangering		3		2		4		1	
Beste løsning								☺	

Kommentar til seleksjon av hovedkonsept:

Ut ifra screeningen i tabell 15 var det konseptform alternativ 4 (Velu) som kom best ut med en vektet sum på 4,4. Det skal nå videre tilføyes detaljer til valgt hovedkonsept, slik at resultatet til slutt blir et mer helhetlig eksteriørkonsept.

8.2 Seleksjonsmatriser for utvelgelse av detaljer

Felgdesign

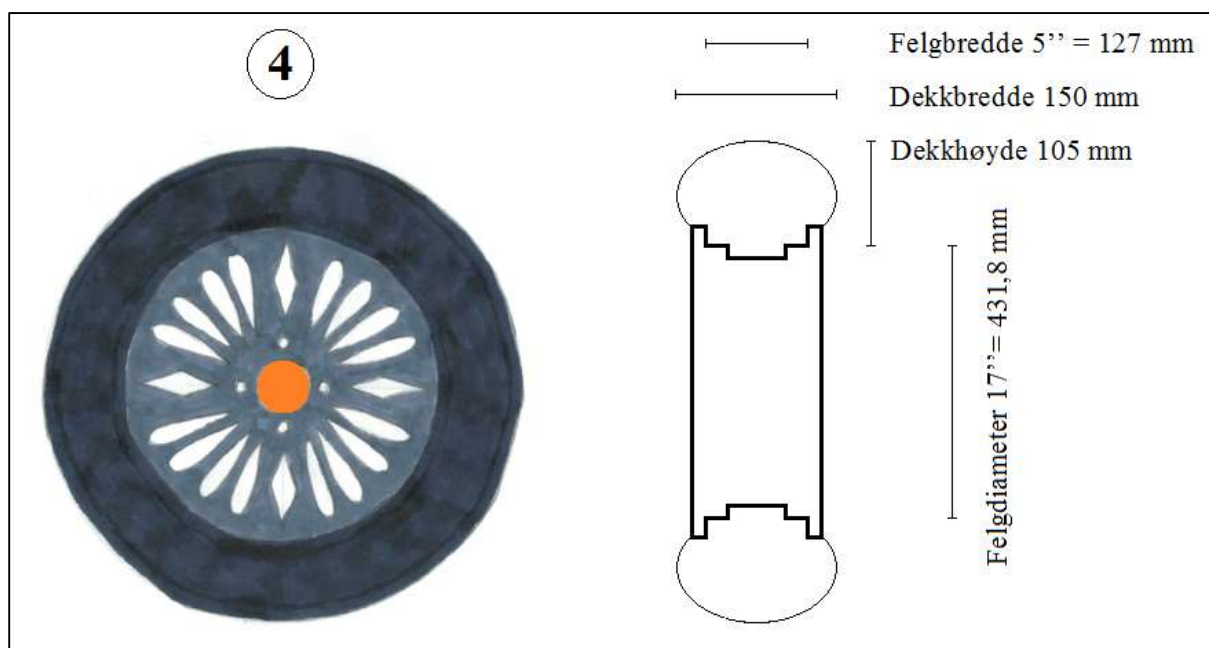
Kriteriene som legges til grunn i seleksjonsmatrisen for valg av felgdesign er som følger:

- **Estetikk:** Hvor pene felgene er å se på, utformingen må ikke se rotete ut. Felgdesign er viktig for mange kjøpere, og her legges det ofte litt ekstra penger i et pent design.
- **Originalitet:** I hvor stor grad er felgdesignet originalt, det vil si et design som skiller seg ut i mengden og som har særpreget
- **Renhold:** I hvilken grad vil det være lett å rengjøre felgene, noen utformingen kan føre til vanskeligheter når det kommer til renhold
- **Styrkeforhold:** Felgen må lages med et godt styrkeforhold, tynt gods mellom utskjæringene vil føre til deformasjoner i felgen
- **Tilpasning til valgt formkonsept:** Hvilken løsning passer best til den valgte hovedformen?

I tabell 16 er det valgt en designløsning for hvordan felgen skal se ut, og hvor det valgte designet er vist i figur 57. Ved hjelp av seleksjonsmatrisen er den foretrukne løsningen felgnummer 4 med full score på alle kriterier. Felgnummer 4 kom best ut, men slo andre plasser, felgnummer 6 kun med tanke på renhold. Alt i alt var disse designløsningene ganske jevne.

Tabell 16 Seleksjonsmatrise for valg av felgdesign vist i kapittel 7.4.1 med tilhørende felgnummer og kriterier. Utvelgelsen er basert på pluss- og minusvurdering ut ifra en personlig bedømmelse av kriteriene satt opp mot de forskjellige designløsningene. Med en slik vurdering blir det enten eller, ikke noe vurderes midt på treet.

Kriterier \ Felgnummer	1	2	3	4	5	6
Estetikk	+	-	-	+	-	+
Originalitet	-	-	+	+	+	+
Renhold	+	+	-	+	-	-
Styrkeforhold	+	+	-	+	+	+
Tilpasning til valgt formkonsept	-	-	-	+	-	+
Sum av « + » 'er	3	2	1	5	2	4
Sum av « - » 'er	2	3	4	0	3	1
Poeng	1	-1	-3	5	-1	3
Rangering	3	4	5	1	4	2



Figur 57 Valgt løsning for felgdesign med oversikt over dimensjoner for hele hjulet brukt videre i modelleringsfasen

Lyktdesign

Kriteriene som legges til grunn i seleksjonsmatrisen for valg av lyktdesign er som følger:

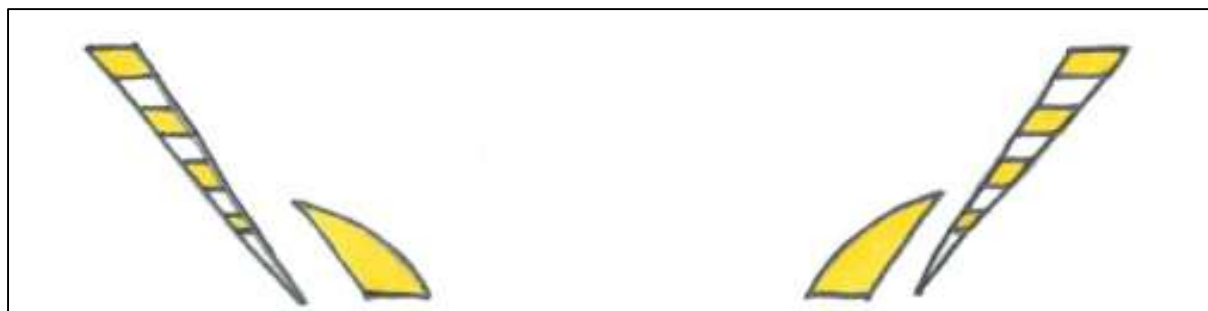
- **Estetikk:** Hvilket design har den mest stilrene utformingen?
- **Fremtidsrettet:** Her sees det etter en helhetlig fremtoning som gjør at designet fremstår som interessant og annerledes, og som ansees som moderne om noen år
- **Moderne:** I hvor stor grad er designet moderne i tiden vi lever i? Valg av utforming baseres seg ofte ut fra trender
- **Lysavgivning:** I hvilken grad vil lysene avgi tilstrekkelig med lys?
- **Tilpasning til valgt formkonsept:** I hvilken grad vil designet på lyktene passe inn i det valgte formkonseptet?

Ved hjelp av seleksjonsmatrisen i tabell 17, er det valgt ut et aggressivt design for lyktene som skal brukes i Dolphin Expression 2.0. Lyktnummer 1f kom best ut sett opp mot de valgte kriteriene. Valgt design er vist i figur 58.

Tabell 17 Seleksjonsmatrise for valg av lyktdesign vist i kapittel 7.4.2 med tilhørende lyktnummer og kriterier. Utvelgelsen er basert på fem kriterier og vektet med poeng fra I-III, hvor III poeng er det beste.

Kriterier	Lyktnummer					
	1a	1b	1c	1d	1e	1f
Estetikk	II	II	I	III	I	II
Fremtidsrettet	I	II	III	II	II	III
Moderne	II	III	I	II	I	III

Lysavgivning	III	II	II	II	III	II
Tilpasning til valgt formkonsept	I	II	I	III	I	III
Sum	9	11	8	12	8	13
Rangering	4	3	5	2	5	1
Beste lyktedesign						☺



Figur 58 Illustrasjon av valgt lyktedesign

Design av grill

Kriteriene som legges til grunn i seleksjonsmatrisen for valg av design på grillen, er de samme kriteriene som er valgt for lyktedesign, sett bort fra kriteriet om lysavgivning. For en forklaring av kriteriene brukt i seleksjonsmatrisen for valg av grill, se kriteriene under lyktedesign. I tabell 18 velges det ut hvordan grillen på kjøretøyet skal se ut.

Tabell 18 Seleksjonsmatrise for valg av grilldesign vist i kapittel 7.4.3 med tilhørende grillnummer og med kriterier. Utvelgelsen er basert på fem kriterier og vektet med poeng fra I-III, hvor III poeng er det beste.

Kriterier	Grillnummer							
	2a	2b	2c	2d	2e	2f	2g	2h
Estetikk	III	II	I	II	II	III	I	II
Fremtidsrettet	I	II	II	II	III	II	I	II
Moderne	III	II	I	II	III	II	II	I
Tilpasning til valgt formkonsept og lyktedesign	III	III	I	II	I	II	II	II
Sum	10	9	5	8	9	9	6	7
Rangering	1	2	6	3	2	2	5	4
Beste grilldesign	☺							

Resultatet av screeningen viser at grillnummer 2a kom best ut med flest poeng. Ut ifra seleksjonsmatrisen ser man at det var flere løsninger som lå som en god nummer to, og at det

var jevnt over mange designforslag som fikk høy poengscore. I figuren nedenfor, figur 59 vises designet av grillen som kom best ut.

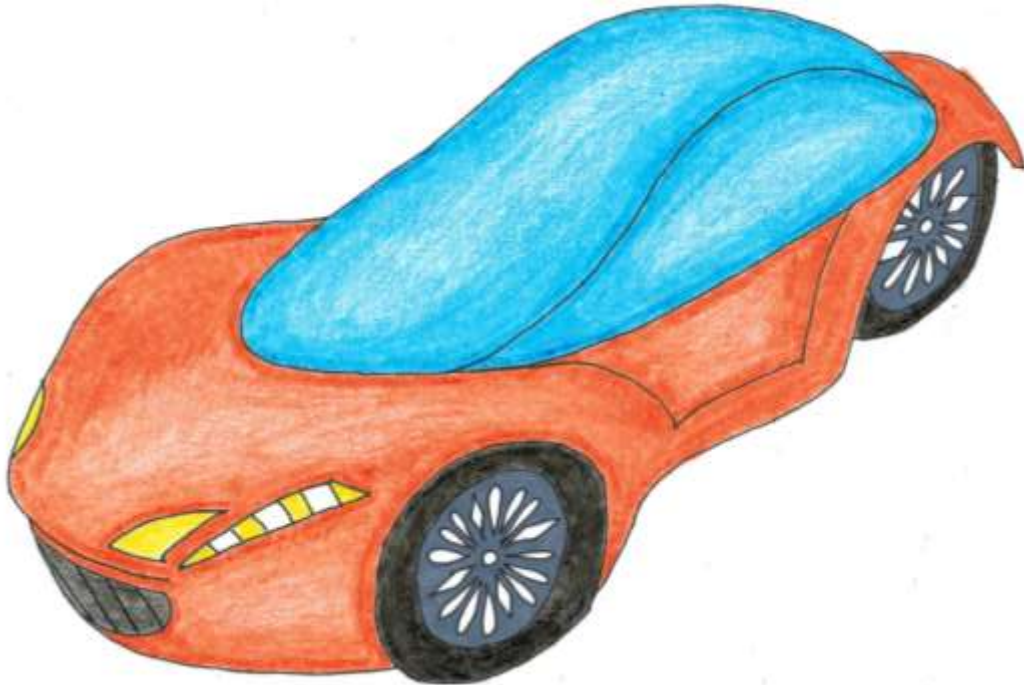


Figur 59 Illustrasjon av valgt grilldesign

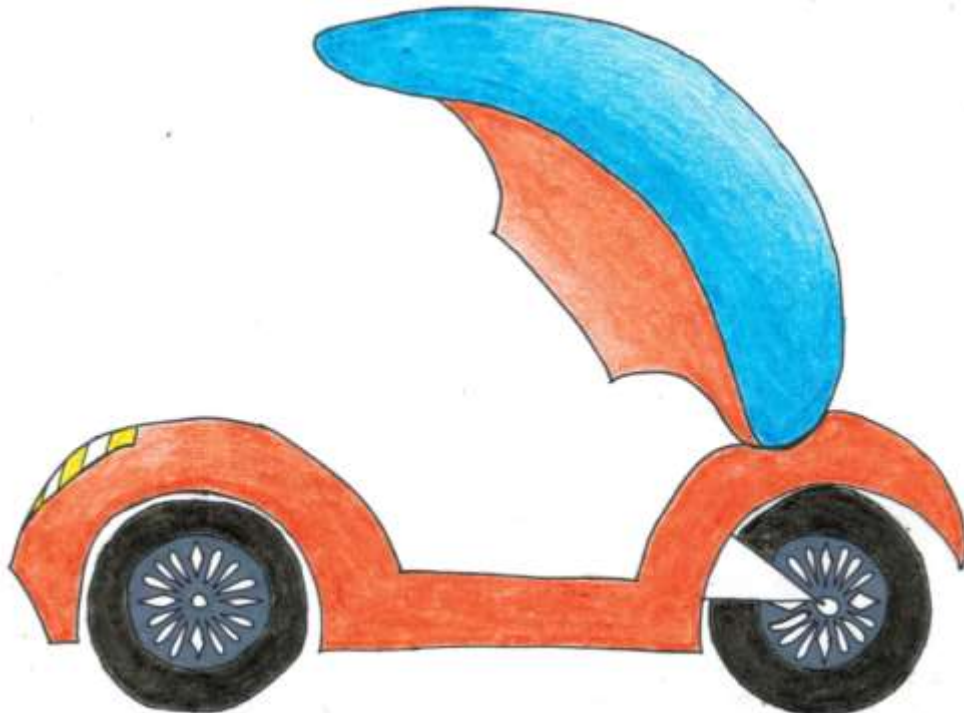
8.3 Detaljtegninger av valgt konseptløsning

Hovedform og detaljer er valgt og det totale designet er klart for visning:

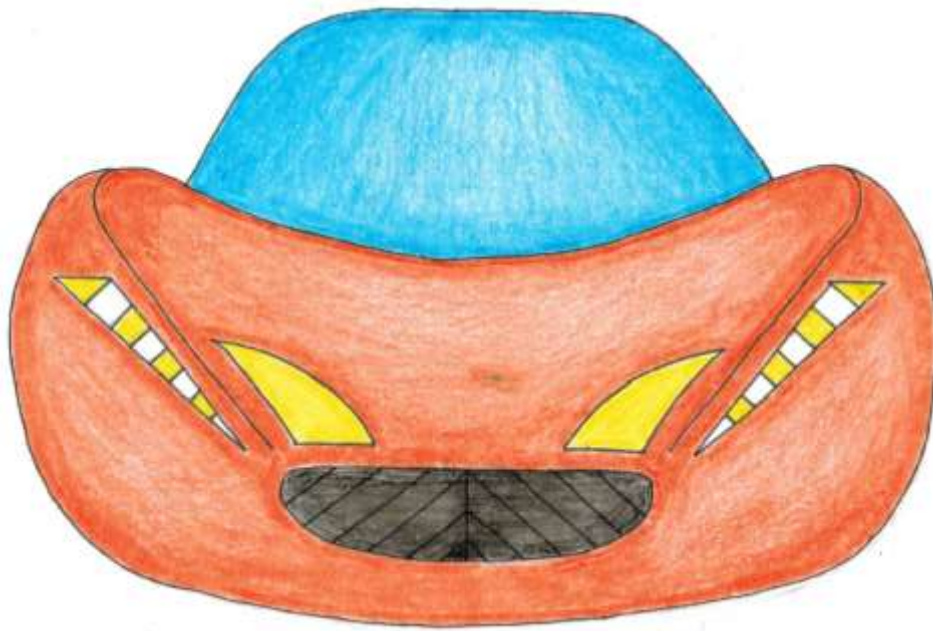
Valgt konsept tegnet for hånd



Figur 60 Illustrasjon av valgt konsept sett skrått forfra, håndtegning

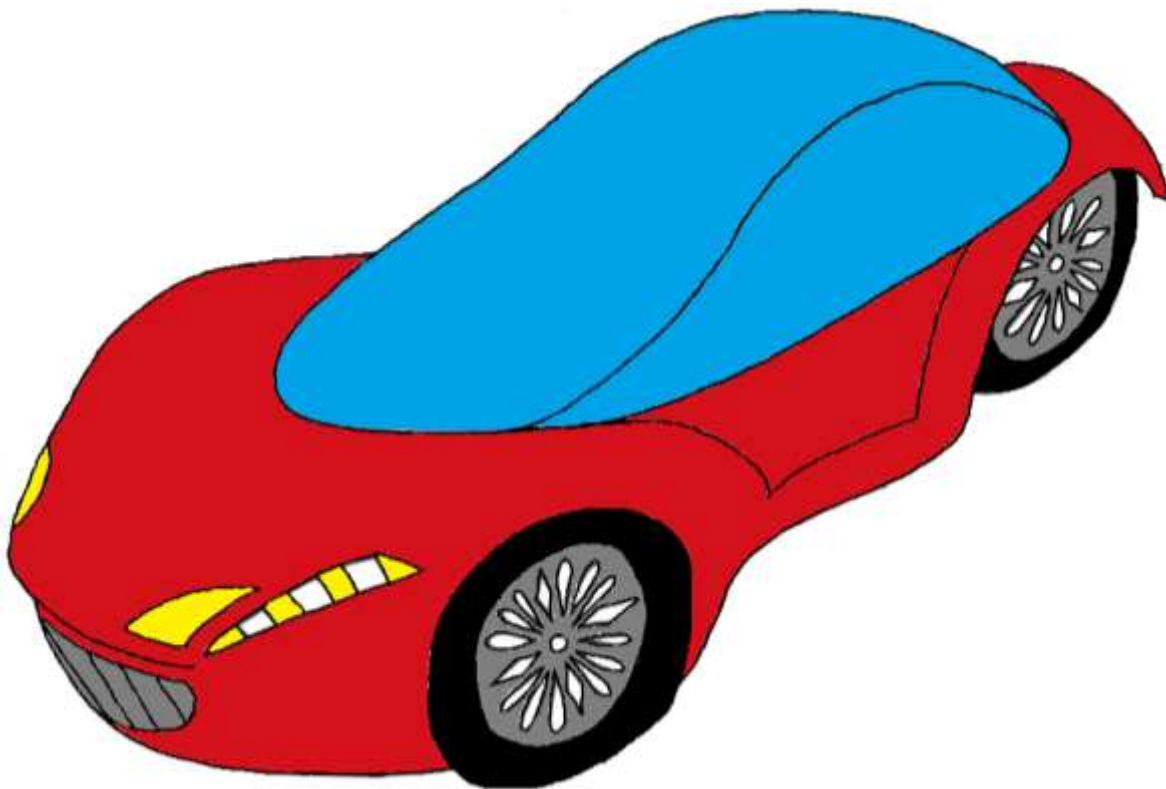


Figur 61 Illustrasjon av valgt konsept sett fra siden med taket hevet, håndtegning

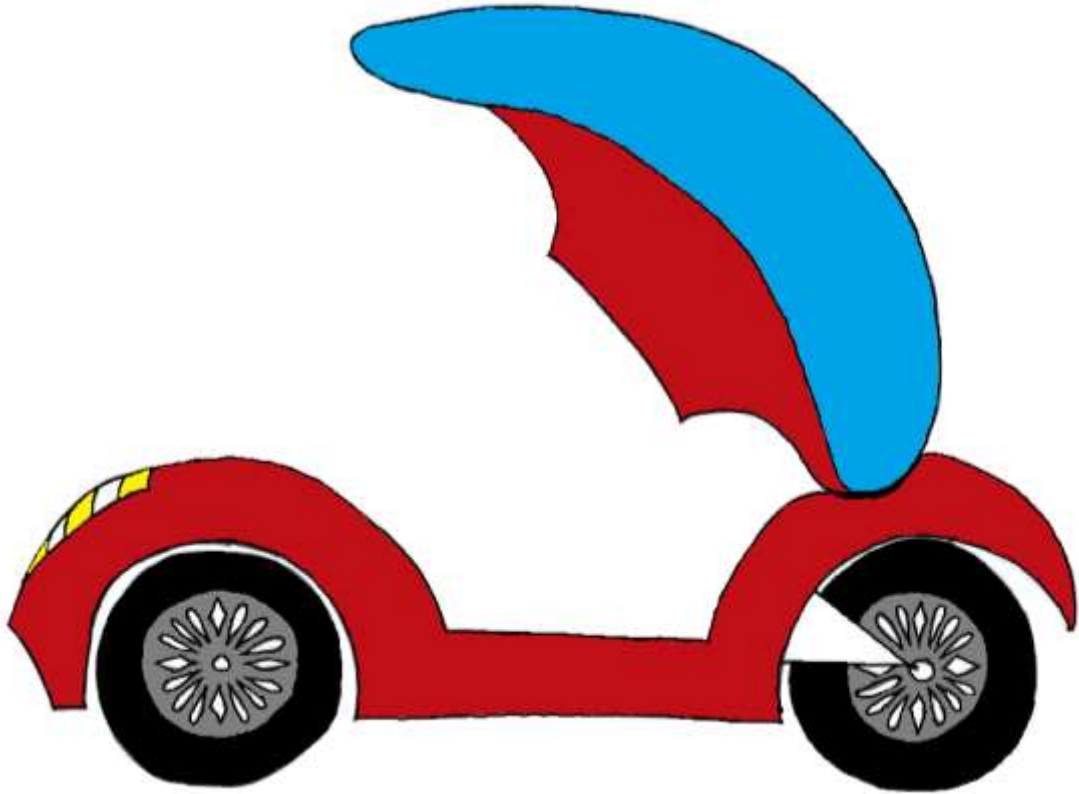


Figur 62 Illustrasjon av valgt konsept sett forfra, håndtegning

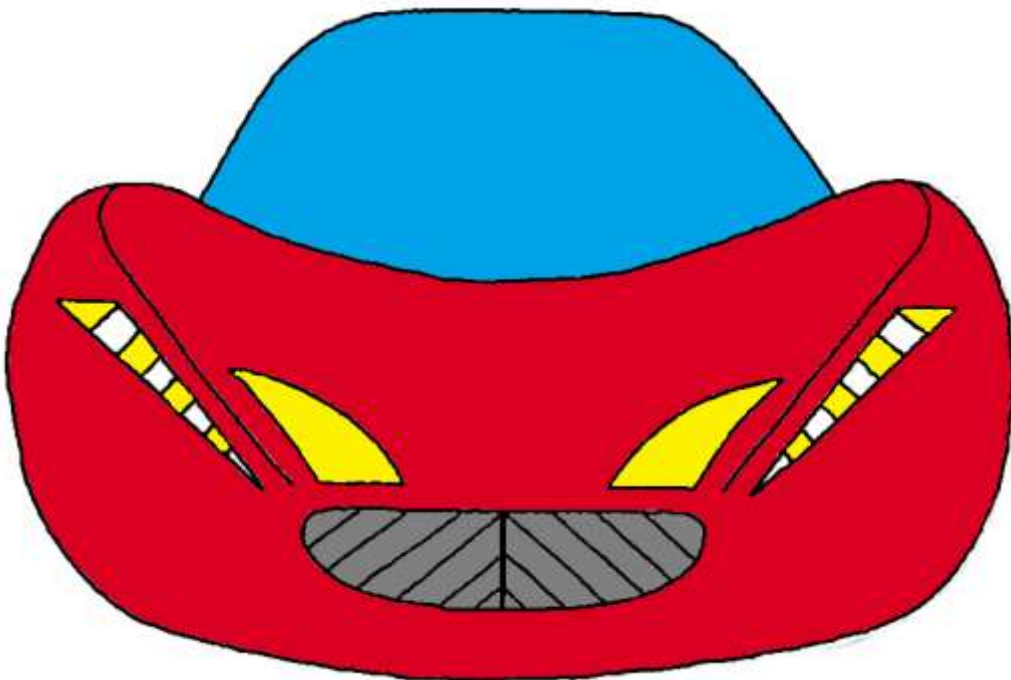
Valgt konsept tegnet i tegneprogrammet Paint



Figur 63 Illustrasjon av valgt konsept sett skrått forfra. Tegning laget i tegneprogrammet Paint



Figur 64 Illustrasjon av valgt konsept sett fra siden. Tegning laget i tegneprogrammet Paint



Figur 65 Illustrasjon av valgt konsept sett fra siden. Tegning laget i tegneprogrammet Paint

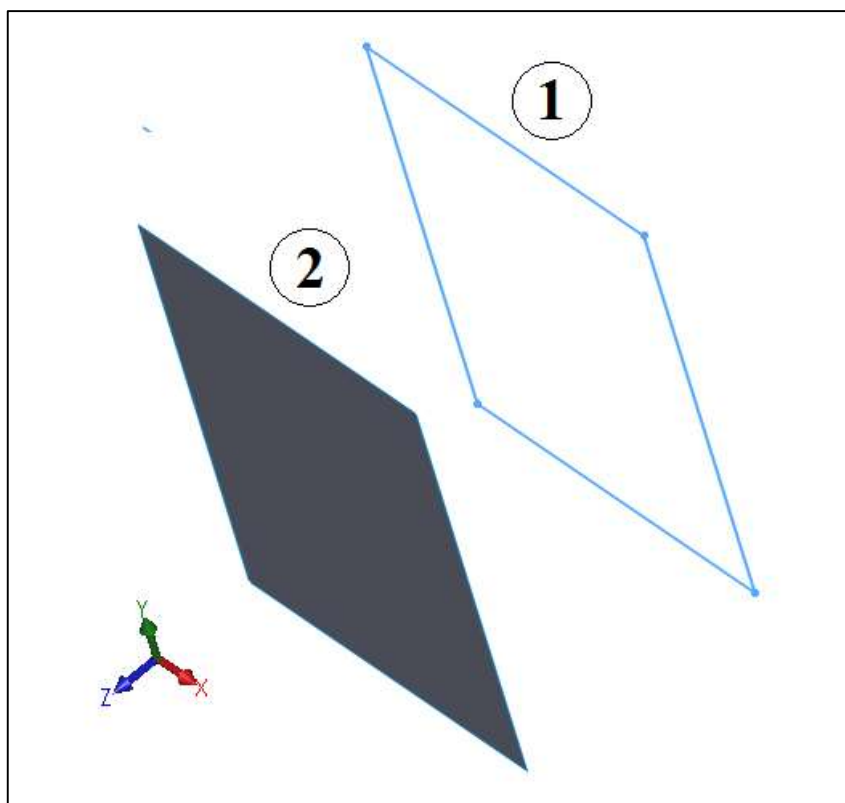
9 MODELLERING I 3D

I dette kapitlet blir modelleringsprosessen for den endelige valgte konseptløsningen beskrevet. For å få en mer virkelighetsnær følelse av hvordan konseptet kommer til å se ut blir det laget en 3D-modell ved hjelp av et CAD-program.

9.1 Program og fremgangsmetode

9.1.1 Modelleringsteknikk

Teknikken som er brukt til å modellere Dolphin Expression 2.0 kalles for «surface modelling», som på godt norsk kan oversettes til overflatemodellering. Overflatemodellering brukes til å bygge frihåndsformer som er helt umulig eller vanskelig å modellere med vanlig solid-funksjoner. Teknikken går ut på å lage et tynnvegget areal med null dybde i z-retning, kan ses i figur 66. Overflatene som blir laget med «surface modelling» har verken masse eller volum.






Figur 66 Illustrasjon som viser det grunnleggende prinsippet bak «surface modelling». De blå linjene i figur 1 viser ytterpunktene for overflaten som deretter fylles i figur 2, og blir til et tynnvegget areal

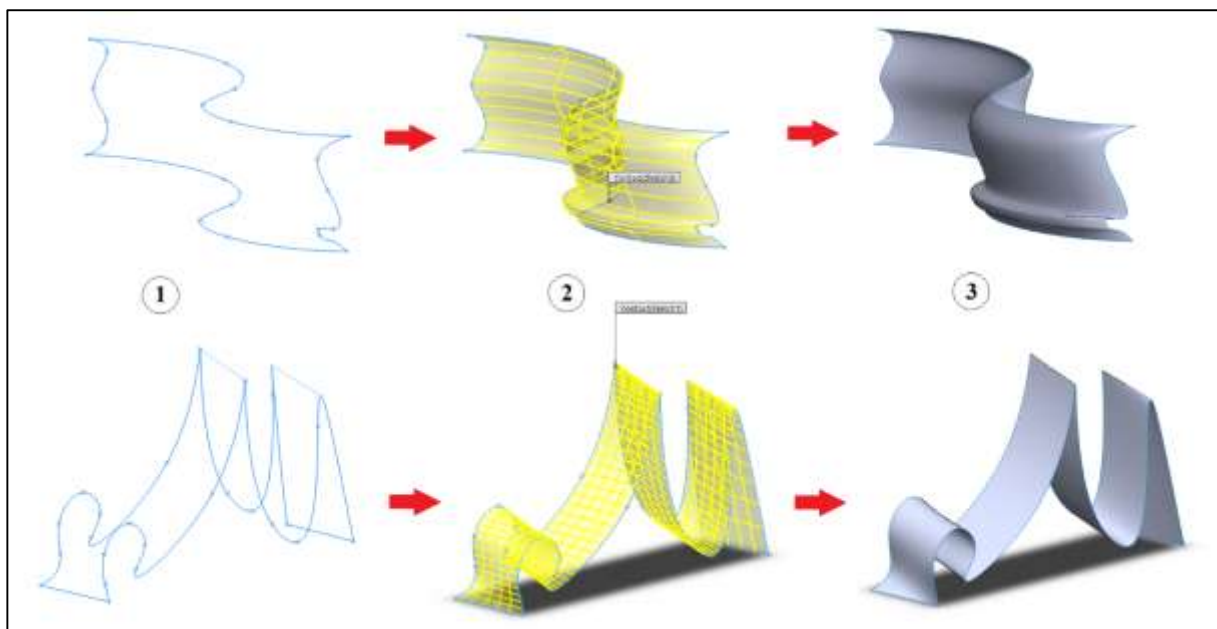
Ved hjelp av «surface modelling» kan man utforme konstruksjonselementer som er i samsvar med former på ergonomiske og aerodynamiske overflater. Teknikken «Surface modelling» er bygget opp av linjer og kurver som blir brukt som grenser og føringer for utforming. Når grenseområdet som skal bli til en overflate har blitt valgt, deles området inn i mange forskjellige

ruter. Bak en hver linje og kurve i de mange rutene er det forskjellige ligninger som definerer rutene og deretter definerer hele overflaten.

Desto mer «kurver» det er på en overflate, jo flere grader vil ligningen ha, se figur 67. En parabel består eksempelvis av en andregradsligning, mens en kurvet linje består av en tredjegradsligning.

Rett linje	Parabel	Kurvet linje
		
$y = ax + b$	$y = ax^2 + bx + c$	$y = ax^3 + bx^2 + cx + d$

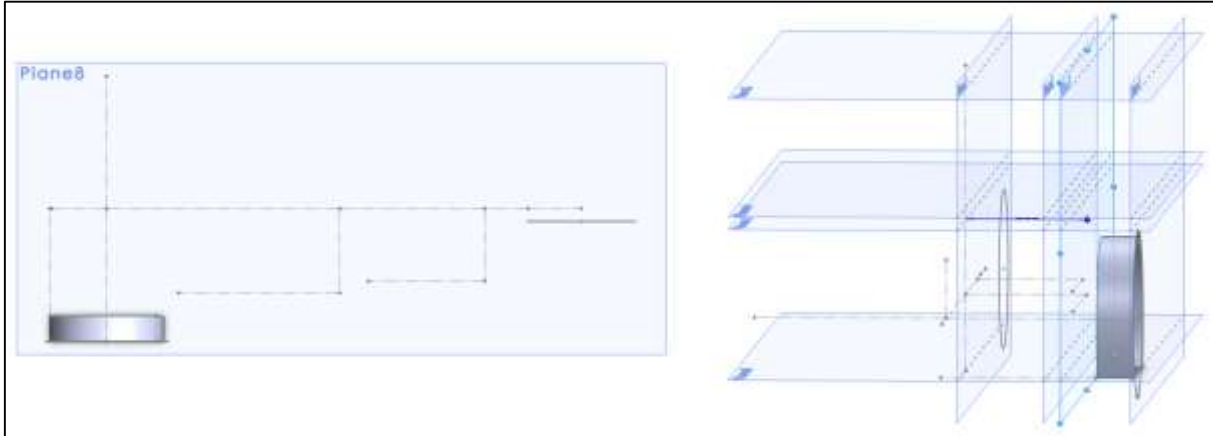
Figur 67 Oversikt over linjer og kurver med tilhørende ligninger



Figur 68 Illustrasjon som viser prosessen for «surface modelling» i SolidWorks. Her er det laget et omriss av to utforminger som eksempel. 1) Først blir linjer og kurver tegnet opp ved hjelp av forskjellige plan. 2) Deretter blir disse ytterkantene valgt og fylt opp med et areal som danner en overflate. 3) Resultatet blir fine overflater som tillater vanskelig geometriske former.

9.1.2 Program og oppbygning

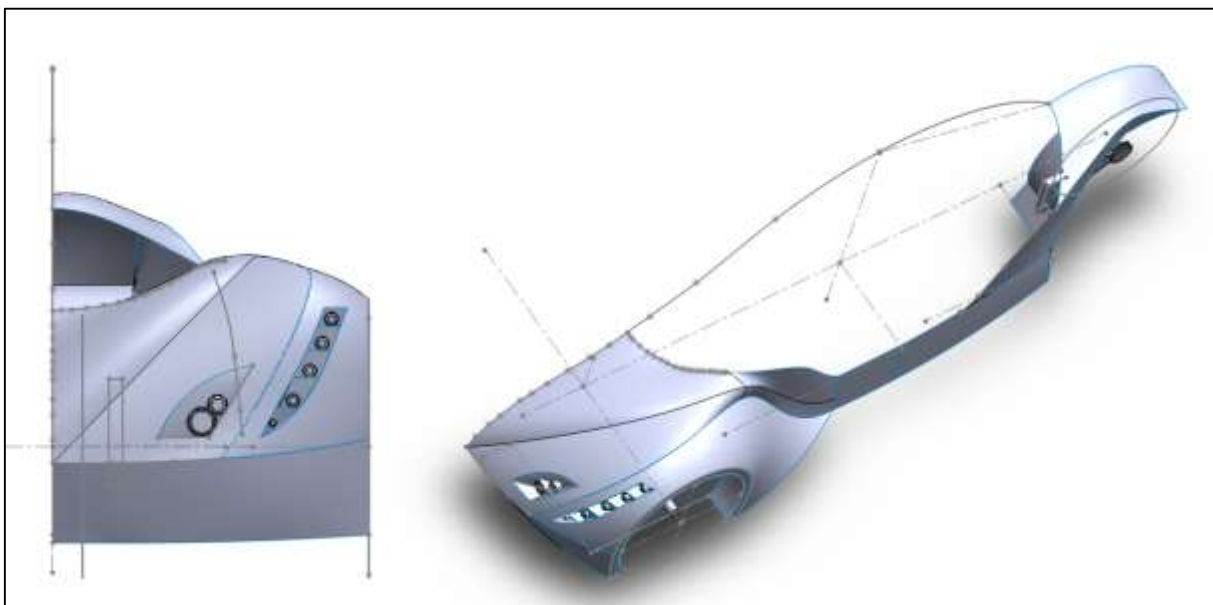
3D-modelleringsprogrammet SolidWorks er benyttet for å lage en god 3D-illustrasjon av den endelige utformingen av Dolphin Expression 2.0. Til å begynne med ble det laget forskjellige hjelpelinjer og ulike plan for å bygge opp modellen i de rette dimensjonene. Tidlig oppstartsfasen er vist i figur 69.



Figur 69 Illustrasjon av 3D-modellens oppbygning helt i starten av modelleringen, med hjelpelinjer og plan

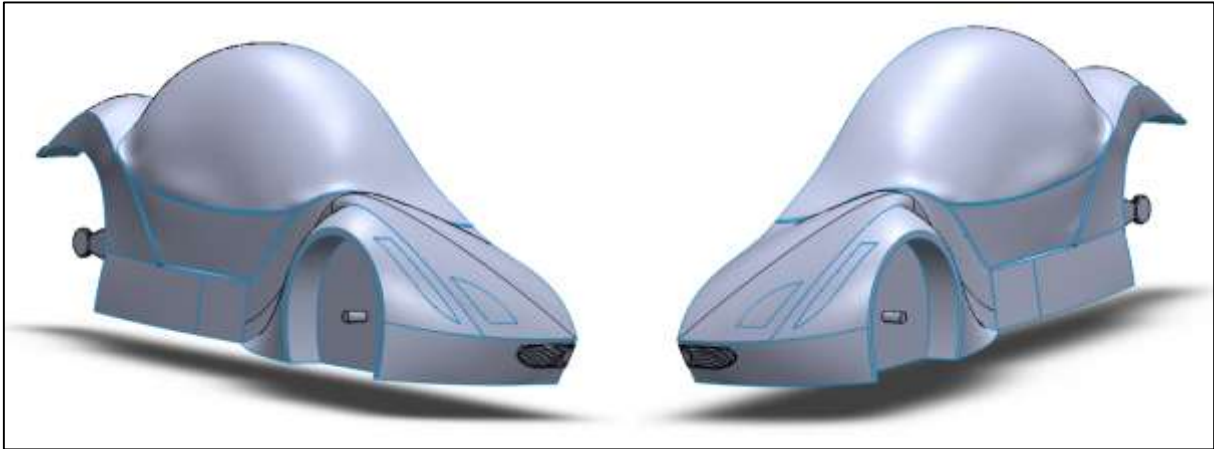
9.1.3 Bruk av symmetri

Siden trehjulingen er symmetrisk om midten valgte jeg å bruke Mirror Part funksjonen i SolidWorks. Det gir besparelser for en hel masse tid og museklikk, samtidig som modellen får en helt symmetrisk form. Ved å bruke en Mirror-funksjon blir modellen speilet om en valgt akse, her symmetriaksen, og dermed modelleres kun halvparten av modellen. En billedlig forklaring på hvordan halvparten av bilen blir modellert vises i figur 70.



Figur 70 Illustrasjon som viser oppbygningen av den halve bilmodellen, modellen er vist forfra og skrått ovenfra

Da modellen var ferdig modellert på den ene siden ble den speilet om symmetriaksen, noe som resulterte i to halve bildeler som var omvendt av hverandre og som deretter ble satt sammen i en Assembly-fil.



Figur 71 Illustrasjon av modellen som ble modellert pluss den speilede utgaven av modellen

9.1.4 Modellering av dekk og felg

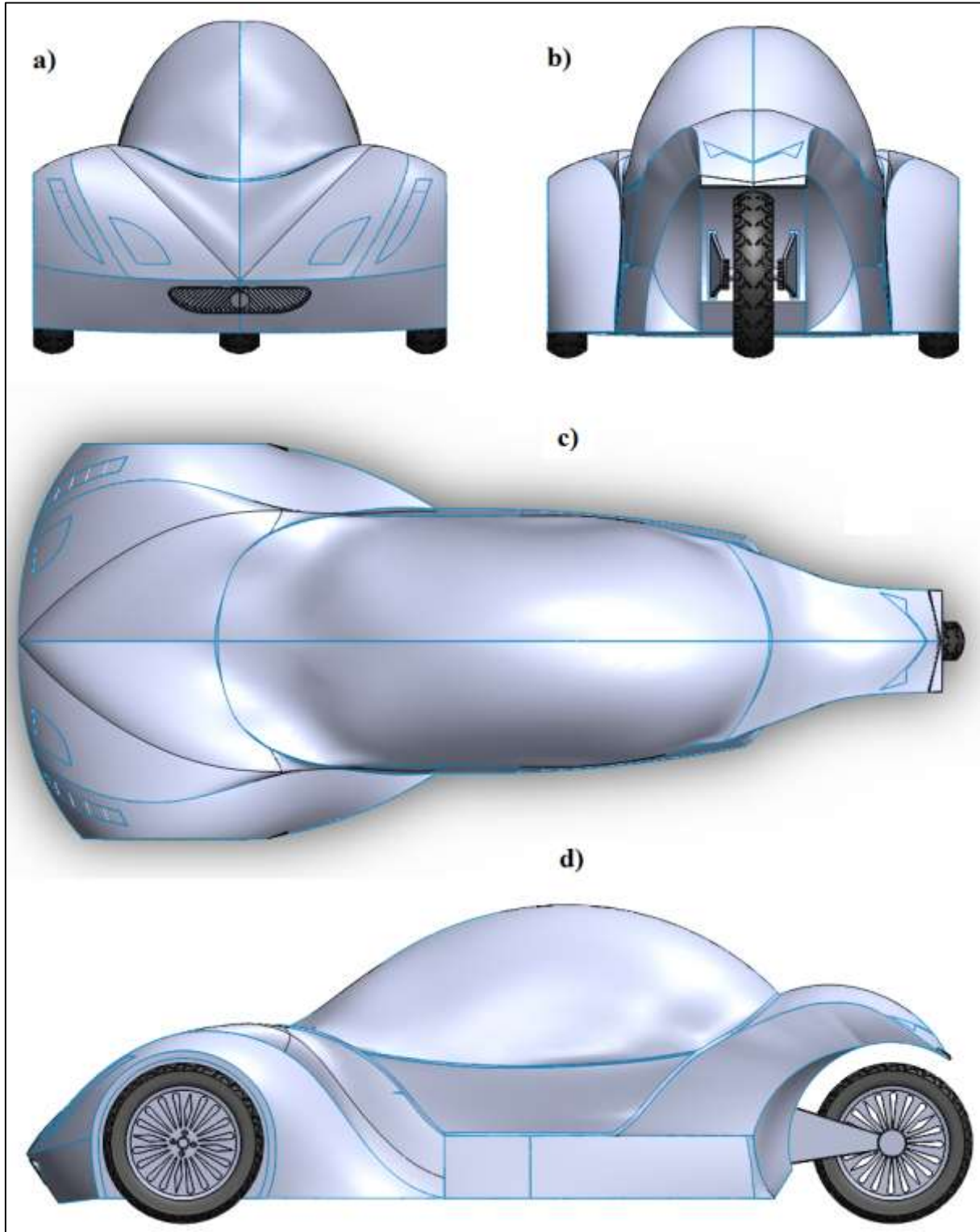
Dekk og felg var noe enklere å lage enn modellering av karosseriet. Her ble det tatt i bruk kjente teknikker som dreining av profiler rundt en senterlinje og sirkulering av skisser rundt et bestemt punkt, noe som var nyttig i mønsteret på felgen og mønsteret i dekket. Mønsteret i dekket er laget ut fra egen fantasi kun med tanke på at det skal se fint ut. Dette på grunn av at det vil være en innkjøpsvare, så er kun laget for illustrasjonens skyld.



Figur 72 Illustrasjon som viser hvordan felg og dekk er utformet, hvor a) viser felgen sett fra siden, b) viser dekket sett fra siden med dekkmønster og c) viser hvordan hjulet ser ut når felg og dekk er satt sammen

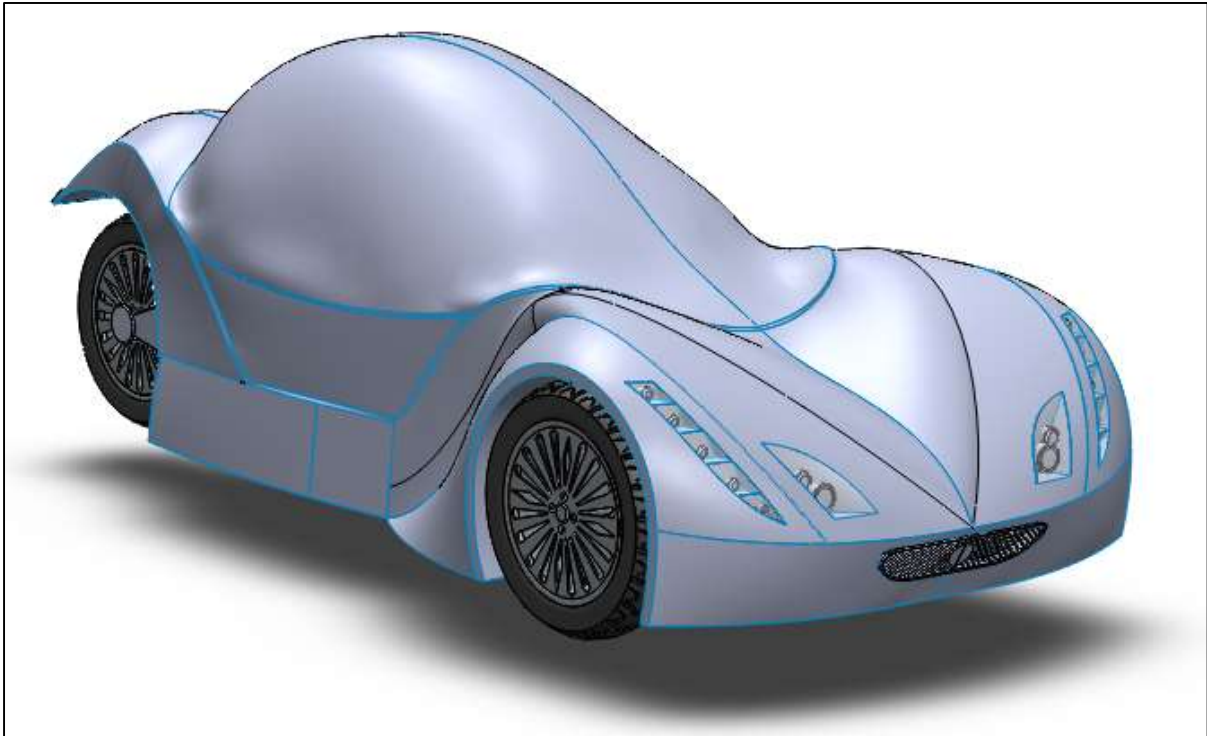
9.2 Ferdigstilt 3D-modell

Etter mange timer med prøving og feiling ble sluttresultatet som vist under i figur 73. Ikke alt i modellen er helt optimalt, men på grunn av lite erfaring med «surface modelling» har mye tid gått med til å tilegne seg kunnskap parallelt med modelleringsperioden.

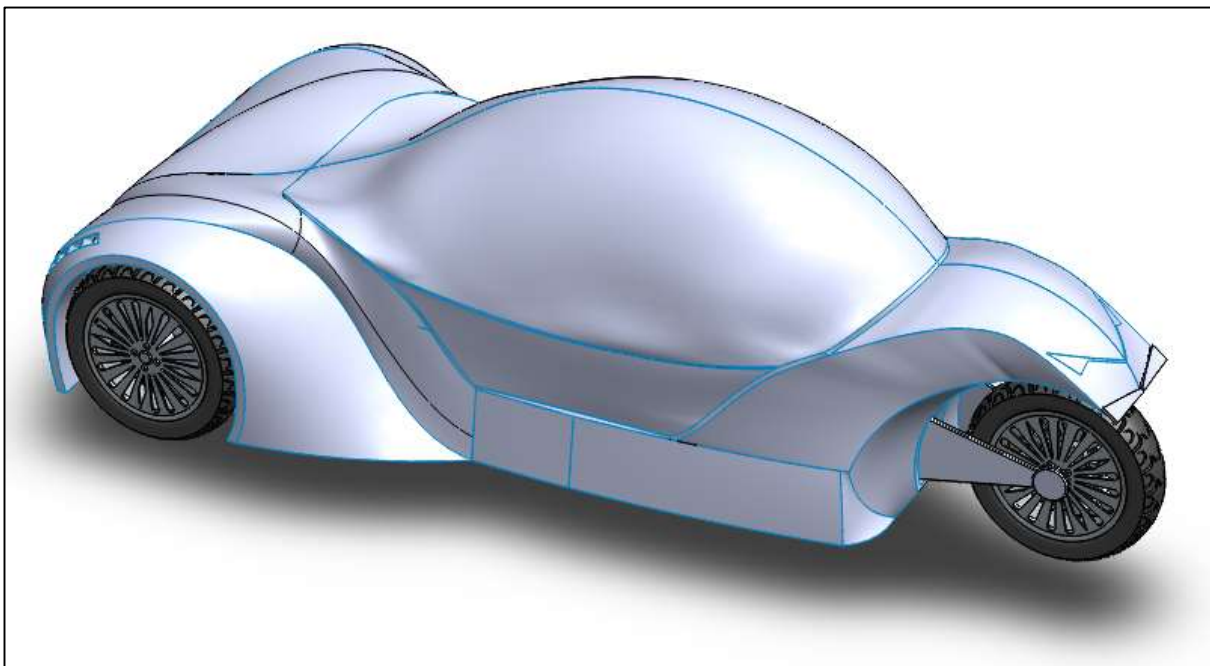


Figur 73 Oversikt over ferdig 3d-modell fra SolidWorks sett fra ulike vinkler, der a) viser modellen sett forfra, b) sett bakfra, c) sett ovenfra mens d) viser modellen sett fra siden

Nedenfor, i figur 74 og 75 vises 3D-modellen ut fra to forskjellige perspektiv som får frem form og dybde i modellen. 3D-modellen gir her en mer virkelighetsnær følelse over hvordan konseptet kommer til å se ut i virkeligheten.

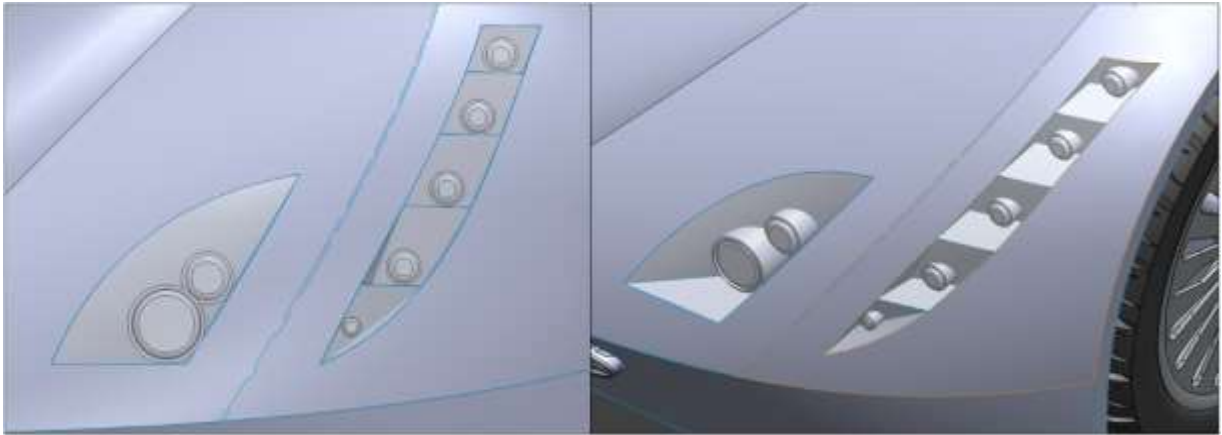


Figur 74 3D-modellen vist ut fra et perspektiv grått forfra

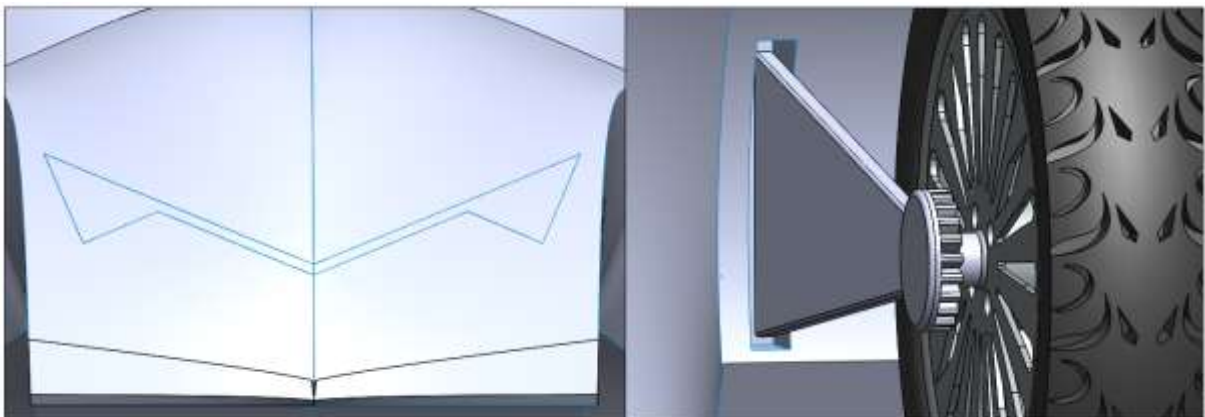


Figur 75 3D-modellen vist ut fra et perspektiv sett skrått ovenfra

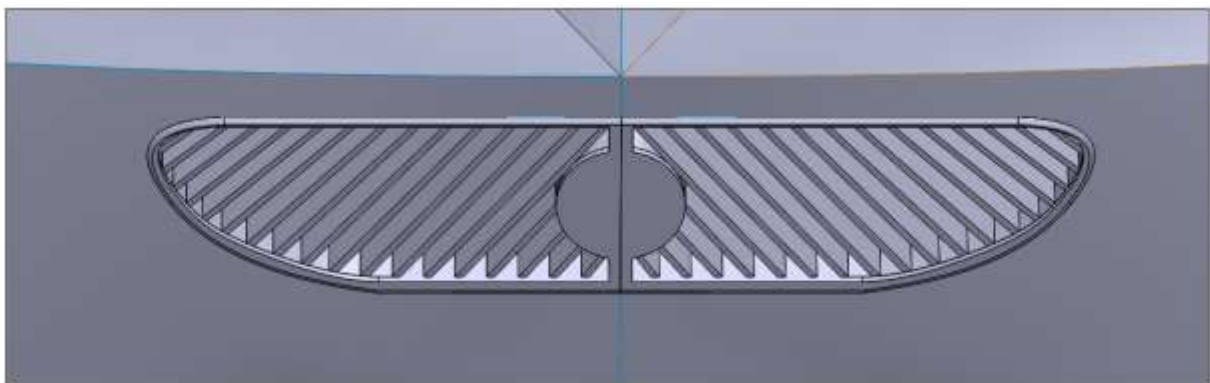
I de tre figurene nedenfor er det vist frem detaljer i 3d-modellen. I figur 76 er det zoomet inn på frontlyktene på trehjulingen, mens i figur 77 vises baklyktene og detaljer fra innfesting til bakhjul. Helt til slutt, i figur 78 ser man hvordan grillen som er plassert i front har blitt utformet.



Figur 76 Detaljebilde av frontlyktene. Bilde til venstre er zoomet rett inn på lyktene, mens bilde til høyre er fra en vinkel sett skrått ovenfra



Figur 77 Detaljebilde av baklyktene og innfestingen ved hjulet. Til venstre vises hvordan baklyktene er utformet, her er det prøvd å finne et design som står i stil med frontlyktene. Til høyre ser vi utformingen til innfestingen ved bakhjulet.



Figur 78 Detaljebilde av grillen i front

10 EKSTERN KONSEPTTESTING

Dette kapitlet tar for seg den eksterne konsepttestingen som ble gjennomført etter at det første utkastet på designet var klart for visning. Ting som er beskrevet er målsettinger for testingen, hvordan testen ble gjennomført, samt beskrivelser av resultatene som kom ut av testen. Til slutt er bestemmelser gjort på bakgrunn av testingen beskrevet.

10.1 Målsettinger for testingen

Før det ble gått videre til sluttfasen av prosjektet, ble det valgt å utføre en ekstern test for å få objektive synspunkter rundt konseptet. Det er blitt gjennomført en spørreundersøkelse for å få et innblikk i hvordan andre personer opplever produktet. Viktigheten med undersøkelsen er å teste om Dolphin Expression har et potensial i markedet. Målet for testingen er å få synspunkter og svar på følgende:

- Hva informantene synes om et slikt kjøretøy, og om de ville ha kjørt en bil med tre hjul selv
- Hva de synes om designet
- Er det best at taket heves i forkant eller i bakkant?
- Hvordan kan design og utforming av kjøretøyet bli bedre?

10.2 Valg av testpopulasjon

For at resultatet av undersøkelsen skal bli best mulig må testpopulasjonen ha en viss variasjon. Variasjon i alder og kjønn var et av de viktigste målene for populasjonen. Det ble kun spurt om alder og kjønn, informasjon utover dette, som for eksempel profesjon ble ikke kartlagt og sett på som viktig i dette stadiet av undersøkelsen.

Det var i alt 57 personer som deltok i spørreundersøkelsen. Det ble prøvd å få en sirka lik fordeling av kjønn, hvor fordelingen til slutt kom på 47% jenter/kvinner og 53% gutter/menn, det vil si 27 jenter og kvinner og 30 gutter og menn. Alderen på de som deltok hadde et spenn på 13 til 83 år.

10.3 Kommunikasjonsform

Det ble utført en skriftlig undersøkelse hvor spørreskjema som ble brukt i undersøkelsen ligger i vedlegg 8. For at folk skulle ta seg tid til å svare på spørreundersøkelsen ble den laget så kort og enkel som mulig med noen bilder og illustrasjoner av konseptet. Enkelte tilleggsopplysninger ble derfor gjort muntlig samt oppklaringer av eventuelle misforståelser.

10.4 Resultater

Svarene fra spørreundersøkelsen er samlet og organisert i tabeller. Når det kommer til de forskjellige kommentarene er det kun valgt ut de som er mest relevant for det videre arbeidet. Jeg ble nødt til selektere ut noen av kommentarene, ettersom omfanget på spørreundersøkelsen ble større enn det som opprinnelig var forventet.

I undersøkelsen ble det spurt om deltakerne kunne brukt et kjøretøy med to hjul foran og et hjul bak i hverdagen. Tabellen under viser flertallet av de spurte var interesserte i et kjøretøy med

tre hjul. Kjønnfordelingen viser også at menn og kvinner var ganske samstemte om å like idéen, der 12 menn og 11 kvinner hadde villet brukt et slikt kjøretøy i hverdagen, se figur 19.

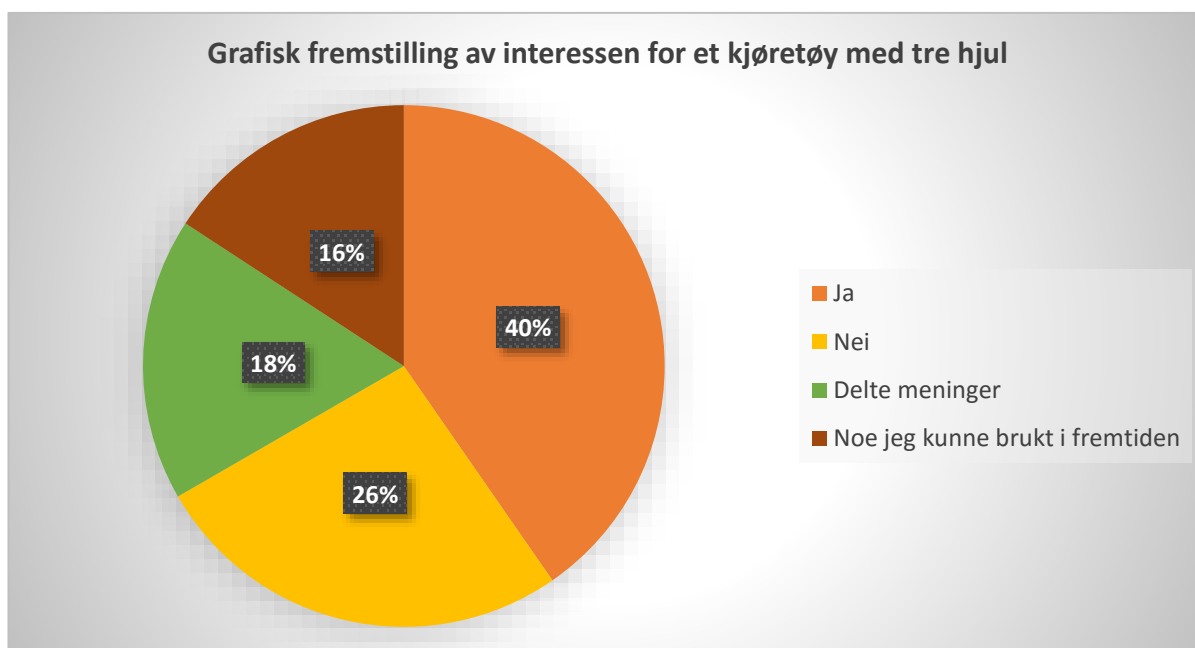
Tabell 19 Oversikt over interessen av et trehjulskjøretøy

Kunne du tenke deg å bruke et slikt kjøretøy i hverdagen?	Mann (antall)	Kvinne (antall)	Sum (antall)
Ja	12	11	23
Nei	10	5	15
Delte meninger, noe jeg kunne brukt om sommeren	6	4	10
Noe jeg kunne brukt i fremtiden	2	7	9
Sum	30	27	57

I figur 79 under, er dataene fra tabell 19 fremstilt grafisk ved hjelp av et sektordiagram. Her kommer det frem at 40% av alle de spurte var positive til et slikt konsept, og kunne godt tenkt seg å kjøre et kjøretøy med tre hjul i hverdagen. 26% ville ikke brukt dette som et fremkomstmiddel, mens 18% beskriver det som noe de ville brukt i fremtiden og 16% er både for og imot.

Generelle kommentarer til et trehjuls kjøretøy:

- Passer ikke på norske veier
- Plassbesparende, godt fremkomstmiddel
- Passer best for unge mennesker som trenger bilen kun til transport
- Smart løsning med tanke på parkering, miljø og vekt
- Uegnet til barnevogn



Figur 79 Sektordiagram som viser en grafisk fremstilling i prosent over interessen for et kjøretøy som Dolphin Expression 2.0

Videre ble det testet ut om designet appellerte til de som deltok i undersøkelsen. Resultatene fra tabell 20 viser at designet falt i smak hos 56% av de som ble spurt, mens 25% overhode ikke likte designet. 19% var usikre eller likte delvis designet. Siden flertallet av de som deltok i undersøkelsen likte designet, er dette et godt grunnlag for å bygge videre på den eksisterende eksteriørutformingen.

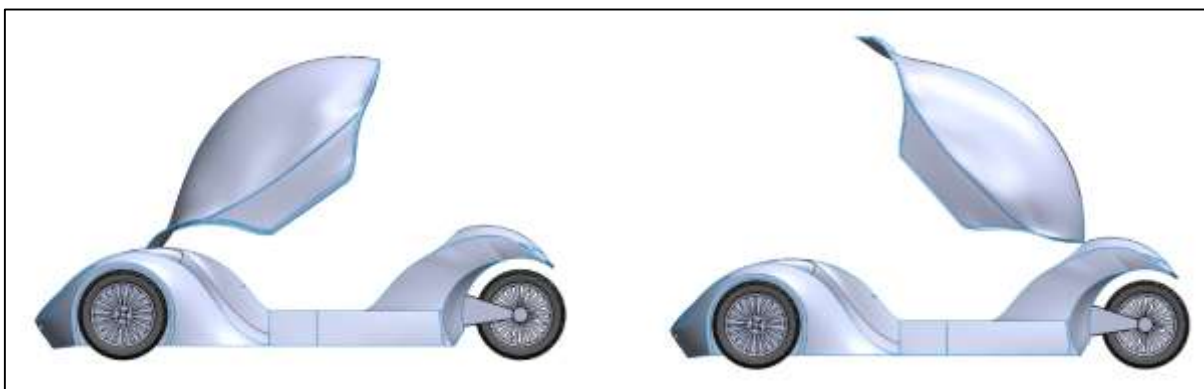
Tabell 20 Viser en oversikt over hvor godt designet på Dolphin Expression 2.0 ble tatt imot blant de som deltok i spørreundersøkelsen

	Mann (antall)	Kvinne (antall)	Sum (antall)	Prosent (%)
Liker designet	15	17	32	56
Liker ikke designet	8	6	14	25
Delvis	6	2	8	14
Vet ikke/usikker	1	2	3	5

Utvalgte kommentarer tilknyttet designet på eksteriøret:

- Moderne og ser annerledes ut
- Likte at den var liten og samtidig trendy
- Designet ser futuristisk ut og noe som skiller seg ut i dagens samfunn
- Stilrent design og fremtidsrettet

Etter utformingen av hovedkonseptet var jeg i tvil om taket/adkomstløsningen burde heves i forkant eller i bakkant. Det ble derfor valgt å ta med som en del av spørreundersøkelsen. Figur 80 viser hvordan de to forskjellige adkomstløsningene er tenkt.



Figur 80 Bilde til venstre visen adkomstløsning hevet i front, mens bilde til høyre viser adkomstløsningen hevet i bakkant

Tabell 21 viser en oversikt over responsen fra spørsmål om plassering av adkomstløsningen, heving av taket.

Tabell 21 Oversikt over fordelingen av hvor mange som foretrekker å ha adkomstløsningen i front eller i bakkant av kjøretøyet

Plassering av adkomstløsningen/hvordan skal taket hevet	Mann	Kvinne	Sum
Foran	21	14	35
Bak	9	10	19
Usikker	-	3	3
Sum	30	27	57

Den største andelen av de spurte vil at taket og adkomstløsningen skal heves i forkant. Dette er mest praktisk med tanke på elektronikken i front. Under er det listet opp noen utvalgte kommentarer fra spørreundersøkelsen.

Utvalgte kommentarer tilknyttet adkomstløsning og heving av tak som kom ut av spørreundersøkelsen:

- Den ser mer eksklusivt ut hvis taket løftes i bakkant
- Det bør være vinduer som kan åpnes når man kjører bilen
- De som sitter i bilen kommer fort ut og kan gå inn og ut på samme tid
- Mest praktisk i forkant, spesielt når det norske været er på sitt verste
- For å beskytte det elektroniske i styrhuset bør den løftes i forkant
- Kan bli stor slitasje på elektronikken når taket løftes opp og ned gjentatte ganger
- Bør være sensor i taket
- Slipper å slå døra i sidemann
- Vil det være plass å løfte opp taket i parkeringshus?

Helt til slutt i spørreundersøkelsen ble det spurt om forbedringer i forhold til design og utforming av kjøretøyet. Nedenfor er det listet opp et utvalg av kommentarene som kom inn.

Generelle kommentarer til forbedringer:

- Vil at de skal ligne mer på en normal bil, ser noe merkelig ut med tre hjul
- Bør ha vanlige bildører
- Rar overgang fra front til vindu
- Tykkere hjul bak
- Dørløsningen bør endres, blir fort kaldt, lite energieffektivt
- Bør være rom for ekstra hjul
- Installere solcellepanel på bilens overflater

I tillegg til kommentarene ovenfor ble det lagt vekt på manglende bagasjeplass. I alt var det 16 kvinner og 5 menn som etterlyste bagasjeplass, det vil si en andel på 37%, noe som viser at bagasjeplass er et viktig aspekt for folk flest.

10.5 Resultattolkning

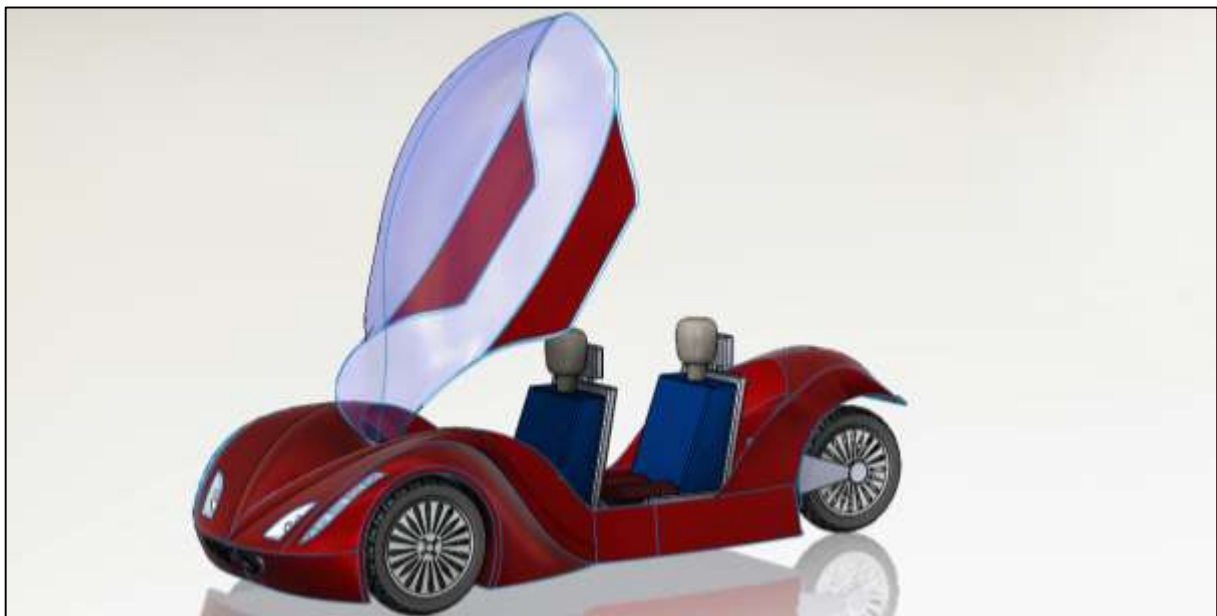
Responsen fra undersøkelsen var overraskende stor. Undersøkelsen skapte stort engasjement blant de fleste deltakerne, spesielt blant ungdommen, morgendagens voksne. Siden det er de som skal være med å utvikle og ta i bruk mer miljøvennlige løsninger i fremtiden var det fint å se at de var engasjerte og positive til konseptet. De eldre var litt mer skeptiske om hvorvidt den var sikker på veien og om den var så veldig miljøvennlig sett i forhold til en vanlig bil med fire hjul.

Det har kommet mange interessante og relevante tilbakemeldinger med gode refleksjoner og idéer. Resultatene fra spørreundersøkelsen gir et godt grunnlag for videre utvikling og forbedring av svakheter.

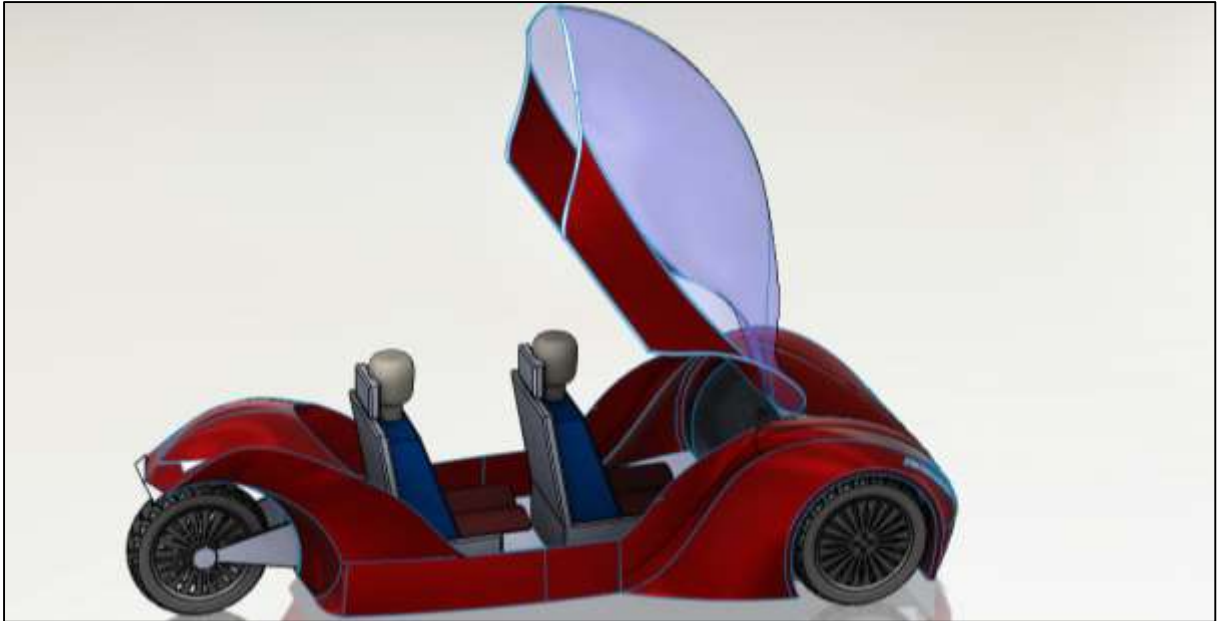
Det at de spurte er enten bekjente og venner av bekjente, er en mulig feilkilde. Svarene kan ha blitt mer positivt rettet enn de ellers ville ha blitt. For at svarene skulle ha blitt mer troverdige burde flere ha deltatt i spørreundersøkelsen og tilfeldige personer burde blitt valgt ut til å svare.

Bestemmelse av adkomstløsningen

Det var et flertall for at adkomstløsningen skulle heves i front, 35 stemmer som mente i front mens 19 som mente at den burde heves i bakkant. På bakgrunn av flertallet i undersøkelsen er det valgt at taket skal heves i front. Det positive med denne løsningen er at utstyret i front blir mer beskyttet for vær og vind. Ulempen er at taket må løftes høyere opp for at personene skal komme seg lett inn og ut av kjøretøyet. Figur 81 og 82 illustrerer valgt adkomstløsning.



Figur 81 Viser taket hevet i front, sett fra siden skrått forfra



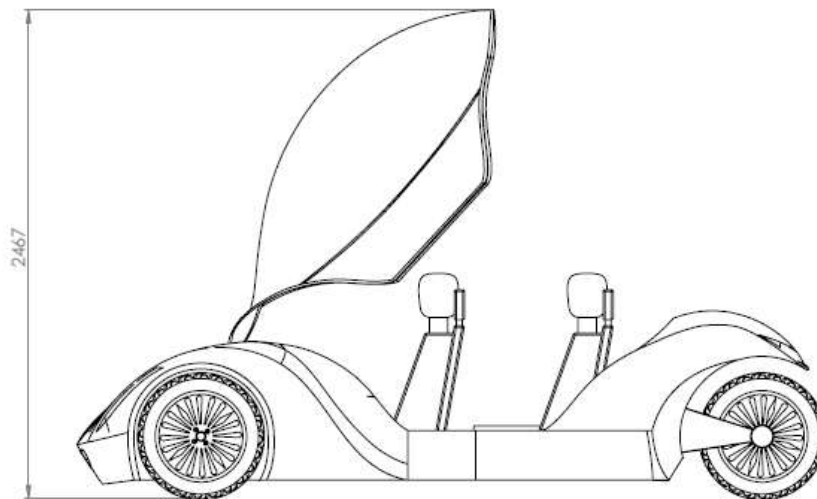
Figur 82 Viser taket hevet i front, sett fra siden skrått bakfra

11 DIMENSJONER, FRAMSTILLING OG KOSTNADER

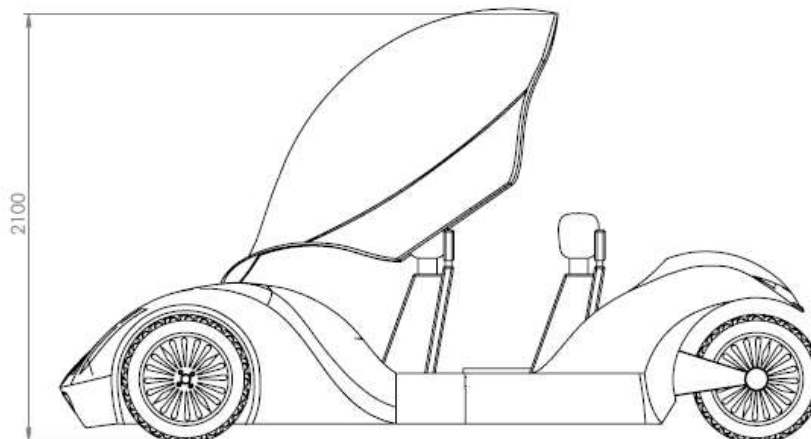
I dette kapittelet blir detaljer som dimensjoner, material og kostnader drøftet kort.

11.1 Endelige dimensjoner rundt sitteplassutforming

For at fører og passasjer skal komme seg greit inn og ut av kjøretøyet bør taket heves til en høyde på minst 2470 mm, og i en vinkel på rundt 55°, se figur 83. Da vil det gå fint å komme seg inn og ut av kjøretøyet uten vanskeligheter. Er det plass og rom for å heve taket ytterligere vil dette være mulig. Tanken er at taket skal kunne løftes etter eget ønske og ut i fra hvor man befinner seg. Har man parkert i et parkeringshus er takhøyden vanligvis 2200 mm, og dermed blir adkomstløsningen et problem. For å løse dette vil det være en sensor i taket som gjør at hevingen av taket stoppes før det treffer taket i parkeringshuset. For føreren blir det vanskeligere å komme seg ut, se figur 84, derfor er det tenkt ut av førerstolen skal kunne skyves bakover. Dimensjonene på menneskene brukt i figurene nedenfor er basert på mål fra delkapittel 4.1.2.1, 99 prosentil mann.



Figur 83 Viser den minste verdien taket bør heves for en ergonomisk inn- og utstigning av kjøretøyet, førersetet skyves bakover ved utstigning i forhold til de ulike brukerne



Figur 84 Viser heving av tak inne i et parkeringshus, hvor taket er hevet til 2100 mm

11.2 Valgt material

Ut i fra drøftingen av alternative materialer i kapittel 6 er det valgt å gå for karbonfiber i skallet på kjøretøyet. Dette er et materiale som trolig vil bli mer brukt i fremtiden på grunn av sin lave vekt. Karbonfiber er utrolig solid sammenlignet med vekten, og er ypperlig for å redusere kjøretøyets vekt.

11.3 Kostnader i forbindelse med konseptet

Produktutvikling er en tidkrevende prosess og er derfor også svært kostbar. Det er derfor satt opp et estimat i tilknytning til de løpende kostnadene i forbindelse med prosjektet. Arbeidsomfanget på 30 studiepoeng tilsvarer en arbeidsmengde på 900 timer. Fordelingen av arbeidstimene er listet opp i tabell 22. Tabellen viser en grov kostnadskalkyle over arbeidet som er gjort i tilknytning til utviklingen av Dolphin Expression 2.0. Utredningen viser tidsbruken fordelt utover de forskjellige kategoriene og arbeidsoppgavene som er inngått som en del av mastergradsarbeidet.

Tabell 22 Grov kostnadskalkyle i forbindelse med mastergradsprosjektet

Konseptutvikling	Timer	Pris	Sum (kr)
Prosjektplanlegging og utredningsarbeid	150	550	82 500
Produktspesifisering	100	550	55 000
Formgiving og design	200	550	110 000
3D-modellering	200	550	110 000
Luftmotstandsanalyse	50	550	27 500
Prosjektrapport	200	550	110 000
Totalsum og kostnad	900		495000

Den totale kostnaden for prosjektet er estimert til en verdi av 495 000 kr.

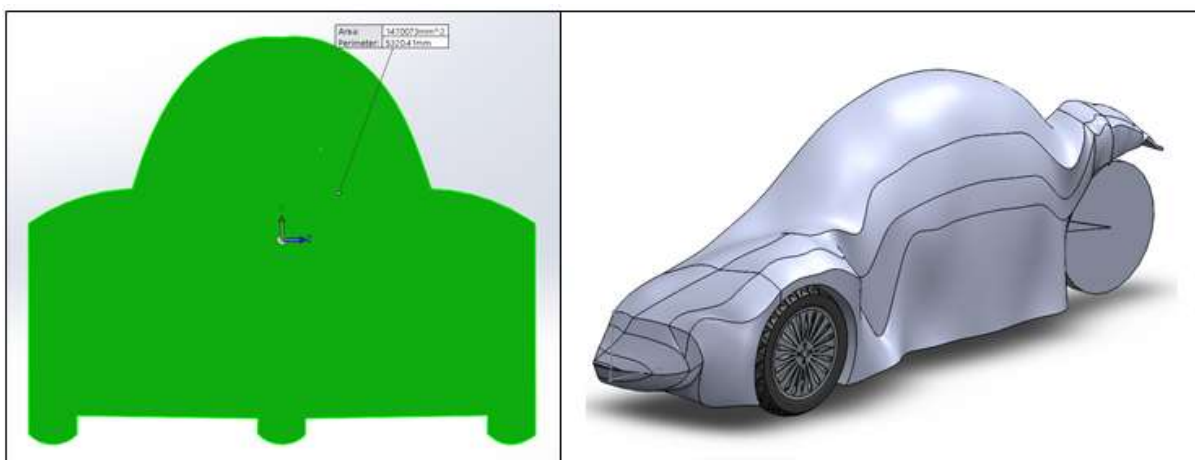
12 LUFTMOTSTANDSANALYSER

I dette kapitlet er det sett på de aerodynamiske egenskapene til Dolphin Expression 2.0. Det foreligger beregninger av luftmotstandskoeffisient og visning av forskjellige plot for hvordan luftstrømmen oppfører seg i forhold til kjøretøyet.

12.1 Analyse i SolidWorks Flow Simulation

For å teste ut de aerodynamiske egenskapene til Dolphin Expression 2.0 er det blitt utført en luftmotstandsanalyse i SolidWorks Flow Simulation, som visualiserer en vindtunnel. Det ble forsøkt å gjøre en analyse med den opprinnelige 3D-modellen, men dette lot seg ikke gjøre på grunn av manglende tykkelse i overflatene på modellen. Enkelte overflater hadde tykkelse, men på grunn av vanskelig geometriske former var det enkelte overflater som ikke fikk tilføyd tykkelse da modellen ble laget. Mer tid og kunnskap om SolidWorks trengs for å få til en brukbar modell.

På bakgrunn av dette ble det laget en tilnærmet modell for å kunne gjennomføre en luftmotstandsanalyse. Modellen som ble laget som en erstatning ble modellert som en solid-body ved hjelp av lofting-funksjon, se figur 85 til høyre. Det ble kun 3D-modellert halvparten av kjøretøyet, på grunn av bruk av symmetri i luftmotstandsberegningene. I beregningene er det valgt å bruke frontarealet fra den opprinnelige 3D-modellen, som er på 1470073 mm^2 .



Figur 85 Bildet til venstre viser frontarealet til den opprinnelige 3D-modellen (1470073 mm^2), mens bilde til høyre viser 3D-modellen brukt i luftmotstandsanalysen

12.2 Beregninger

Det er valgt å gjøre beregninger for luftmotstand ved 3 forskjellige hastigheter, hvor det er ønskelig å få lav verdi for C_d . Valgte hastigheter er 40, 80 og 120 km/t. Verdien for lufttettheten som er brukt her er hentet fra [1.11]. Videre er beregningene utført med en temperatur på 20°C og standard atmosfæretrykk på 101325 Pa. Luftmotstandsanalysen i Flow Simulation ble utført av halve kjøretøyet. Symmetri ble valgt for å redusere tiden som trengs for å gjennomføre analysen ved de forskjellige hastighetene. Det ble også valgt en mesh-oppdeling på 4 for å korte ned på analysetiden. Den høyeste oppdelingen ligger på 8. Jo høyere nivå på oppdelingen av

modellen, jo mer nøyaktig blir analysen. På grunn av tidsmessige årsaker ble det valgt en mesh midt på tre. Siden luftmotstandskoeffisienten er en konstant er det ønskelig å få omtrent lik C_d -verdi for de forskjellige hastighetene. Tabell 23 viser parametre som er brukt i beregningene. En antatt hypotese før beregningene startet ble satt til en C_d -verdi på ca. 0,24, ved å sammenligne formen opp mot biler som er på markedet og C_d -verdi til disse.

Tabell 23 Oversikt over verdier som brukes for å regne ut luftmotstandskoeffisienten

Parametre	Omregning	Verdi
Hastighet 1, v_1	40 km/t	11,11 m/s
Hastighet 2, v_2	80 km/t	22,22 m/s
Hastighet 3, v_3	120 km/t	33,33 m/s
Tetthet, ρ	-	1,202 kg/m ³
Areal	-	1,47 m ²
Luftmotstandskraft ved hastighet 1, F_{D1}	-	17,2 N
Luftmotstandskraft ved hastighet 2, F_{D2}	-	71,5 N
Luftmotstandskraft ved hastighet 3, F_{D3}	-	161,5 N

Til å beregne C_d – verdien brukes formel 2, fra delkapittel 4.2 :

Luftmotstandskoeffisienten ved hastighet 1, 40 km/t:

(På grunn av symmetri må motstandskraften dobles, $F_{D1}=34,4$ N)

$$C_{d1} = \frac{F_{D1}}{0,5 \times \rho \times A \times v_1^2} = \frac{34,4 \text{ N}}{0,5 \times 1,202 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 1,47 \text{ m}^2 \times (11,11 \text{ m/s})^2} = 0,31 \quad (4.2)$$

Luftmotstandskoeffisienten ved hastighet 2, 80 km/t:

(På grunn av symmetri må motstandskraften dobles, $F_{D2}=143$ N)

$$C_{d2} = \frac{F_{D2}}{0,5 \times \rho \times A \times v_2^2} = \frac{143 \text{ N}}{0,5 \times 1,202 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 1,47 \text{ m}^2 \times (22,22 \text{ m/s})^2} = 0,33 \quad (4.2)$$

Luftmotstandskoeffisienten ved hastighet 3, 120 km/t:

(På grunn av symmetri må motstandskraften dobles, $F_{D3}=323$ N)

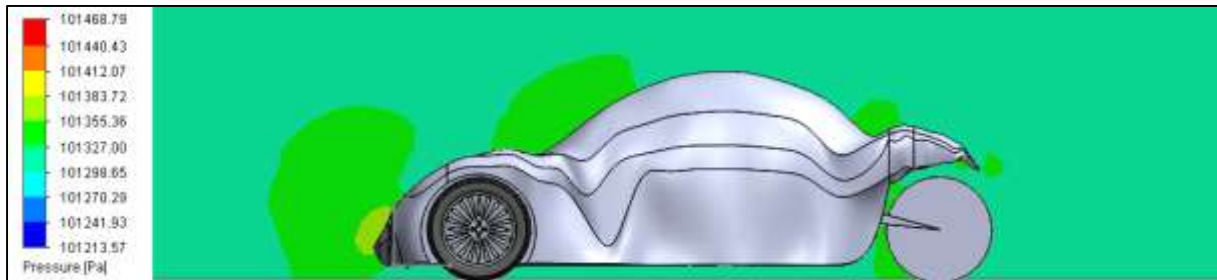
$$C_{d3} = \frac{F_{D3}}{0,5 \times \rho \times A \times v_3^2} = \frac{323 \text{ N}}{0,5 \times 1,202 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 1,47 \text{ m}^2 \times (33,33 \text{ m/s})^2} = 0,33 \quad (4.2)$$

Gjennomsnittlig verdi for luftmotstandskoeffisienten (C_d) ble beregnet til 0,32.

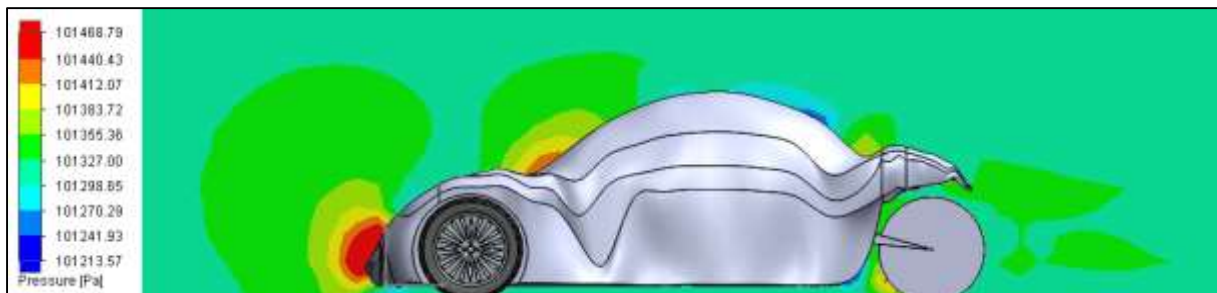
12.3 Visualisering av luftstrøm

Visualisering av trykkdannelse

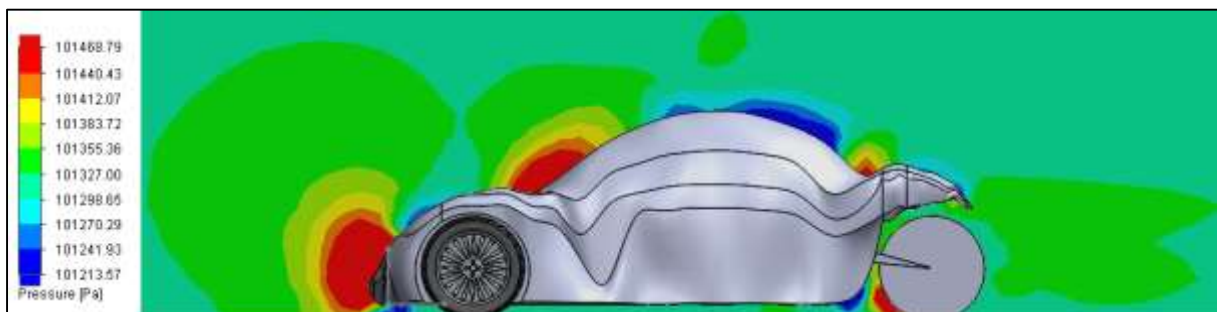
I figur 86, 87 og 88 nedenfor vises trykket som dannes på kjøretøyet i hastighetene 40, 80 og 120 km/t. De tre figurene viser hvordan trykket rundt kjøretøyet øker ved økt hastighet, noe som er logisk. Områdene med størst trykk er helt i front, nederste delen av frontvinduet, rett før halen på kjøretøyet og på fremsiden av bakhjulet. Rødt område viser der det forekommer mest trykk, men blått området viser der det er lite trykk. Trykkskalen vises til venstre i figurene.



Figur 86 Plot som viser trykket som dannes på kjøretøyet i en hastighet på 40 km/t. I så lave hastigheter er ikke trykket veldig stort. Det lysegrønne området viser hvor det oppstår størst trykkdannelse



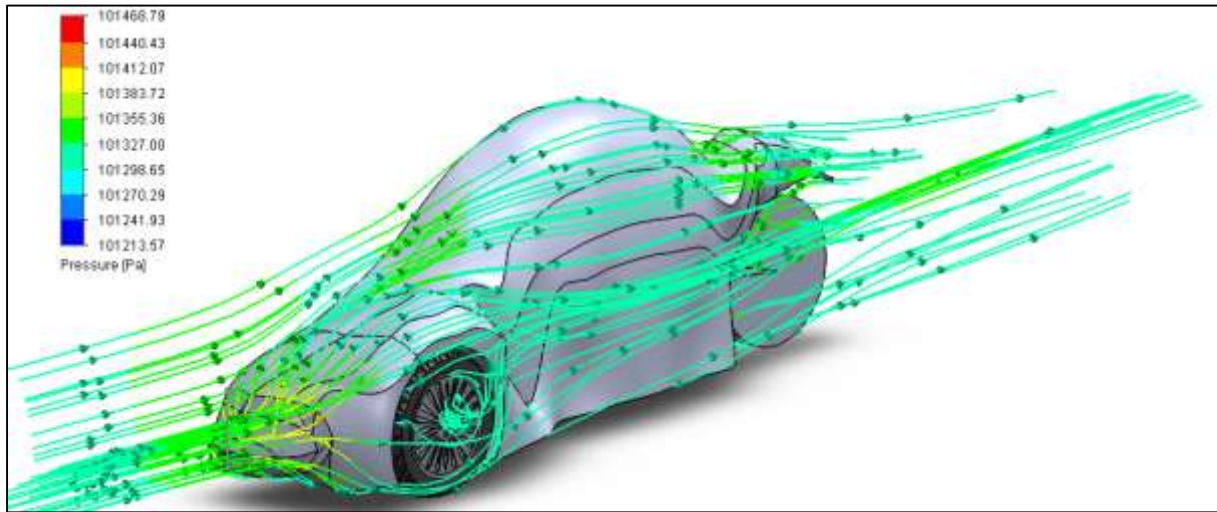
Figur 87 Plot som viser trykket som dannes på kjøretøyet i en hastighet på 80 km/t. Her er trykket størst i front, merket med rødt.



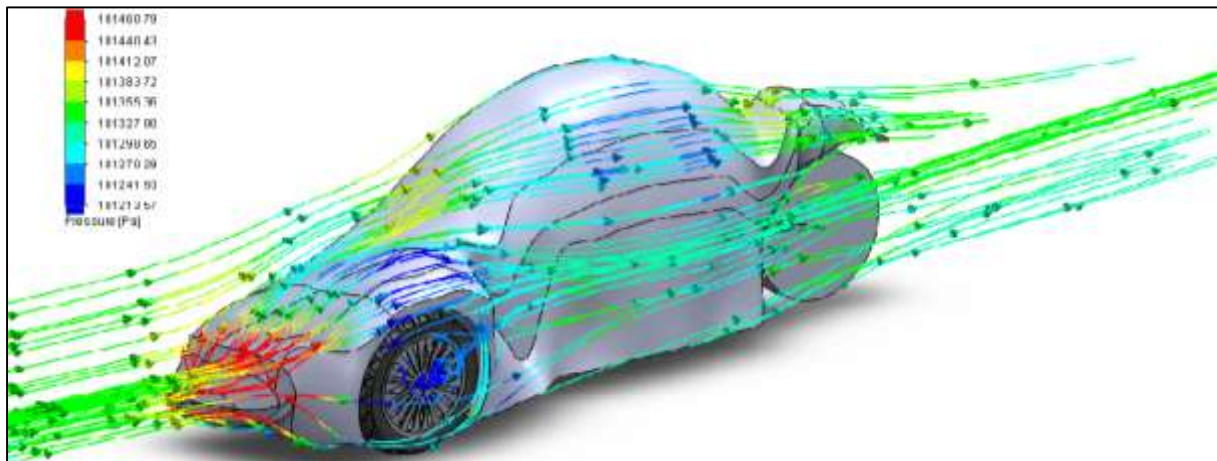
Figur 88 Plot som viser trykket som dannes på kjøretøyet i en hastighet på 120 km/t. Trykket er størst i front, samt at det er et stort trykk på nederste del av frontvinduet, i dumpen før halen på kjøretøyet og på fremsiden av bakhjulet

Visualisering av luftstrømmen

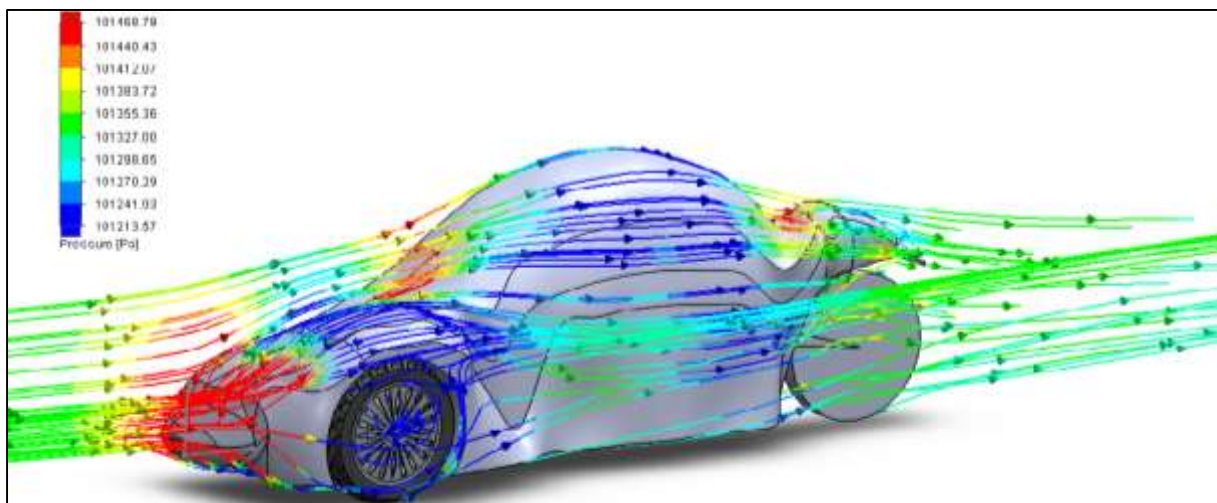
I figur 89, 90 og 91 nedenfor vises hvordan luftstrømmen fordeler seg rundt kjøretøyet i hastighetene 40, 80 og 120 km/t.



Figur 89 Plot som viser hvordan luft strømmen over kjøretøyet i en hastighet på 40 km/t.



Figur 90 Plot som viser hvordan luft strømmen over kjøretøyet i en hastighet på 80 km/t.



Figur 91 Plot som viser hvordan luft strømmen over kjøretøyet i en hastighet på 120 km/t.

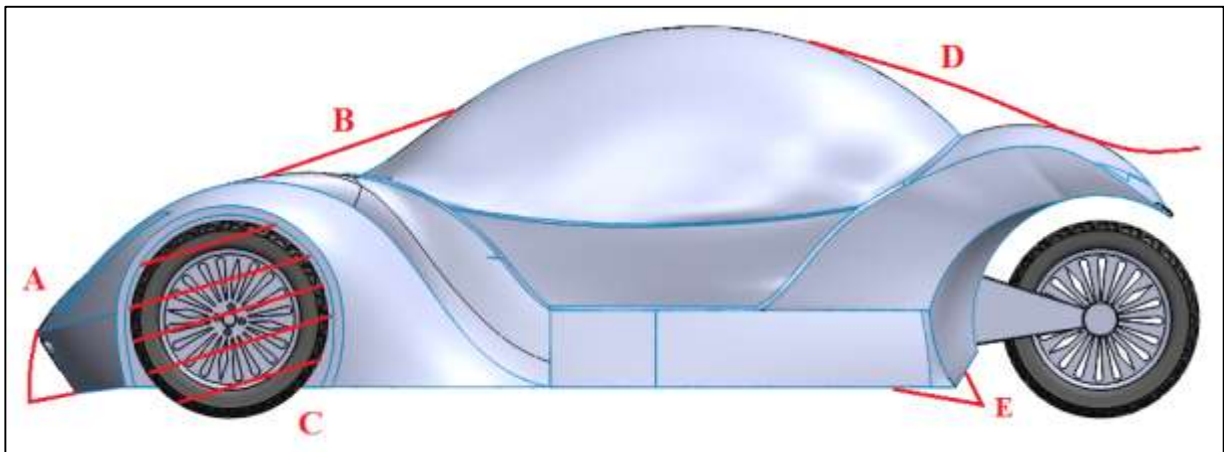
12.4 Konklusjon av luftmotstandsanalysen

Beregningene fra delkapittel 12.2 ga en urovekkende høy verdi på luftmotstandskoeffisienten. Beregningene ga en C_d -verdi på 0,32, noe som lå langt over verdien jeg hadde satt som hypotese. På grunn av at det er brukt en tilnærmet modell vil beregningene som her foreligger ikke stemme helt overens med resultatet som hadde forekommet fra den opprinnelige modellen. C_d -verdien vil nok være lavere enn 0,32 for den opprinnelige modellen, men vil trolig ikke være så lave som 0,24 som først antatt. Et annet forslag er å øke «meshen», det vil føre til at resultatene blir mer nøyaktige, selv om verdiene trolig ikke vil synke betraktelig mye.

Ved hjelp av luftmotstandsanalysen er det sett på hva slags endringer som bør gjøres for å bedre de aerodynamiske egenskapene til Dolphin Expression 2.0. Figur 92 viser en illustrasjon av hvilke områder som trengs og justeres for å få ned luftmotstanden.

Forslag til forbedringer av luftmotstanden på bakgrunn av figurene med trykkdannelse og luftstrømmer, figur 86 til 91:

- A) Frontpartiet bør rettes ut og avrundes ytterligere
- B) Nederste del av frontvindu bør heves slik at frontpartiet og taket får en jevn buet linje
- C) Innkapsle fronthjul
- D) Få en jevnere bue fra taket til bakenden
- E) Ha en skjerm foran det bakre hjulet



Figur 92 Illustrasjon av områder på 3D-modellen som kan forbedres

13 MARKEDSRENDERINGER

I dette kapitlet vises renderte illustrasjoner av 3D-modellen. Det er under dette kapitlet man virkelig får et innblikk i hvordan kjøretøyet vil egne seg i virkeligheten.

13.1 Renderte fremstillinger

Presentasjonsbilder av Dolphin Expression 2.0:



Figur 93 Illustrasjon av Dolphin Expression 2.0 sett skrått ovenfra fra høyre side



Figur 94 Illustrasjon av Dolphin Expression 2.0 vist bakfra fra høyre siden

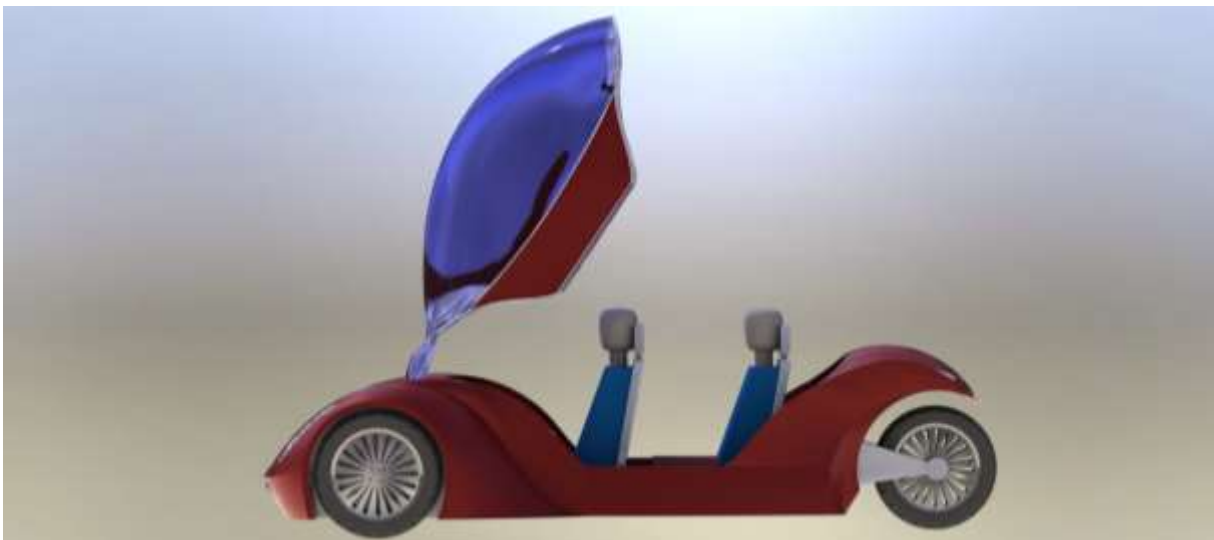


Figur 95 Illustrasjon av Dolphin Expression 2.0 sett fra forskjellige vinkler og zoomet inn på forskjellige detaljer. Viser kjøretøyet sett fra bakfra, ovenfra, sett fra siden, samt detaljer som felger, frontlykter, grill og baklykter

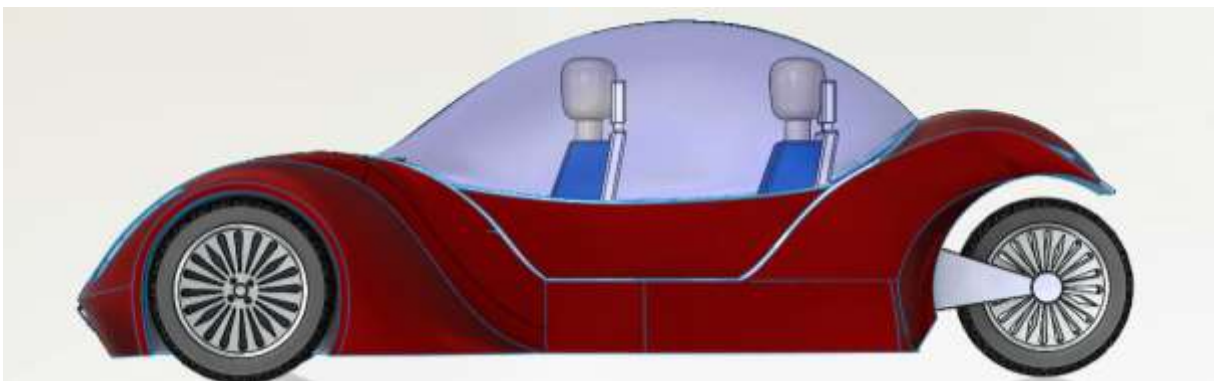
Sitteplassanordning:



Figur 96 Illustrasjon som viser sitteplassutforming sett fra siden ovenfra, med taket hevet



Figur 97 Illustrasjon som viser sitteplassanordning sett fra siden med taket hevet



Figur 98 Illustrasjon av som viser sitteplass sett fra siden med taket nede

Illustrasjoner i mørke omgivelser:



Figur 99 Rendert fremstilling av Dolphin Expression 2.0 plassert i mørke omgivelser med lysene på

Viser Dolphin Expression 2.0 i forskjellige miljøer og perspektiver:



Figur 100 Rendrert fremstilling av Dolphin Expression 2.0 vist i urbane omgivelser, bilde hentet i SolidWorks



Figur 101 Rendrert fremstilling av Dolphin Expression 2.0 plassert i New Yorks gater [56]



Figur 102 Rendrert fremstilling av Dolphin Expression 2.0. Kjørende på veien i mørket [57]



Figur 103 Rendrert fremstilling av Dolphin Expression 2.0, plassert i et tomt parkeringshus [56]





Figur 104 Rendrert fremstilling av Dolphin Expression 2.0, [56]



Figur 105 Rendrert fremstilling av Dolphin Expression 2.0, [58]

13.2 Fargevalg

Fargekart		
Dyp Rød	Eplegrønn	Lilla Fusion
		
Svart Metallic	Perlehvit	Kald Grå Metallic
		
Special Edition		
Varm Sølv Metallic	Gull Metallic	
		

Figur 106 Fargekollasj av de ulike fargevalgene. Det er valgt 6 forskjellige standardfarger for Dolphin Expression 2.0, i tillegg er det to Spesial Edition farger som sees på som litt mer eksklusive

13.3 Varemerke

Dolphin Expression 2.0 skal ha en miljøprofil, og det må derfor legges vekt på dette i markedsføringen av kjøretøyet. Det skal være attraktivt å velge miljøvennlig, derfor har Dolphin Expression 2.0 fått en estetisk utforming som skiller seg ut fra mengden. Dette er for å skape interesse og nysgjerrighet, og for å sette miljøvennlige kjøretøy på dagordenen og vise at de kan se trendy ut og være moderne sett i forhold til eksisterende kjøretøy. Kjøretøyet har fått et ungdommelig design og appellerer kanskje mest til de yngre, men målet er at kjøretøyets brukere skal være i mange forskjellige aldersgrupper. Dolphin Expression skal være en bil for de som er opptatt av kjøretøy og har lidenskap for design, samt å ha en interesse for å velge miljøvennlig.

Logoen til Dolphin Expression 2.0 er vist i figur 107. Logoen er utfomet som en delfinhale i midten, med bakstaven «D» på høyre side, som står for Dolphin. Delfinhalen er omgitt av et blått hav som står for et frisk miljø og frihet. Dolphin Expression 2.0 er et kjøretøy som er laget for å være en mer eksklusiv utgave av Dolphin Family, med plass til to voksne personer. Derfor har utformingen vært en viktig del av designprosessen. Det er brukt mye tid og resurser på å finne opp et originalt design, som skal forbause og overgå eksisterende modeller på markedet.



Figur 107 Logo til Dolphin Expression 2.0

Dolphin Expression 2.0 skal hovedsakelig være et mer miljøvennlig kjøretøy som kan brukes til småkjøring rundt i lokale diskrikter og til bykjøring. Bilen kan brukes til pendling til og fra jobb og levering i barnehage og til fra fritidsaktiviteter. Dolphin Expression 2.0 vil være et ypperlig kjøretøy til den slags bruk. Baksetet er tenkt som en modul som kan omgjøres til bagasjeplass, og kan derfor benyttes som blant annet postbil og tjenestetransport for kommuner. Videre kan kjøretøyet brukes til nyttetransport for firmaer som blant annet driver med elektriske installasjoner og praktiske oppgaver.

Markedet for et trehjuls kjøretøy er i dag forholdsvis snevert. Miljøvennlige kjøretøy har blitt valgt bort på bakgrunn av de mange konkurrerende forurensende praktiske kjøretøyene som er

på markedet. Utfordringen blir å vise forbrukerne nytten av mer miljøvennlige kjøretøy når det kommer til pris og utslipp. Dolphin Expression skal både være utslippsvennlig i forhold til eksisterende kjøretøy og nyttig med tanke på plass og dagligdagse behov for småkjøring. Figur 108 viser merkevaren Dolphin Expression 2.0 med en grønn miljøprofil som passer inn i dagens bærekraftige utvikling.



Figur 108 Dolphin Expression 2.0 med miljøprofil [59]

14 PROSESSEVALUERING OG DISKUSJON

I dette kapittelet gjøres det en evaluering av egeninnsats i forhold til mastergradsarbeidet, hva som kunne vært gjort annerledes ved å diskutere forbedringspotensialer når det kommer til arbeidsprosess og designløsninger.

14.1 Evaluering av konseptutviklingsarbeidet

Her blir arbeidsprosessen evaluert ved å se på hva som kunne vært forbedret. Mastergradsarbeidet har vært god læring for videre arbeid og jeg er jevnt over fornøyd med egen innsats, men som en del av prosessen er det viktig å se på arbeidet med kritiske øyne. Det vil i alle tilfeller være noe som kan forbedres.

Punkter som kunne vært gjort annerledes i arbeidet som er utført:

➤ **Gjelder for alle prosessene i prosjektarbeidet:**

Det å utvikle et kjøretøy krever mye kompetanse og er en tidkrevende prosess som bør fordeles på mange delprosjekter. Her har oppgaven bestått i et slikt delprosjekt, ved å designe eksteriør. Mye kunnskap om kjøretøy og teknikker er viktig for alle ledd i prosessen, noe som her vært begrenset i forhold til grunnlag og ressurser, derfor har det ikke blitt gått inn på detaljer og det helhetlige bilde.

➤ **Prosjektplanlegging:**

Når det kommer til planleggingen av prosjektet burde det vært gjort mer helhetlig og organisert. Det som ble planlagt steg for steg burde vært gjennomført i riktig rekkefølge. Når jeg nå ser tilbake på prosjektperioden har det vært mye frem og tilbake. Mange ting ble påbegynt med engang, men det var ingenting som ble fullført før mot slutten av prosessen.

➤ **Produktspesifisering:**

Det som har vært litt spesielt med tanke på å spesifisere produktet, er at det verken kan behandles som en bil eller en motorsykel. Om prosjektet skulle vært gjort om igjen måttet produktspesifiseringen blitt nøyere utført og på et mer dyptgående plan. For fremtidig utvikling vil det være lettere om det er et tettere samarbeid mellom de forskjellige delprosjektene, på grunn av at løsningene påvirker hverandre i veldig stor grad.

➤ **Designprosessen:**

Det ble brukt mye tid på å forbedre tegneteknikken, og det som var den største utfordringen var plasseringen av bakhjulet i forskjellige perspektiv. Det er fortsatt en del å gå på når det gjelder tegningene som er tegnet for hånd.

➤ **Utvelgesprosessen:**

Ved å se tilbake på prosessen for de forskjellige designvalgene er jeg fornøyd med de forskjellige utformingene. Når det gjelder utvelgelsen burde det blitt utført en grundig spørreundersøkelse for å se hva et flertall ville gått for. Ved den eksterne testingen burde også fagpersoner vært blant testpersonene, og tesingen burde vært utført i flere trinn av prosessen.

➤ **Modellering i SolidWorks:**

Modelleringen i SolidWorks var noe jeg uroet meg for og var innforstått med at kom til å bli en vanskelig jobb. Dette viste seg å stemme, da jeg brukte mye tid på å lage de

forskjellige overflatene, og måtte prøve ut forskjellige metoder helt til jeg fant noe som fungerte. For enkelte overflater måtte jeg gå videre selv om jeg ikke var fornøyd med resultatet, grunnet tidspress.

➤ **Luftstrømsanalyse:**

Her måtte det brukes noe unøyaktige beregninger siden den opprinnelige modellen i SolidWorks ikke kunne brukes i SolidWorks Flow Simulation grunnet fraværende masse og volum. Hadde tiden strukket til ville modellen blitt laget på nytt.

14.2 Designrevisjon

Etter at kjøretøyet ble 3D-modellert var det lettere å få en oppfattelse av størrelse og form. Det finnes forbedringspotensial for flere elementer av designet:

- Ved å se på den ferdige 3D-modellen er jeg ikke helt fornøyd med deler av baklyktene. Hvis jeg skulle gjort det om igjen hadde jeg kanskje villet prøvd å overføre helt samme form som på frontlyktene. En idé ville være å bruke halve formen til frontlyktene og overført dette til baklyktene, samt å utvikle flere alternativer for å sammenligne de opp mot hverandre.
- Det kan vise seg at formen må re-designes for å få plass til de nødvendige mekanismene bilen trenger. Det er ikke tatt hensyn til plassering av komponenter som motor og lignende, grunnet at det har vært uvisst hva som skal brukes i kjøretøyet.
- I bakenden, der det har begynt å smalne, er det noe som ikke stemmer med modelleringen. Her bør overflatene bli jevnere enn det de er nå.
- Ut ifra resultatene på luftmotstandsanalysen, bør noen linjer re-designes, se figur 92.

15 KONKLUSJON

I mastergradsarbeidet er det konseptualisert og utredet en formløsning på eksteriørdesignet til trehjuls-kjøretøyet Dolphin Expression 2.0. En grundig utvelgelse av designet er foretatt, og det er kommet frem til et endelig designforslag. Løsningsforslaget er bygget opp av teori rundt design, ergonomi og luftmotstand. For å komme frem til den endelige løsningen ble delmålene som ble satt for prosjektet gjennomført og oppnådd.

Delkapitlene under tar for seg resultatene for eksteriørdesignet, refleksjoner angående hva som har vært vellykket, samt anbefalinger for det videre arbeidet som gjenstår for at konseptet kan bli realisert.

15.1 Resultater

Slik problemstillingen beskriver har det blitt utviklet et ergonomisk design for lettvekt og småbilkonseptet Dolphin Expression 2.0. I tillegg til ergonomi har det også blitt lagt vekt på design og aerodynamikk. Ved konseptualisering og utredning kom til slutt designet på plass, og kan beskrives som moderne og fremtidsrettet. Designet på eksteriøret passer inn i dagens designtrender samtidig som det kan være like aktuelt om noen år. Dolphin Expression 2.0 kan i sin helhet beskrives som sportslig med en noe ungdommelig utstråling.

Designet på eksteriøret består i hovedsak av organiske former, og er strømlinjeformet fra front til bakende, med en lengde på 3784 mm. Kjøretøyet er utformet etter tadpole-prinsippet, med to hjul foran og et hjul bak, hvorav de to hjulene i front er innebygd i karosseriet. Ved å ha forhjulene under karosseriet ligner trehjulingen mer på en ordinær bil i front enn om de skulle vært plassert utenfor karosseriet, samtidig som det virker mer beskyttende. Bredden i front måler 1582 mm, som er tilpasset forhjulsopphenget til Hjertaas Hanssen [1.7]. For å bryte opp de myke linjene i hovedformen er det lagt til en litt skarpere kant helt i front som allikevel er utformet i en sval bue hvis man ser bilen ovenfra. I bakkant tilspisses enden i en smal buet spiss form.

Området over sitteplassene til fører og passasjer, som også kan beskrives som kjøretøyets midtparti, er utformet som en oval kuppel og er laget av glass. Den ovale kuppelen omkranser og beskytter interiøret og er en del av adkomstløsningen til kjøretøyet. Kjøretøyet har ikke vanlige dører, taket heves opp og ned for inn- og utstigning. Designet på kjøretøyets midtparti kan sammenlignes med cockpiten på et jagerfly, noe som også har vært en inspirasjonskilde ved utformingen av designet. Det høyeste punktet på bilen befinner seg på glasskuppelen/taket over sitteplassene, og er på 1275 mm.

Det er laget design til lykter, grill og felger. Plasseringen av frontlykter og grill kan minne om et ansikt, hvor lyktene er øyne og grillen er en nese, noe som også gjenspeiler egenskapene til komponentene. Lyktene er formgitt med en mer uorganisk form for å gi kjøretøyet en mer aggressiv framtoning. Lyktene er delt opp i to enheter, hvor begge lyktene har spisse kanter i alle hjørner. Grillen er plassert i midten helt i front med hensyn på luftinntak, og er utformet som en halv ellipse. Når det kommer til felgene er det designet et sirkulært mønster som er bygget opp av både runde og kantede former, såkalt dråpeform og rombe. Fører har en god sikt rundt kjøretøyet, på grunn av at det er glass i alle kjøretøyets vinkler ut fra førerens perspektiv.

Resultatene fra luftmotstandsanalysen viser at kjøretøyet har litt å gå på når det gjelder å være mest mulig aerodynamisk. Ut i fra luftmotstandsanalysen ble C_d -verdien beregnet til 0,32, noe som er en veldig høy verdi for et slikt kjøretøy. Resultatene er bare tilnærmet, det vil si at med en mer eksakt analyse vil trolig C_d -verdien bli noe lavere.

Spesifikasjoner for Dolphin Expression 2.0:

- Ytre dimensjoner for eksteriørdesignet
 - Lengde: 3784 mm
 - Bredden: 1582 mm
 - Høyde: 1275 mm
- Passende felg og dekkdimensjon
 - Felg: 17*5 tommer
 - Dekk: 150/70-17''
- Materialvalg
 - Karbonfiber (det er kun valgt material til skallet på kjøretøyet)
- Luftmotstandskoeffisient: 0,32
- Kostnad

- Kostnad i forbindelse med prosjektet er kalkulert til 495 000 kr. Her inngår kun produktutviklingsprosessen i en tidlig del av fasen, produksjon inngår ikke.

15.2 Anbefalinger

Dette delkapittelet beskriver hva som jeg ser på som vellykket med prosjektet og som anbefales å ta med videre ved enn eventuell videreutvikling.

- Adkomstløsningen med glasstaket er original og innovativ, og er noe som jeg tror vil vekke kunders interesse
- Frontlyktene er noe jeg er godt fornøyd med, jeg liker hvordan de får frem et aggressivt uttrykk i kjøretøyet. Måten de fremstår i modelleringen likner på håndskissene, så de har blitt utformet akkurat slik jeg hadde sett for meg
- Designet på felgene er enkle, men samtidig elegante og stilrene
- Det at den fremstår som en ordinær bil i front, bare i litt mindre skala er noe jeg tror kan bidra til at folk kan identifisere seg selv med produktet og gi positive assosiasjoner, og er derfor noe som anbefales å bruke videre.

15.3 Videre arbeid

Før en prototype av modellen kan lages er det mye som gjenstår. På grunn av tidsperspektiv og begrensninger er det derfor listet opp en del punkter for videre utvikling av konseptet.

Videre arbeid knyttet til eksteriørdesignet til Dolphin Expression 2.0:

- Utføre en bredere og mer omfattende spørreundersøkelse for å kartlegge kundens behov og synspunkter. Ut ifra undersøkelsesdataene må en se om designet bør endres for å tilfredsstill resultatene.
- Siden bagasje var et viktig element i spørreundersøkelsen, er det lurt å se på løsninger for oppbevaring av bagasje og gods, både av sikkerhetsmessige hensyn og det praktiske aspektet ved det. Det kan være praktisk å få plass til litt bagasje hvis man for eksempel skal ut og reise og sette kjøretøyet fra seg på en parkeringsplass for videre reising med fly eller buss. Har man vært og handlet er det lurt å oppbevare handleposen et trygt sted for å slippe og få posens innhold slengt i fronten ved hard oppbremsing eller ved ulykker. Siden kjøretøyet er ment å være så lite som mulig kan man alternativt plassere bagasje i passasjer sete og lage til en festeanordning for nettopp dette.
- Det bør lages avstivere i glasskuppelen som her er blitt modellert i en enhet med bare glass i tak utover på alle sidene uten noen form for sikkerhetsmessige hensyn og uten produksjonsmessige faktorer.
- Optimalisering av SolidWorks-modell. Enkelte overflater er ikke helt jevne og noen av linjene bør re-designes.
- For en mer virkelighetsfull opplevelse av SolidWorks-modellen bør det blant annet modelleres bremseskiver og bremseklosser.
- FEM-analyse.
- Teknisk løsning som får taket til og heves opp og igjen for inn- og utstigning av kjøretøyet

- Kameraløsning som skal kunne erstatte utvendige speil.
- Foreta en mer nøyaktig luftstrømsanalyse og teste ut om luftmotstandskoeffisienten kan reduseres ved å gjøre små endringer på designet
- Fullstendige sikt- og ergonomiundersøkelser
- Lage en skalamodell for å teste egenskaper

Forslag til videre arbeid knyttet til trehjulskonseptet Dolphin Expression 2.0:

- Interiørløsningen må designes, med seter og dashbord. Den eksisterende interiørløsningen til Rashid [1.9] vil ikke passe til valgt formspråk. Personlig bør det innvendige designet reflektere det utvendige designet og stå i stil med hverandre. Valgt linjeføring passer heller ikke helt optimalt med eksisterende interiørløsning, men er noe som kan optimaliseres hvis dette er ønskelig for den som arbeider med konseptet videre.
- Optimalisering av sikkerhet og kollisjonstesting. Utføre sikkerhetsanalyser for å plassere airbager riktig i forhold til utforming på eksteriør- og interiørdesign. Bør noe re-designes for å kunne øke sikkerheten?
- Elementer som får kjøretøyet til å gå framover må velges, som motor, clutch, girkasse og differensial. Bør kjøretøyet ha en forbrenningsmotor eller en elektrisk motor, eller en kombinasjon?
- Grillen må sløyas eller tettes hvis det ikke blir behov for luftinntak, det vil si hvis bilen får en elektrisk drivlinje
- For denne oppgaven er det tatt utgangspunkt i at forhjulsopphenget laget av Hjertaas Hanssen [1.7] skal brukes. For å spare plass bør forhjulsopphenget optimeres noe, et forslag kan være å løse det med torsjonsfjæring som kan integreres bedre i kjøretøyet og vil være plassbesparende.
- Utarbeide materialløsninger for alle komponenter
- Fullstendige produksjonstegninger
- Utføre fullstendige kostnadskalkyler for konseptarbeid, prototype og serieproduksjon
- Produksjon av prototype

16 REFERANSER

16.1 Skriftlige kilder

- 1.1 Brevik, Anders og Lundheim, Lars T (2007/2008). Dolphin: formkonsept for trike. Institutt for matematiske realfag og teknologi: Universitetet for miljø- og biovitenskap. 96 s.
- 1.2 Bøe, Jan Kåre (2013). *Konsept- og produktrealisering*. Institutt for matematiske realfag og teknologi: Universitetet for miljø- og biovitenskap. 124 s.
- 1.3 Bøe, Jan Kåre (200X). *Produktutvikling og produktdesign*. Institutt for matematiske realfag og teknologi: Universitetet for miljø- og biovitenskap. 218 s.
- 1.4 Eissen, K. & Steur, R., (2013). *Sketching: drawing techniques for product designers*, Amsterdam: BIS Publishers; 1 edition. 256 s.
- 1.5 Eissen, K. & Steur, R., (2014). *Sketching: product design presentation*, Amsterdam: BIS Publishers; 1 edition. 200 s.
- 1.6 Eissen, K. & Steur, R., (2013). *Sketching: the basics*, Amsterdam: BIS Publishers; 1 edition. 204 s.
- 1.7 Hanssen, Jarle H. (2014). Dolphin Duo 1+1: utvikling av hjuloppheng for lettvektskjøretøy. Institutt for matematiske realfag og teknologi: Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. 159 s.
- 1.8 Leanderson, Christoffer F. (2012). Dolphin Family, del D: Konseptualisering og design av overchassis for et trehjuls lettvektskjøretøy. Institutt for matematiske realfag og teknologi: Universitetet for miljø- og biovitenskap. 131 s.
- 1.9 Rashid, Mizgin A. (2012). Dolphin Duo 1+1: utvikling av interiørdesign for lettvektskjøretøy. Institutt for matematiske realfag og teknologi: Universitetet for miljø- og biovitenskap. 178 s.
- 1.10 Tilley, Alvin R. og Henry D. Accociates (2002), *The Measure of Man & Woman – Human Factors in design*, Revised Edition, John Wiley & Sons, Inc
- 1.11 U, Adler. (1986). *Bosch: Automotive handbook*. s.l.: VDI-verlag. 707 s. ISBN: 3-18-418006-9
- 1.12 Vavik, Tom (1990). *Menneskelige aspekter i design: en innføring i ergonomi*. Trondheim: IPD,NTNU, 1990. 213 s. ISBN: 82-91917-00-0

16.2 Nettkilder

1. Bilde utslipp, Oslo og Akershus bilbransjeforening, hentet fra: <http://www.nbf.no/oslo>
2. Isetta informasjon, Store Norske Leksikon, hentet fra: <http://www.snl.no/Isetta>
3. Bilde av Isetta, GoMotors Team, hentet fra: <http://www.gomotors.net/BMW>
4. Statistikk, Statistisk Sentralbyrå, hentet fra: <https://www.ssb.no>
5. Trehjuls motorvogn, Lovdata, hentet fra: <https://lovdata.no>
6. Aptera futuristisk, ABC News Network, hentet fra: <http://abcnews.go.com/>

7. Aptera automobile, Gizmag, hentet fra: <http://www.gizmag.com/aptera-independent-production-us/27868/>
8. Bilde av Aptera, High Gear Media, hentet fra: <http://www.greencarreport.com>
9. Aptera 2 Series, Wikipedia Foundation Inc, hentet fra: <https://en.wikipedia.org>
10. Bilde Elio, Bilforlaget AS, hentet fra: <http://www.bilnorge.no>
11. Elio nettside, Elio Motors Inc, hentet fra: <http://www.eliomotors.com>
12. Trehjuling fra Elio, DB Medialab AS, hentet fra: <http://www.dinside.no>
13. Elio, Wikipedia Foundation Inc, hentet fra: <https://en.wikipedia.org>
14. Elio material, Elio Motors Inc, hentet fra: <https://eliomotors.wordpress.com>
15. Toyota i-Road, DB Medialab AS, hentet fra: <http://www.dagbladet.no>
16. Bilde av Toyota i-Road, Toyota Motor Corporation, hentet fra: <http://www.toyota-global.com>
17. Myers Motor NMG2, AOL Inc, hentet fra: <http://www.autoblog.com>
18. Myers Redesign NMG, Sustainable Enterprises Media Inc, hentet fra: <http://gas2.org>
19. Bilde Myers Motors, High Gear Media, hentet fra: <http://www.greencarreports.com>
20. Bilde av Proxima, NerdBeach/Greg Chaffins, hentet fra: <http://nerdbeach.com>
21. Proxima concept, Tuvie-Futuristic Technology, hentet fra: <http://www.tuvie.com>
22. Ergonomi, Foreningen Store Norske Leksikon, hentet fra: <http://sml.sn.no>
23. Bilde av ergonomisk bilsete, Ergonomics Guru, hentet fra: <http://ergonomicsguru.com>
24. Bilde av dårlig ergonomi, Yahoo Company, hentet fra <http://www.flickr.com>
25. Bilde fra utstigning av kjøretøy, Fuji Heavy Industries Ltd, hentet fra: <http://sgws.subaru.no>
26. Bilde blindsoner, NM Designs, hentet fra: <http://www.shifting-gears.com>
27. Aerodynamikk avgjør farta, Teknisk Ukeblad Media AS, hentet fra: <http://www.tu.no>
28. Bilde av Mercedes-Benz drag, Penton, hentet fra: <http://wardsauto.com>
29. Bilde av strømlinjeformet figur, Coilgun Systems, hentet fra: <http://www.coilgun.eclipse.co.uk/>
30. Volkswagen aerodynamikk, Volkswagen, hentet fra: <http://www.volkswagen.no>
31. Bilde Volkswagen drag, Motorburn, hentet fra: <http://motorburn.com>
32. Bilde av kvartskrystall, Store norske leksikon, hentet fra: <https://snl.no>
33. Bilde av hvithval/beluga, Zooborns, hentet fra: <http://www.zooborns.typepad.com>
34. Bilde uorganisk arkitektur, Yimby Stockholm, hentet fra: <http://www.yimby.se>
35. Bilde organiske arkitektur, Sara Thormar, hentet fra: <http://sarathormar.dk>
36. Bilde av Ford Model T, GlowHost, hentet fra: <http://www.meguiarsonline.com>
37. Bilde av Ford 730D, MediaWiki Software, hentet fra: <http://commons.wikimedia.org>
38. Bilde av Ford Custom, All Auto Network, hentet fra: <http://www.fabulous50sclassics.com>

39. Bilde av Ford Granada, CarGurus Inc, hentet fra: <http://www.cargurus.com>
40. Bilde av Ford Mondeo, Carfolio.com, hentet fra: <http://www.carfolio.com>
41. Bilde av Ford Fusion, Grafhiq Inc, hentet fra: <http://cars.axlegeeks.com>
42. Bilde Mercedes Benz formspråk, Leith Inc, hentet fra: <http://www.mercedesbenzraleigh.com>
43. Bilde av Golf lykter, Carscoop & Carscoops, hentet fra: <http://www.carscoops.com>
44. Bilde av Ferrari, Pininfarina, WikiMedia Foundation Inc, hentet fra: <http://en.wikipedia.org>
45. Bilde av Lamborghini Diablo, Amzcar.com, hentet fra: <http://www.amzcar.com>
46. Bilde av jagerfly, , hentet fra: <http://tokdehistoria.com>
47. Bilde av organiske linjer, -, hentet fra: <http://people.bath.ac.uk/abscjkw/OrganicForms/SlideShow/G08%20Sculpture.jpg>
48. Bilde av blad, MTAB Group, hentet fra: <http://www.mtab.no>
49. Bilde av aerodynamisk sykkel, Stack Exchange Inc, hentet fra: <http://bicycles.stackexchange.com>
50. Bilde av rumpetroll, Laura Strickland, hentet fra: <http://www.mycutegraphics.com>
51. Bilde dynamisk yoga, Villas Solar, hentet fra: <http://villassolar.com>
52. Bilde av gepard, Wordpress, hentet fra: <http://coldwarwarrior.com>
53. Bilde av futuristisk by, Space Walrus Studios, hentet fra: <http://www.space-walrus.com>
54. Bilde av Tesla modell X uten speil, Egmont Publishing, hentet fra: <http://www.klikk.no>
55. Bilde av digitalt bakspeil, Bilforlaget AS, hentet fra: <http://www.bilnorge.no>
56. Bildebakgrunn: Downtown New York, Parking Garage Empty, Terraced House Villa, Pixabay, hentet fra: <https://pixabay.com>
57. Bildebakgrunn Coastal Road at night, Sevendesktop, hentet fra: <http://sevendesktop.com>
58. Bildebakgrunn garasje, Homecut, hentet fra: <http://homecut.info>
59. Bakgrunn Halv klode, Pichost.me, hentet fra: <http://pichost.me>

17 VEDLEGG

Vedlegg 1:	Kontrakt til mastergradsarbeidet
Vedlegg 2:	Fremdriftsplan med milepæler
Vedlegg 3:	Antropometriske mål, 99 prosentil mann
Vedlegg 4:	Antropometriske mål, 1 prosentil dame
Vedlegg 5:	Kjøretøy anbefalinger
Vedlegg 6:	Synsvinkler
Vedlegg 7:	Skissetegninger
Vedlegg 8:	Spørreundersøkelsesskjema
Vedlegg 9:	Resultater fra SolidWorks FlowSimulation
Vedlegg 10:	ISO-tegning, Hoveddimensjoner
Vedlegg 11:	ISO-tegning, Eksplosjonstegning

Vedlegg 1: Kontrakt for mastergradsarbeidet



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Kontrakt mellom student(er) og veileder(e), inkludert prosjekt- og fremdriftsplan for gradsoppgaver.

Vedrørende frist for innlevering: kontakt studieveileder
Skjemaet fylles ut, signeres og leveres instituttet.

Kontrakt mellom	
Studenten(e)s navn Tone Skaar Olsen	Studentnummer 38248
Hovedveilederens navn (som er tilsatt ved NMBU) og institutt F.amanuensis Jan Kåre Bøe, Institutt for matematiske realfag og teknologi	
Tilleggsveileder(e)s (ekstern/intern) navn og institusjon/institutt <small>F.amanuensis Carlos Sales Brigan, Institutt for matematiske realfag og teknologi, NMBU</small>	

Gradsoppgaven				
Oppgavens omfang i studiepoeng 30 stp.				
Foreløpig tittel (norsk og engelsk) "Utvikling av eksteriørdesign og førerergonomiske løsninger for Dolphin Expression 2.0 " "Development of exterior design and driver ergonomics for Dolphin Expression 2,0"				
Skal skrives på følgende språk	Norsk <input checked="" type="checkbox"/>	Dansk <input type="checkbox"/>	Svensk <input type="checkbox"/>	Engelsk <input type="checkbox"/>
Problemstilling/målbeskrivelse Se vedlagt målbeskrivelse.				
Kort om materiale og metode Se vedlagt beskrivelse av materiale og metode.				
Budsjett (utgifter til felt, lab. arbeid, reiser, trykking av oppgave osv, og hvordan dette er tenkt dekket) Se vedlagt budsjett				

Spesialpensum (NB! Gjelder kun masteroppgaver og er valgfritt)			
Skal du/dere ha spesialpensum?	Ja <input type="checkbox"/>	Nei <input checked="" type="checkbox"/>	
Hvis ja, hvor omfattende?	5 stp <input type="checkbox"/>	10 stp <input type="checkbox"/>	15 stp <input type="checkbox"/>

Fremdriftsplan

	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DES	ÅR
Start	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Forberedelser	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Feltarbeid	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Lab. arbeid	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Databearbeiding	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Oppgaveskriving	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Redigering	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Trykking	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Innlevering	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	15.12.12
Definere spes. pens*	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Lese spes. pensum*	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Eksamen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Feb.2016
Annet:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

* Disse punktene gjelder for studenter med masteroppgave på 30/60 stp som ønsker å ha et spesialpensum.


Eventuelle kommentarer

Se vedlegg.

Studentenes eget ansvar	
Som student med gradsoppgave i utlandet er jeg/vi selv ansvarlig for å ta kontakt med egnet helsepersonell for å få orientering om hvilke vaksiner/medisiner jeg/vi må ta. Det er også mitt ansvar å ta vaksinene før avreise og følge riktig dosering på medisinene under feltarbeidet.	<input type="checkbox"/>
Som student med gradsoppgave i utlandet er jeg/vi selv ansvarlig for å skaffe visum, oppholdstillatelse og evt. andre nødvendige papirer til det aktuelle land før avreise.	<input type="checkbox"/>
Som student med laboratoriearbeid, plikter jeg/vi å følge instituttets regler og forskrifter for bruk av lokaler og utstyr.	<input checked="" type="checkbox"/>
Som student med arbeid som innebærer bruk av ulikt utstyr tilhørende instituttet, plikter jeg/vi å bruke utstyret etter de regler som instituttet har.	<input checked="" type="checkbox"/>
Som student plikter jeg/vi å levere 3 eksemplar av oppgaven for stempling ved SiT (ett beholder SiT for levering til hovedbibliotek, ett til hovedveileder og ett til sensor). I tillegg ønsker instituttene ett eksemplar til eget bibliotek. Gradsoppgaven skal i tillegg innleveres i en elektronisk versjon i PDF-format.	<input checked="" type="checkbox"/>
Jeg/vi er kjent med at brudd på bestemmelsene om fusk eller forsøk på fusk samt plagiat eller forsøk på plagiat, kan medføre bortvisning fra universitetet.	<input checked="" type="checkbox"/>

Forpliktelser	
Jeg/vi har lest, og gjort oss kjent med, NMBUs regelverk om gradsoppgaver, under linken: http://www.umb.no/statisk/sit/artikkel/forskrifter	Stud. <input checked="" type="checkbox"/> Veil. <input checked="" type="checkbox"/>
Jeg/vi har lest, og gjort oss kjent med, NMBUs retningslinjer for behandling av fusk og forsøk på fusk til eksamen og prøve, under linken:	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>

http://www.umb.no/statisk/sit/forskrifter/norske/forskrifter_internerutiner_regelverk_fusk.pdf		
Hvis spesialpensum forplikter jeg/vi meg/oss til å definere spesialpensumets tittel og innhold senest 1 måned før eksamen i spesialpensumet i masterstudiet, og levere dette til undervisningsutvalget for godkjenning. Tittelen skal være på norsk og engelsk.	Stud.	Veil.
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
For studenter som skriver (utarbeider) gradsoppgaven sammen:		
..... Jeg forplikter meg til å møte fram til muntlig diskusjon av oppgaven		<input type="checkbox"/>
..... Jeg forplikter meg til å møte fram til muntlig diskusjon av oppgaven		<input type="checkbox"/>
Som veileder(e) forplikter jeg/vi meg/oss til å veilede studenten(e) etter beste evne. Jeg (vi) vil avsette 20/40/80 timer til veiledning/korreksjon/sensurering.		Veil.
		<input checked="" type="checkbox"/>
Når hoved- og tilleggsveileder(e) er ansatt på ulike institutt ved UMB, avtaler vi med dette å fordele veiledningsansvaret med følgende prosentsetser.	Hovedveileder:	
Punktet må fylles ut pga UMBs budsjettmodell.	Tilleggsveileder:	
Som student vil jeg/vi etter beste evne følge denne kontrakten (med prosjekt- og fremdriftsplan), som jeg/vi og min(e) veileder(e) har utarbeidet.	Stud.	
		<input checked="" type="checkbox"/>

Underskrifter
Student(er) (sted, dato, navn) Ås 26.08-2015 Jone Skaar-Olsen
Hovedveileder (sted, dato, navn) Ås 26/8-2015 
Tilleggsveileder(e) (sted, dato, navn)

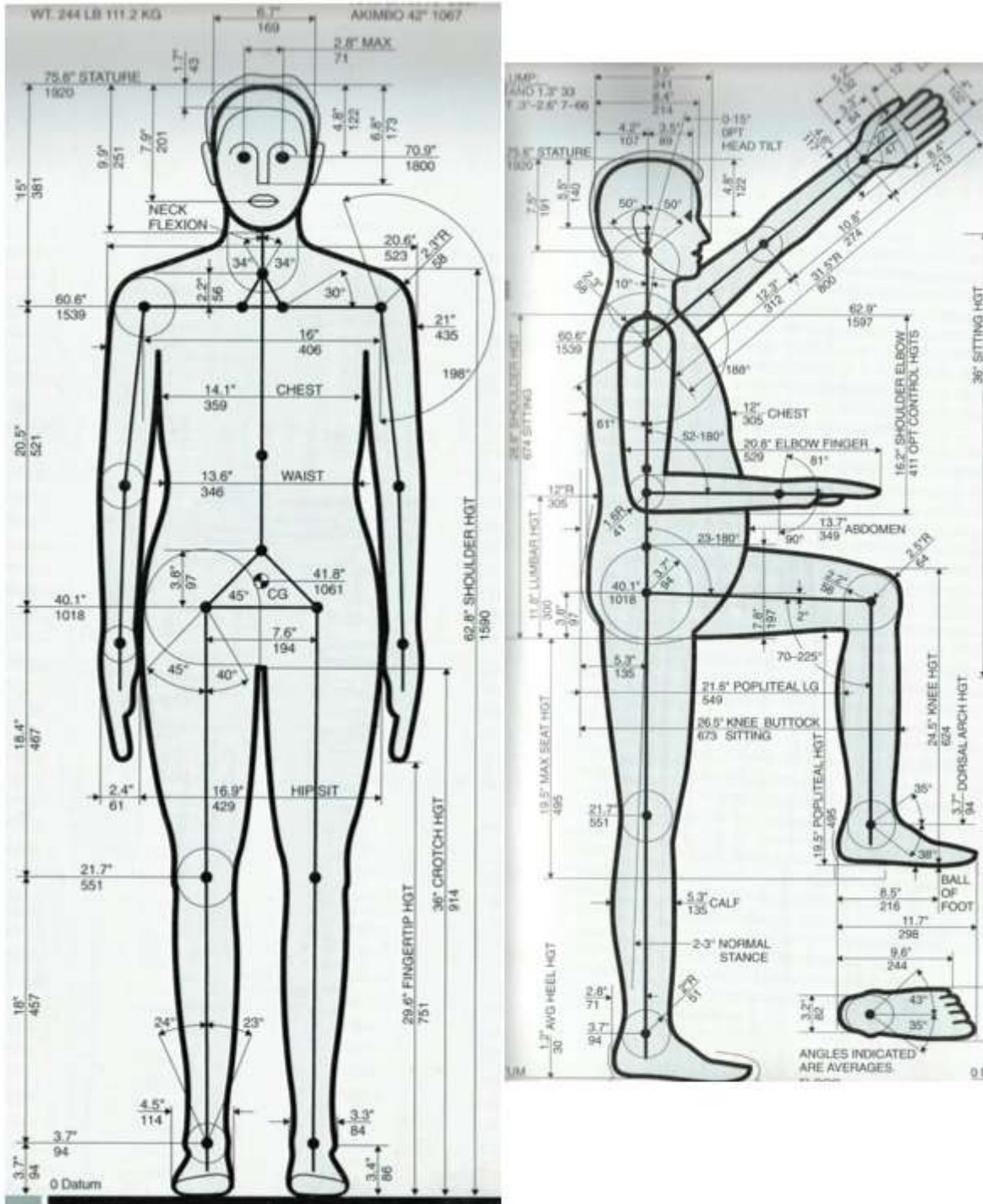
FYLLES UT AV INSTITUTTET
KONTRAKT, PROSJEKT- OG FREMDRIFTSPLANEN ER MOTTATT (Dato og instituttets stempel)
Planen er godkjent av UU-leder (Dato og underskrift)

Vedlegg 2: Fremdriftsplan med milepæler

FREMDRIFTSPLAN MED MILEPÆLER													
Aktivitet:	Måned (år 2015):												
	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DES	DATO
Oppstart, definere prosjekt													
Forberedelsesarbeid													
Prosjektplanlegging													
Rapportskriving													
Metode, teoriutredning og formstudie													
Spesifisering													
Konseptutvikling													
Konseptvalg av endelig løsning													
3D-modellering													
Ekstern testing													
Luftmotstandsanalyse													
Sluttredninger/Markedspresentasjon													
Konklusjon, slutføring og trykking													
Innlevering													15.12.2015 ▲
Presentasjon av oppgaven													Jan/Feb. 2016 ▲

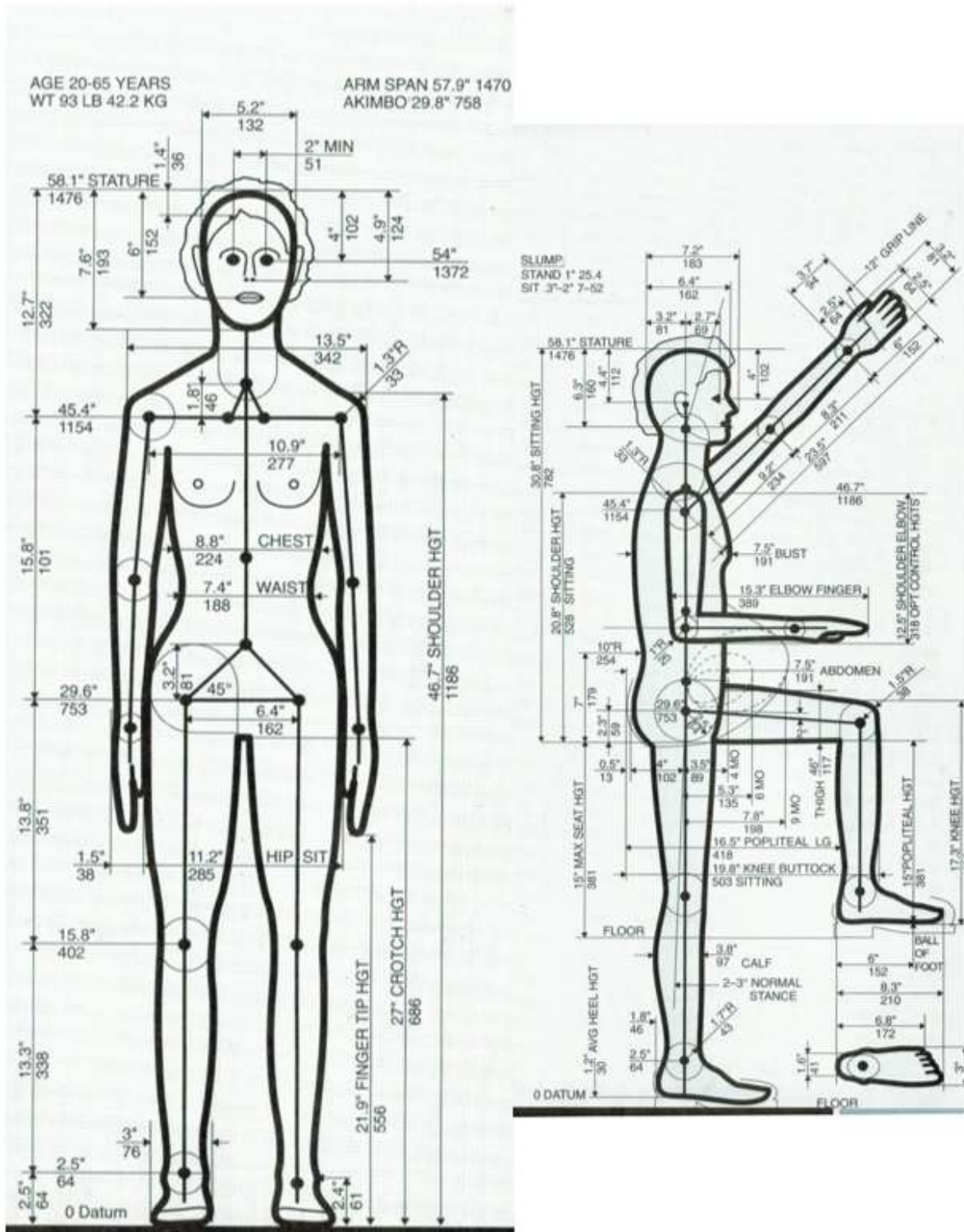
Milepæler er merket med blå trekant ▲

Vedlegg 3: Antropometriske mål, 99 prosentil mann



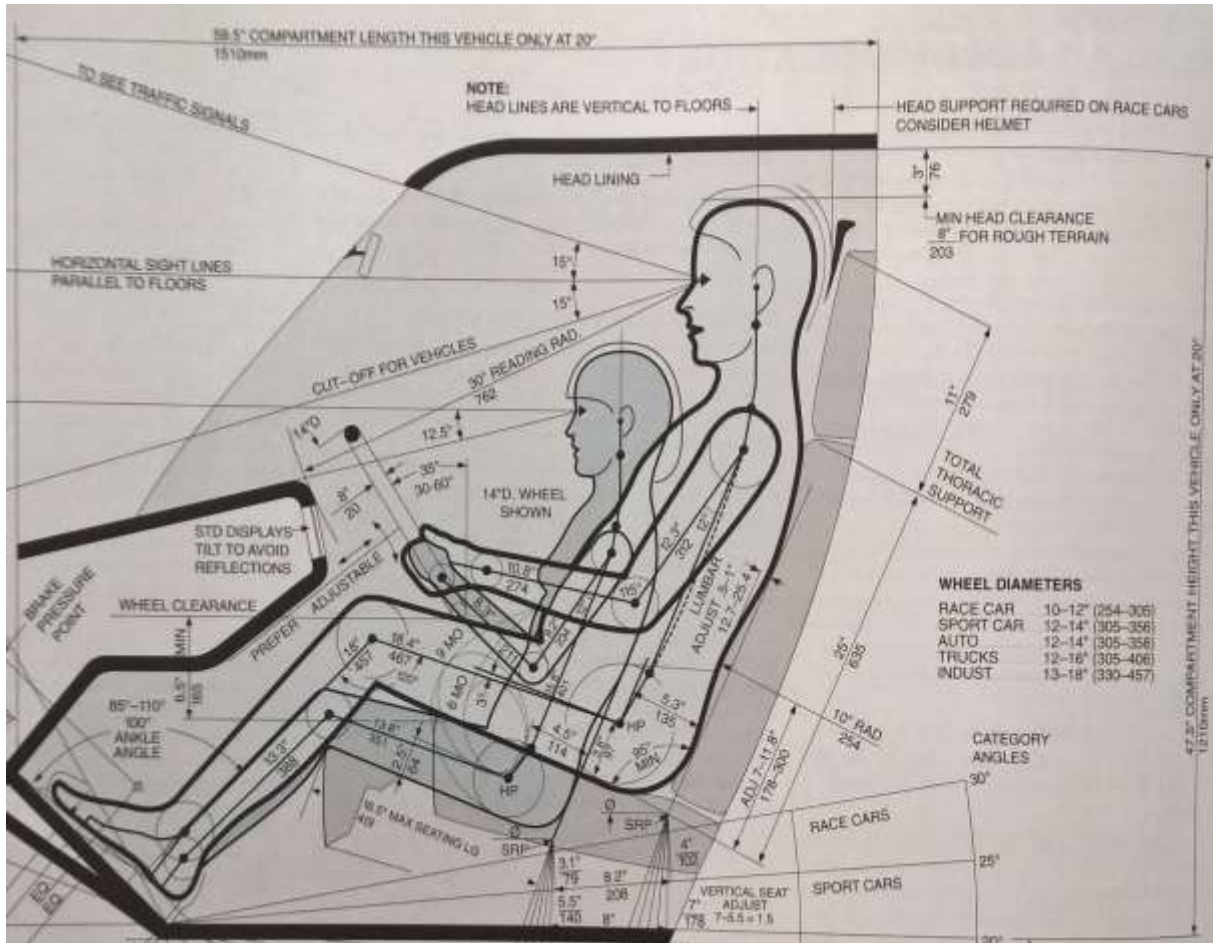
Figur 109 hentet fra boken *The Measure of Man & Woman – Human Factors in design* [1.4]

Vedlegg 4: Antropometriske mål, 1 prosentil dame



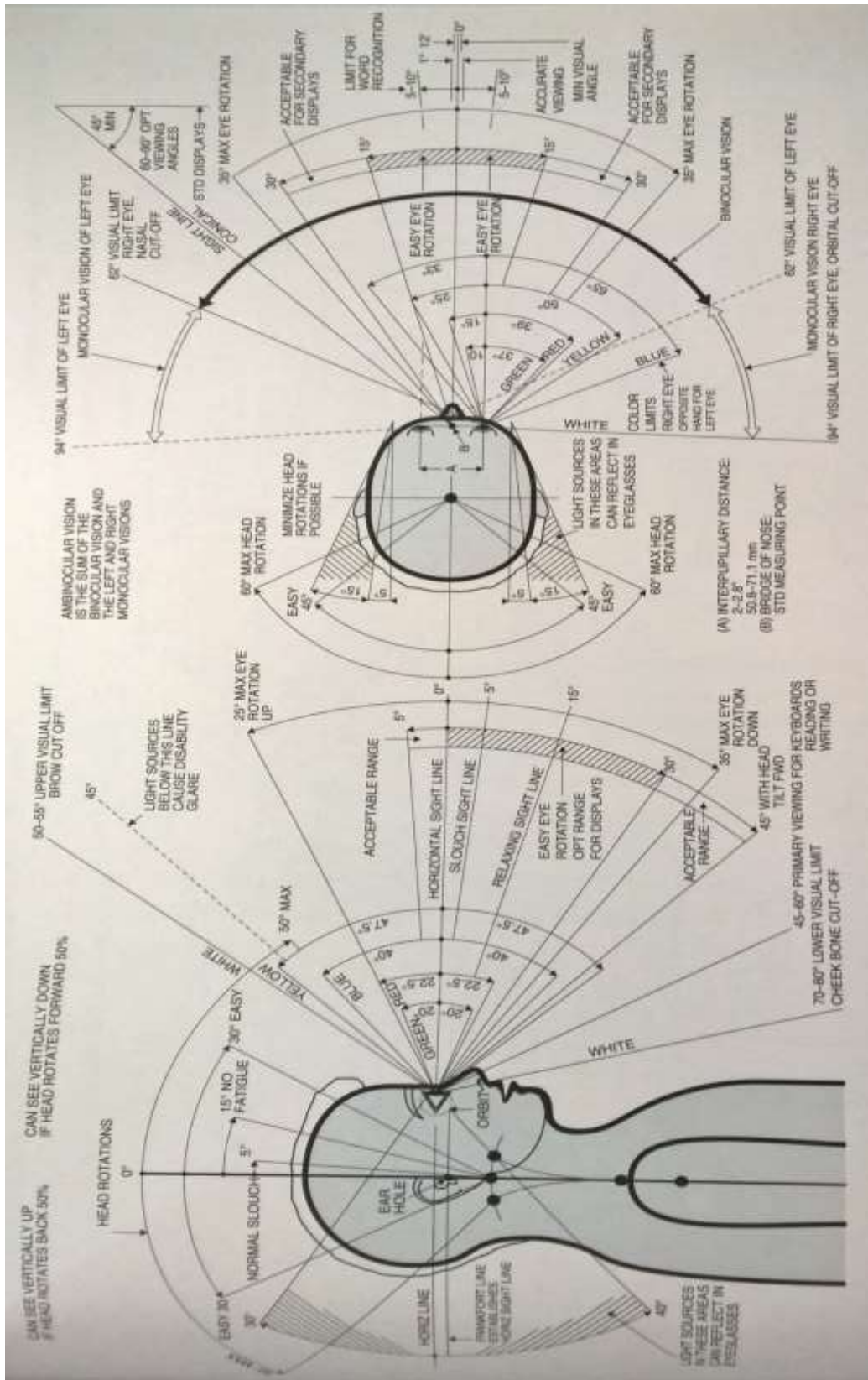
Figur 110 hentet fra boken *The Measure of Man & Woman – Human Factors in design* [1.4]

Vedlegg 5: Kjøretøy anbefalinger



Figur 111 hentet fra boken *The Measure of Man & Woman – Human Factors in design* [1.4]

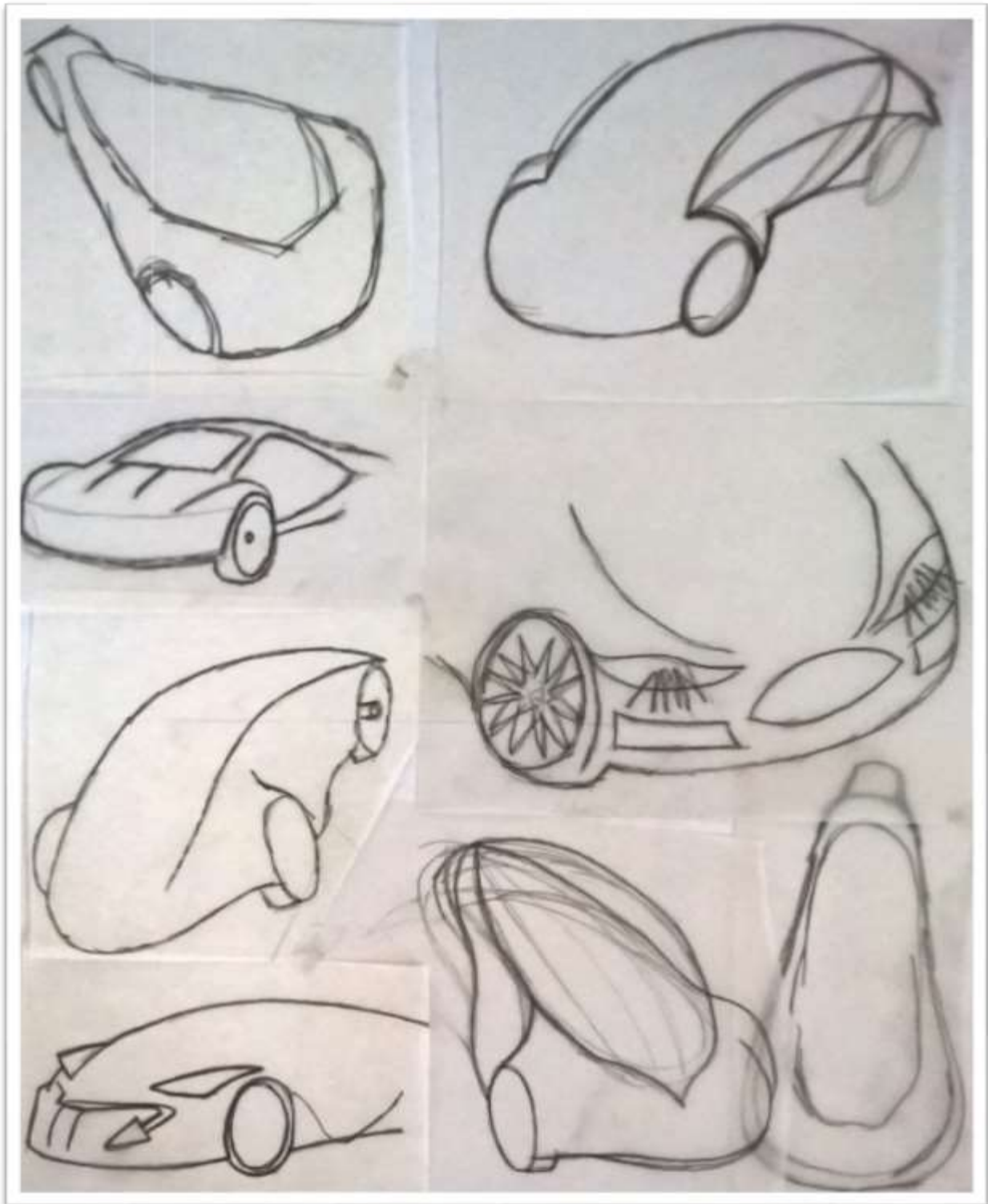
Vedlegg 6: Synsvinkler



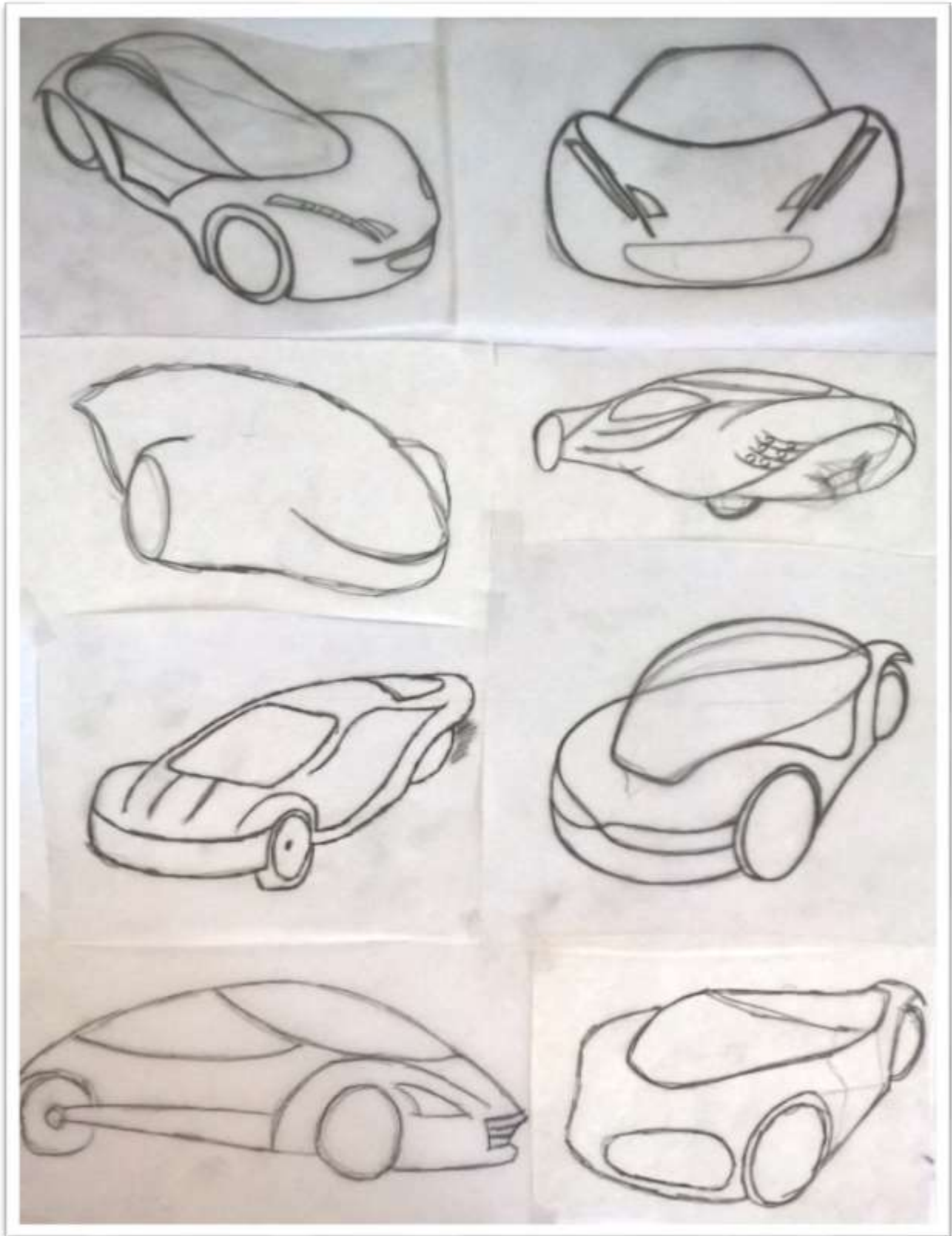
Figur 112 Oversikt over synsvinkler, hentet fra *The Measure of Man & Woman – Human Factors in design* [1.4]

Vedlegg 7: Skissetegninger

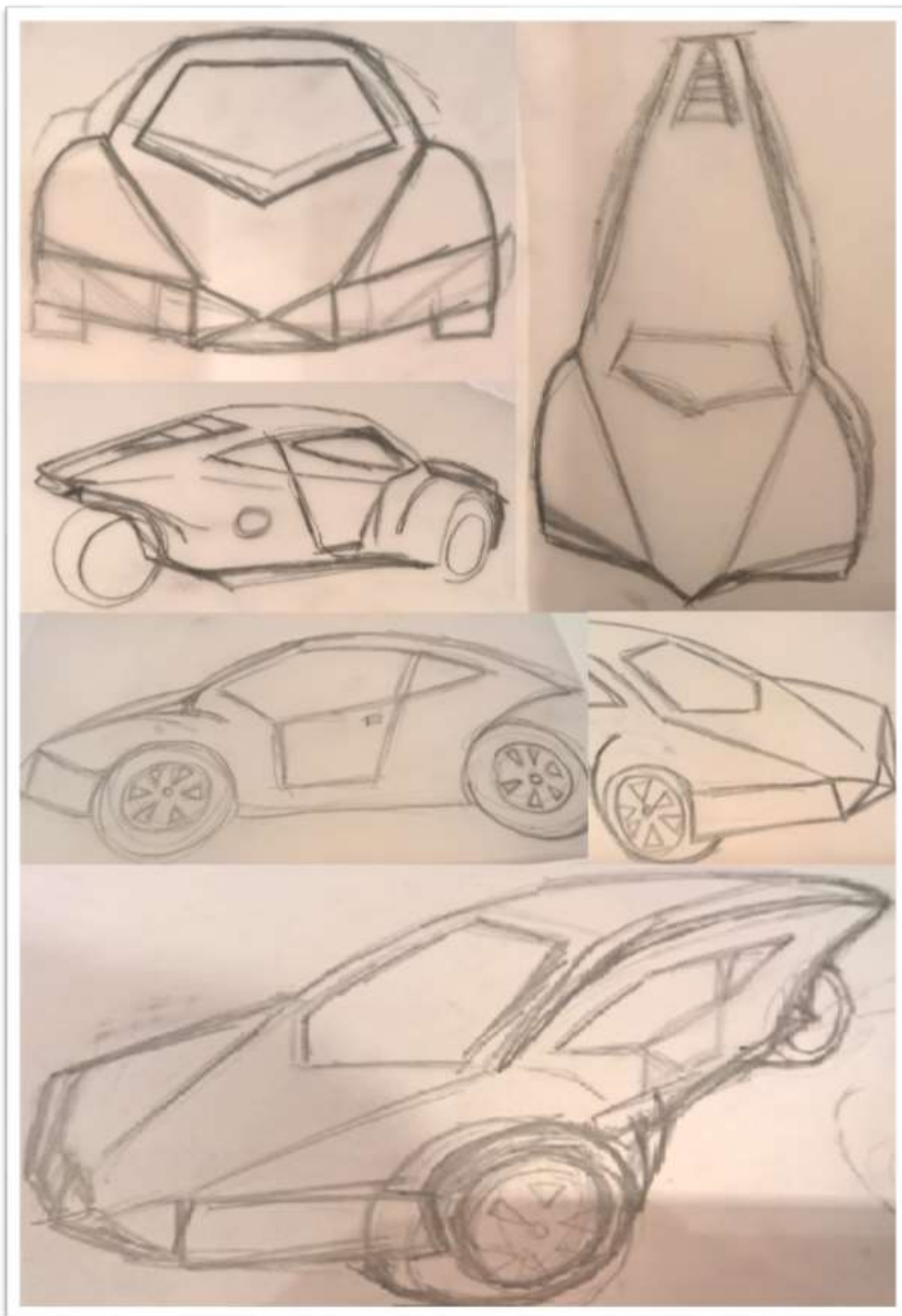
Et utvalg av noen av skissene i prosessen:



Figur 113 Skisser fra utviklingsprosessen



Figur 114 Skisser fra utviklingsprosessen



Figur 115 Skisser fra utviklingsprosessen

Vedlegg 8: Spørreundersøkelsesskjema

Skjema brukt i spørreundersøkelsen fra kapittel

Hei!

I forbindelse med mitt avsluttende mastergradsarbeid ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, har jeg laget en spørreundersøkelse knyttet til utviklingen av en konseptbil med tre hjul. Håper du vil ta deg tid til å svare på noen spørsmål!

Alder: _____

Kjønn: Mann Kvinne

Litt info knyttet til undersøkelsen:

Prosjektet jeg holder på med går ut på å designe eksteriøret til et kjøretøy med to hjul foran og et hjul bak. Tanken bak prosjektet er at det skal være miljøvennlig med lavest mulig vekt og i tillegg ha kvaliteter som ergonomisk og med et fremtidsrettet design.



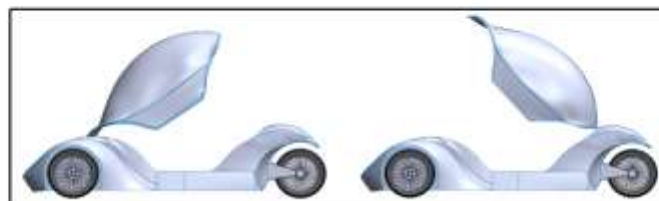
1. Hva er dine tanker rundt et kjøretøy som har to hjul foran og et hjul bak? Er det noe dere selv kunne brukt i hverdagen? For deg som ikke er gammel nok enda til å kjøre bil, er det noe dere tror er en god løsning for et fremtidig kjøretøy med tanke på miljø og plassbesparelse? _____

2. Hva er dine synspunkter om kjøretøyet du ser på figuren ovenfor? (Skriv litt om hvordan du liker designet på bilen, er det noe som kunne vært annerledes) _____

3. Når det kommer til adkomstløsningen til kjøretøyet er det tenkt at hele taket skal heves automatisk opp og ned ved hjelp av en knapp, se figuren under. Hva synes du om denne type adkomstløsning? (Nevn positive og negative sider ved denne løsningen) _____

4. Er det best at taket heves i forkant eller bakkant? Se på de to bildene over og vurder hvilken løsning som er best? _____

5. Har du noen innspill generelt til forbedringer som kan gjøres i forhold til design og utforming av kjøretøyet? _____



Tusen takk for hjelpen!

Vedlegg 9: Resultater fra SolidWorks FlowSimulation

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress [%]	Use In Convergence	Delta	Criteria
GG Force (X) 1	[N]	17.42666782	17.64536228	17.407441	18.16660832	100	Yes	0.759167315	1.225978161
GG Force (Y) 1	[N]	6.230688511	6.340545254	6.230688511	6.56626767	100	Yes	0.335579159	0.361374469

Iterations: 73
Analysis interval: 32

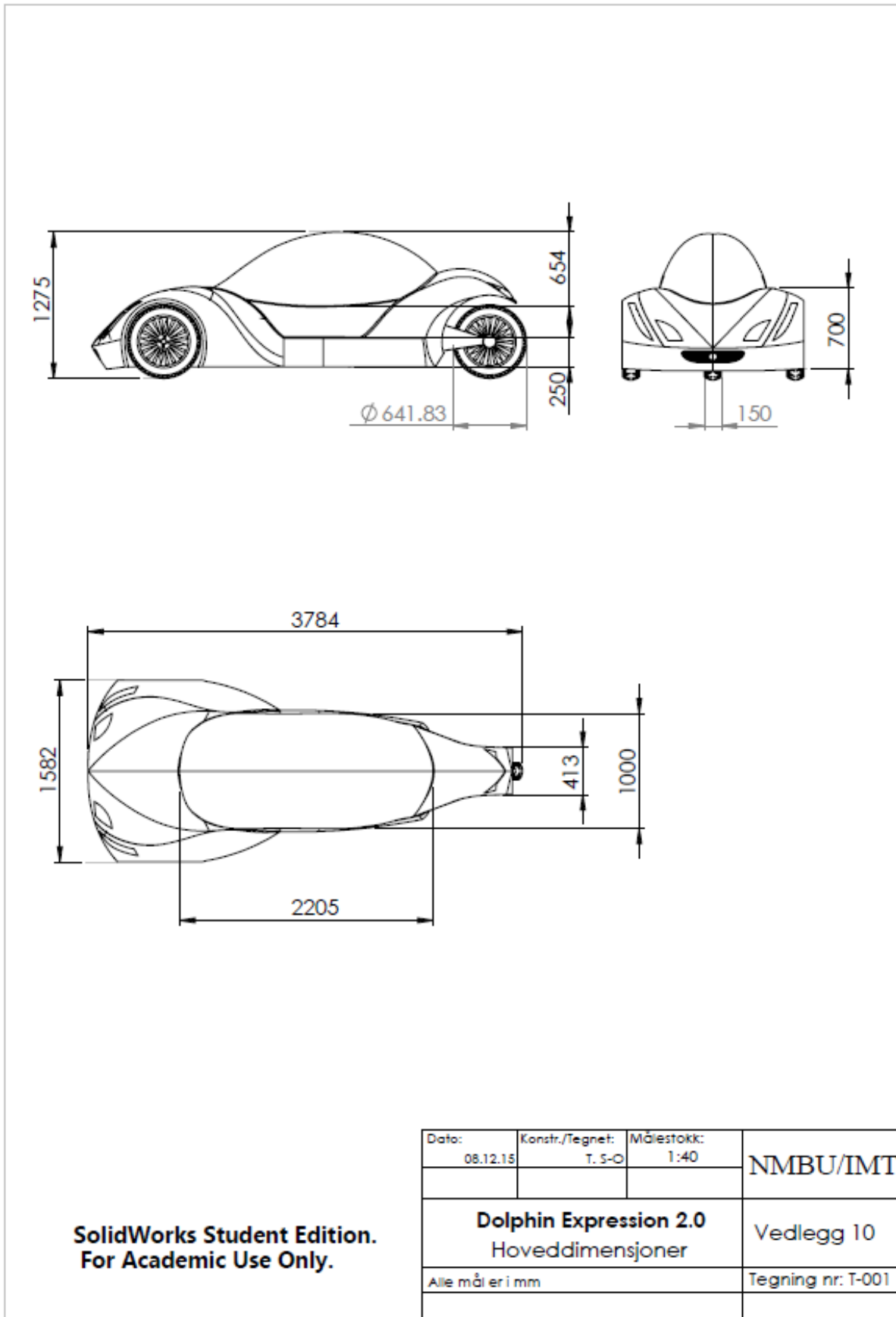
Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress [%]	Use In Convergence	Delta	Criteria
GG Force (X) 1	[N]	71.53905548	71.92089291	71.3917192	73.26763523	100	Yes	1.875916029	4.947471224
GG Force (Y) 1	[N]	25.19988001	25.8816115	25.19988001	26.56547074	100	Yes	1.365610729	1.471683289

Iterations: 74
Analysis interval: 32

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress [%]	Use In Convergence	Delta	Criteria
GG Force (X) 1	[N]	161.508717	162.7223642	161.4813527	165.9262776	100	Yes	4.444924907	12.13672046
GG Force (Y) 1	[N]	57.3119026	58.77764776	57.3119028	60.33984404	100	Yes	3.027941443	3.278616445

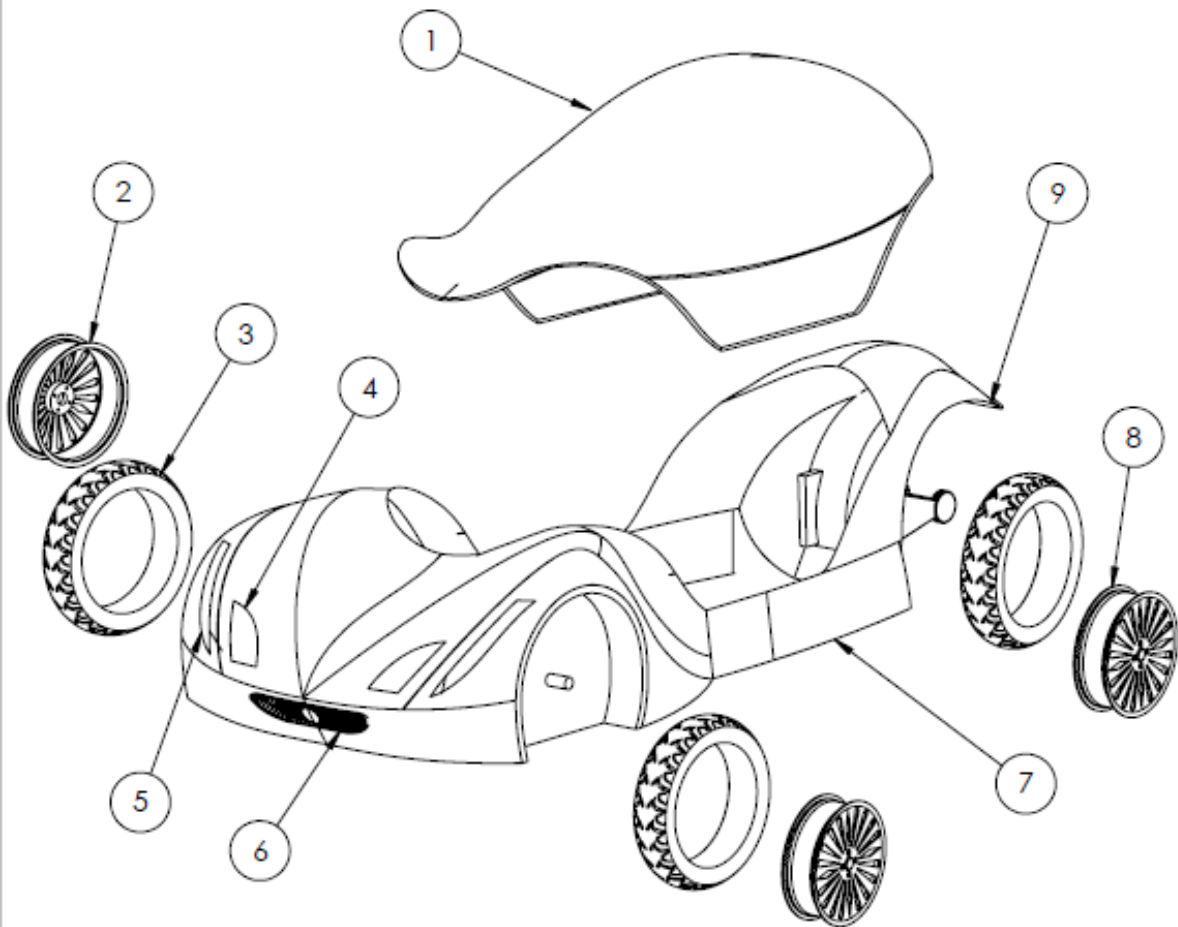
Iterations: 73
Analysis interval: 32

Vedlegg 10: ISO-tegning, Hoveddimensjoner



Vedlegg 11: ISO-tegning, Eksplosjonstegning

Nr.	Beskrivelse	Materiale	Stk.
1	Tak/Dørløsning	-	1
2	Felg til fronthjul	-	2
3	Dekk	-	3
4	Frontlykt trekantet	-	2
5	Frontlykt avlang	-	2
6	Grill	-	1
7	Chassis	Karbonfiber	1
8	Felg til bakhjul	-	1
9	Baklykt	-	2



Dato:	Konstr./Tegnet:	Målestokk:	NMBU/IMT
08.12.15	T. S-O	1:22	
Dolphin Expression 2.0 Eksplosjonstegning			Vedlegg 11
			Tegning nr: T-002

SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Postboks 5003
NO-1432 Ås
67 23 00 00
www.nmbu.no