

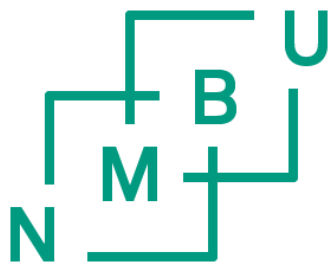
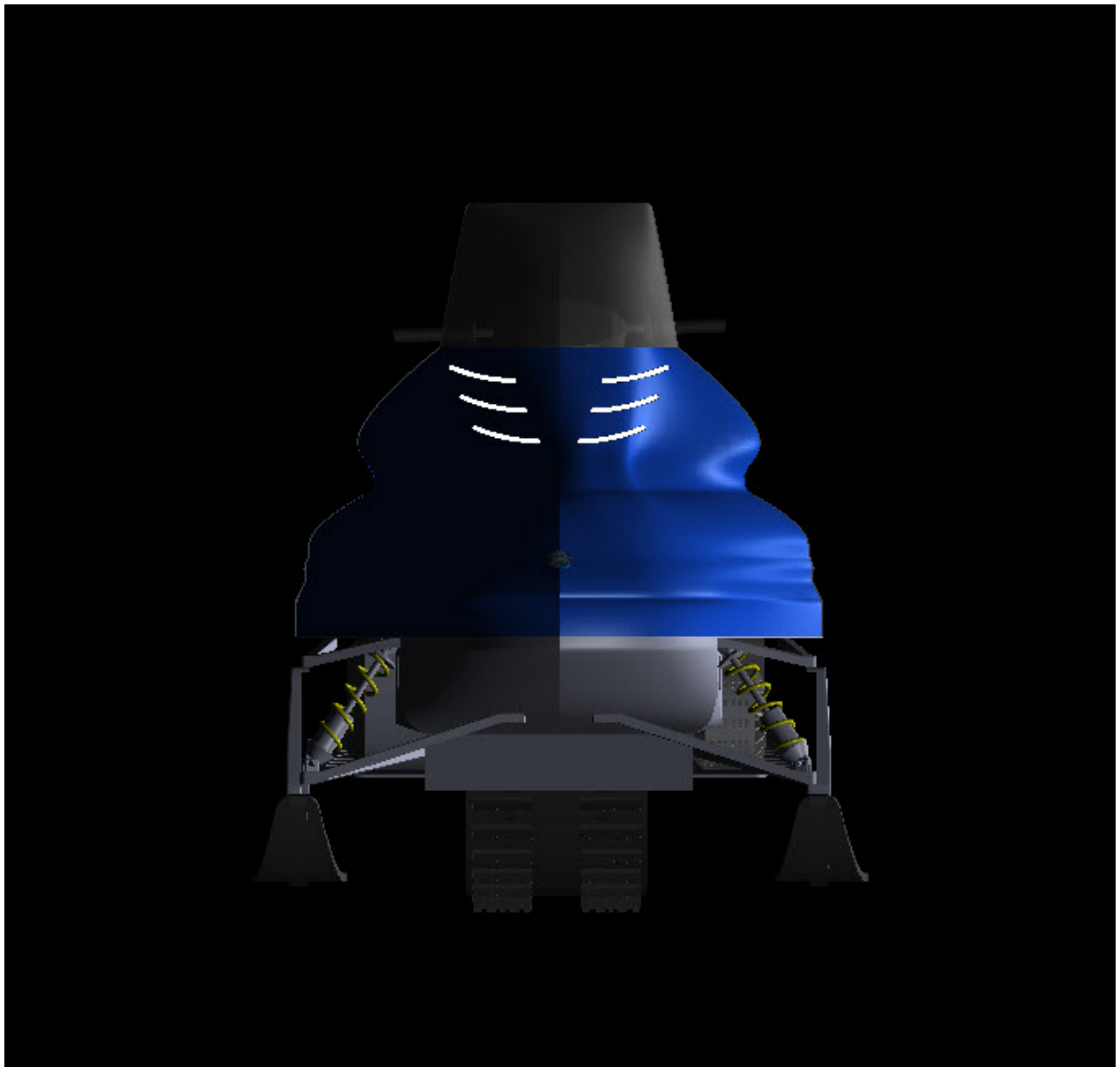
Norges miljø- og biovitenskapelige universitet  
Institutt for matematiske realfag og teknologi.

Masteroppgave 2014  
30 stp

# Konseptutredning av en elektrisk-hybrid snøscooter; Roskva Snow

## Consept development of an electric-hybride snowmobile; Roskva Snow

Mathias Sandnes



***Konseptutredning av en elektrisk-hybrid snøscooter; Roskva Snow***

Mathias Sandnes

Mastergradsarbeid ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Institutt for matematiske realfag og teknologi

Vårsemesteret 2014.

## Forord

Denne mastergradsoppgaven er skrevet for Instituttet for matematiske realfag og teknologi, ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. Oppgaven dekker 30 studiepoeng innenfor feltene maskin-, prosess- og produktutvikling, og er det største og mest betydningsfulle prosjektet i løpet av studiet. Det har vært en krevende prosess siden jeg fikk jobb underveis, men med riktige prioriteringer og god veiledning er nå oppgaven løst på min måte.

Elektriske kjøretøyer har vært et aktuelt tema de siste årene. Med den utviklingen vi har sett fra år til år er det mye som tyder på at teknologien for elektriske kjøretøyer kommer til å nå nye høyder innen kort tid, og da særlig innen elektrisk lagringsteknologi. Personlig er jeg svært interessert i teknikk og teknologi, og det å få avslutte studiet med en oppgave som dette er svært givende og det gir meg mulighet til å sette meg dypt inn i et fagfelt som er i stadig utvikling.

Jeg vil rette en stor takk til min veileder, førsteamanuensis, Jan-Kåre Bøe, for mange gode samtaler og en ryddig og motiverende veiledningsprosess. Jeg vil også takke min samboer for tålmodighet siden det er til stunder har blitt lite tid til overs mellom jobb i Nordsjøen og mastergrads arbeide. Til slutt vil jeg takke medstudenter, familie og venner for gode samtaler og innspill.

Ås, 15 Mai 2014

Mathias Sandnes

## Sammendrag

Denne oppgaven er et utredningsprosjekt der det er ønskelig å vurdere mulighetene for utvikling av en elektrisk-hybrid snøscooter. Bakgrunnen for prosjektet, Roskva Snow, er prosjektet Roskva Electric. Roskva Electric er et stort prosjekt sammensatt av 5 mastergradsoppgaver fra 2012 ved Instituttet for matematiske realfag og teknologi ved UMB (nå NMBU). Roskva Electric ble et svært vellykket prosjekt, der et totalkonsept for en elektrisk motorsykkel ble utviklet, og en prototype ble bygget.

Målet med oppgaven er å finne et originalt og passende konsept, samt å legge grunnlaget for videre utvikling og bygging av en elektrisk-hybrid snøscooter, som kan være et godt alternativ til konvensjonelle snøscootere med forbrenningsmotor. Det er viktig å kartlegge de gode og dårlige egenskapene til elektriske kjøretøyer. Dette gir et grunnlag for å kunne ta gode valg når det kommer til hvilke snøscootertype som skal benyttes, og hvilke løsningsalternativer og løsningselementer som er de beste.

Det stadig økende fokus på miljø og forurensning gjør at elektrisk drevne kjøretøyer blir mer og mer aktuelle. Utfordringen med fullelektriske kjøretøyer er energilagringsskapasiteten, noe som gir begrenset kjørelengde. Det ble derfor tidlig klart i planleggingsfasen at for å øke fleksibiliteten til kjøretøyet var det ønskelig å introdusere et hybridkonsept. Det ble samtidig klart at den ideelle snøscooter modellen for å inkludere en elektrisk-hybrid løsning i, var en touringsscooter.

Hybridsystemet som ble valgt var et seriehybridsystem. Det innebærer at elektromotorene driver snøscooterens fremover fra energi de først og fremst får fra batteriene. Hjelpemotoren vil lade batteriene, men kan også gi energi direkte til motorene dersom batteriene ikke skulle klare å levere nok.

I utredningsfasen falt valget av energilager på Li-ion batterier. Dette åpnet for muligheten til å bruke drivlinjen til Roskva Electric som grunnlag, under forutsetning av at motorene kunne levere nok kraft. Motorene ble derfor sammenlignet med motoren i referansesnøscooterens, og konklusjonen var at to motorer av typen D135RAGS levert fra Lynch Motor Company skulle klare å levere 96 hk og 168 Nm i dreiemoment, noe som er rikelig med kraft.

En vurdering av at man kunne doble batterimengden fra Roskva Electric ble tatt siden en snøscooter har mer lagringsskapasitet enn en motorsykkel. Dette ga en total batterikapasitet på ca. 7 kWt og en samlet vekt på batteripakkene på omtrent 45 kg.



Å bygge opp hjelpemotoren i hybridsystemet fra grunnen av vil være veldig tidkrevende, og man vil mest sannsynlig ikke få et nøyaktig tall hvor mye elektrisk energi den kan levere. En bra løsning vil være å bruke aggregater. Aggregatene blir oppgitt med en rekke tekniske spesifikasjoner fra leverandør. De viktigste er vekt, størrelse på tank og ytre mål (lengde, bredde og høyde). To aggregater fra produsenten Kipor ble vurdert, begge var innenfor kravspesifikasjonen for ytre mål, det minste veide 14 kg og kunne tilføre en effekt på 3,6 kWt, det største veide 24 kg og kunne tilføre 6,4 kWt.

En kort utredning av hensiktsmessig plassering av komponentene konkluderte med at motorene skulle drive beltet direkte, altså uten noen form for girkasser og utvekslings-forhold, noe som ville minimere friksjon og effekttap. Den eneste måten å kunne justere hastigheten på beltet i forhold til motorhastighet, ble å justere størrelsen på tannhjulet som driver beltet. Det ble så bestemt at aggregatet skulle plasseres lengst bak på snøscooterne og batteriene plasseres under setet, på midten der bensintanken er plassert på konvensjonelle snøscootere, og i front.

Resultatet var en drivlinje med totalvekt på i underkant av 100 kg, som ville gi en snøscooter med en antatt totalvekt på 350 kg inklusive sjåfør og med en rekkevidde på 11 mil ved bruk av det største aggregatet, og 4,4 mil ved ren batteridrift. Det ble her tydelig hvor viktig hybridløsningen ble for å oppnå en god rekkevidde.

Til slutt ble det gjennomført en designutredning for å illustrere hvordan en ombygget konvensjonell snøscooter vil kunne se ut, samt plassering av komponentene. En skissering av et fremtidsrettet design ble også gjort.

## Abstract

This thesis is a research project in which it is desirable to assess the feasibility of developing a electric-hybrid snowmobile. The background to the project, Roskva Snow, is the project Roskva Electric. Roskva Electric is a large project and consists of five master's theses from 2012 at the Institute of Mathematical Engineering and Technology at UMB (now NMBU). Roskva Electric was a very successful project, where a concept for an electric motorcycle was developed and a prototype was built.

The aim of this thesis is to find an original and appropriate concept and to lay the foundation for further development and construction of an electric-hybrid snowmobile, which can be a good alternative to conventional snowmobiles with combustion engine. It is important to identify the good and the bad features of electric vehicles. By doing this the choices made regarding witch snowmobile type to use and the different solutions to integrate will be clearer.

There is an increasing focus on the environment and pollution, making the vehicles of this type more and more relevant. The problem with all-electric vehicles is the energy storage capacity, giving limited mileage. It was therefore clear that, in order to increase the flexibility of the vehicle it was desirable to introduce a hybrid concept, and that the ideal snowmobile model to include an electric - hybrid solution in, was a touring scooter.

The hybrid system chosen was a series hybrid system. This means that the electric motors driving the snowmobile forward will primarily get the energy from batteries. The buffer engine will recharge the batteries but also provide power directly to the motors if the batteries would not be able to deliver enough.

Furthermore, in the study phase it was cleared that the primary energy source would be Li-ion batteries. This opened for the possibility to use the driveline from Roskva Electric. But this required that the engines could deliver enough power. The engines were therefore compared with the engine in the reference snowmobile, and the conclusion was that the two engines of the type D135RAGS delivered from Lynch Motor Company, would be able to deliver 96 hp. and 168 Nm of torque, which is plenty of power.

An assumption that one could double the amount of batteries from Roskva Electric was taken, as a snowmobile has more storage capacity than a motorcycle. This gave a total battery capacity of approx. 7kWh and a total weight of battery the packs of approx. 45 kg.

When it came to the buffer motor in the hybrid system it would be a time-consuming process to build this from scratch, and you would probably not get an accurate figure of how much electrical energy it would actually deliver. The solution was to use aggregates. The units are available with various technical specifications from the production company, the most important ones is the weight, the size of the tank and the outer dimensions as length, width and height. Two units from the manufacturer Kipor were studied, both were within the specifications for external dimensions, the smallest weighed 14 kg and could provide a power of 3.6 kWh, the largest weighing 24 kg and could provide 6.4 kWh.

A brief study of the appropriate placement of components concluded that the engines would drive the belt directly, this meant without any gearing, which would lead to less loss of energy due to friction. By doing this the only way to adjust the speed of the belt in relation to engine speed, was then to adjust the size of the sprocket that drives the belt. Furthermore it was decided that the aggregate should be positioned at the rear of the sleds and batteries should be placed under the seat, in the middle where the gas tank is on conventional snowmobiles, and in the front.

The result was a power plant with a total weight of just under 100 kg, and the ability to give a snowmobile with a total weight of 350 kg included driver, a range of approx. 110 km using the biggest aggregate, and approx. 44 km by pure battery power. It was here clearly shown how important the hybrid solution was to get a good range on the snowmobile.

Finally, a design study was carried out to illustrate how a modified conventional snowmobile could look like, as well as the placement of the components. A sketch of how a future-oriented design could look like was also made.

<b>INNHALDSFORTEGNELSE</b>	<b>Side</b>
<b>1. INNLEDNING</b> .....	<b>1</b>
1.1. Bakgrunn .....	1
1.2. Miljø og utslippsproblematikk .....	2
1.3. Satsing på elektriske transportmidler .....	3
1.4. Miljøvennlig energi - nøkkelpunktet .....	6
1.5. Rene energikilder .....	8
1.6. Transport på snø .....	11
1.7. Historisk utvikling av snø-kjøretøyer .....	12
1.8. Idèbeskrivelse .....	13
1.9. Problemstilling .....	15
<b>2. PROSJEKTPLANLEGGING</b> .....	<b>16</b>
2.1. Målsetninger .....	16
2.1.1. Hovedmål .....	16
2.1.2. Delmål .....	16
2.2. Arbeidsplan .....	16
2.3. Begrensinger .....	17
<b>3. TERMINOLOGI</b> .....	<b>18</b>
3.1. Definisjoner og begreper .....	18
3.2. Symboler .....	19
3.3. Formler .....	20
<b>4. METODEBESKRIVELSE</b> .....	<b>22</b>
4.1. Pughs metode .....	22
4.2. Litt om IPD (Integrated Product Development) .....	22
4.3. IPD i Roskva Snow .....	23
4.4. Prosess .....	24
4.5. Arbeidsmetoder og løsningsverktøy .....	25
<b>5. KONKURRENTLØSNINGER OG GROVSPESIFISERING</b> .....	<b>26</b>
5.1. Markeder .....	26
5.2. Gjeldende regler for snøscootere i Norge .....	27
5.3. Motoriserte snøscooter typer .....	28
5.4. Valg av snøscootertype .....	32
5.5. Elektriske snøscootere .....	33
5.6. Teknologiløsninger i Roskva Electric .....	37

	Side
5.7. Referansesnøscooter .....	38
<b>6. ELEMENT OG KONSEPTUTVIKLING .....</b>	<b>40</b>
6.1. Effektivitet i driftssystemet .....	40
6.2. Hybridløsninger .....	41
6.3. Energilagringssystemer .....	42
6.3.1. Klassifisering av elektriske energilagringssystemer .....	43
6.3.2. Energilagringssystemer .....	43
6.3.3. Vekting .....	46
6.3.4. Utvelgelse av energikilde .....	48
6.3.5. Batterityper .....	49
6.3.6. Utvelgelse av batteritype .....	52
6.4. Hybridmotoralternativer .....	54
6.4.1. Klassifisering .....	54
6.4.2. Valg av elektrisk motor .....	58
6.4.3. Motorkontroller .....	59
6.4.4. Buffer-/Lademotor .....	60
6.5. Valg av systemløsning for fremdrift .....	63
6.5.1. Plassering av motorer .....	64
6.5.2. Plassering av batterier .....	66
6.5.3. Plassering av strømaggregat .....	66
6.6. Teknisk grovspefisering for konseptet Roskva Snow .....	67
6.7. Beregninger .....	69
6.7.1. Nødvendig diameter på driftstannahjul .....	69
6.7.2. Statiske krefter på snøscooter .....	70
6.7.3. Krefter på beltet .....	71
6.7.4. Beregning av effektbehov ved marsjfart .....	72
6.7.5. Motormoment ved marsjfart .....	74
6.7.6. Finner beregnet kjørelengde .....	75
<b>7. KONSEPTUTVIKLING .....</b>	<b>77</b>
7.1. Systemutredning .....	77
7.1.1. LED lykter .....	77
7.1.2. Modulbasert løsning .....	78
7.1.3. Varmegjenvinning fra aggregat .....	79
7.1.4. Direkte drift .....	79

	Side
7.2. Designutredning .....	80
7.2.1. Skissering .....	80
<b>8. LØSNINGSKONKRETISERING.....</b>	<b>82</b>
8.1. Systemoversikt drivlinje .....	82
8.2. Delelementer.....	83
<b>9. VISUALISERING.....</b>	<b>85</b>
9.1. Helhetsrendring .....	85
9.2. Delelementer.....	87
9.3. Farge visualisering .....	91
9.4. Miljøbilder .....	93
<b>10. PROTOTYPEUTVIKLING .....</b>	<b>95</b>
10.1. Planlegging .....	95
10.2. Hovedelementer og materialbruk .....	96
10.3. Budsjettering .....	97
<b>11. PROSESSDISKUSJON.....</b>	<b>99</b>
<b>12. KONKLUSJON.....</b>	<b>101</b>
12.1. Resultat og anbefalinger .....	101
12.2. Videre arbeid .....	102
<b>13. REFERANSER.....</b>	<b>103</b>
13.1. Skriftlige kilder.....	103
13.2. Nettkilder .....	103
13.3. Illustrasjoner.....	105
<b>14. VEDLEGG.....</b>	<b>106</b>

## 1. INNLEDNING

### 1.1. Bakgrunn

Roskva Snow er et «spinnoff»-prosjekt fra prosjektet Roskva Electric. Roskva Electric er en elektrisk motorsykkel som ble utviklet av 5 mastergradsstudenter ved Institutt for Matematiske Realfag og Teknologi ved Universitetet for Miljø og Biovitenskap, våren 2012. Gjennom prosjektet Roskva Electric ble det fremstilt en fullelektrisk motorsykkel, med fokus på drivlinje, design, demping, materialer og rammekonstruksjon. Viktige målsetninger var lav vekt, elektrisk drift og nullemisjon, samt muligheten for å bygge videre på prosjektet innen andre transportområder (4).

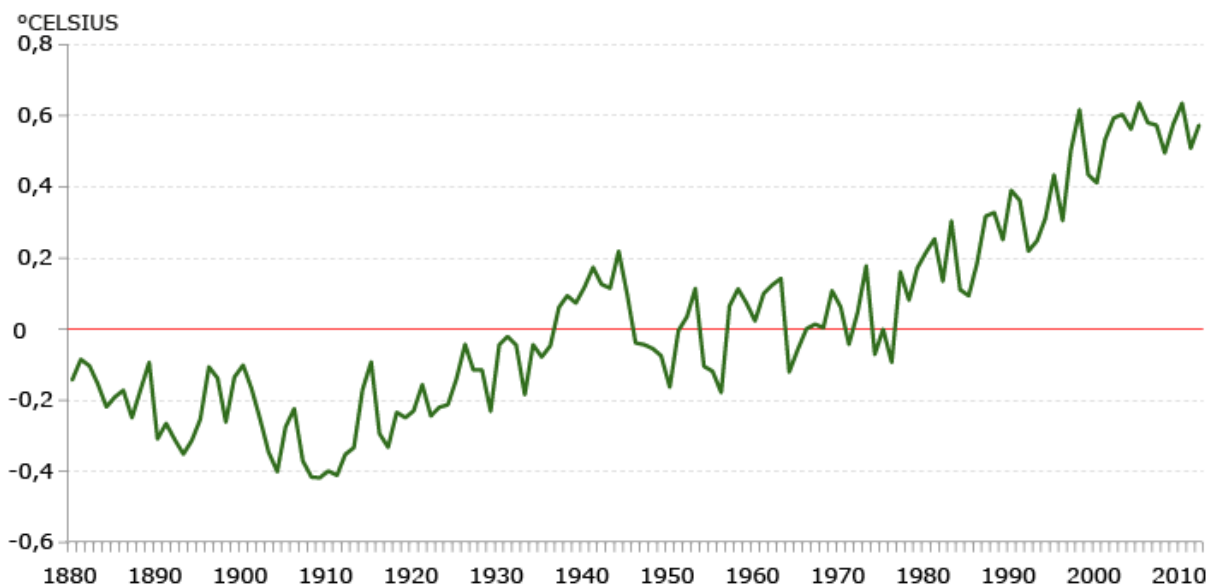


Figur 1: Ferdig utviklet prototype av Roskva Electric (4)

Denne oppgaven er en utredning for utvikling av et elektrisk-hybriddrevet alternativ til den konvensjonelle motoriserte snøscooteren. I den tekniske delen, legges om mulig, det elektriske driftsprosjektet fra Roskva Electric til grunn. Om mulig er det ønskelig å ta utgangspunkt i de samme produsentene som ble benyttet til de elektriske driftskomponentene til Roskva Electric. En hybridelektrisk løsning er også ønskelig å utrede, der det vil bli lagt vekt på den effektmessige tilføringsenergien til en hjelpemotor. Det er ønskelig å finne en løsning som kan si noe om bidragspotensialet, uten å måtte gå inn i en dyp teknisk utredning. Design og konstruksjon vil tilpasses motor, energilagring og drivlinje. Designkonseptet vil i dette prosjektet dreie seg om en ombygging av en ordinær snøscooter og ikke et helt nytt totaldesign.

## 1.2. Miljø og utslippsproblematikk

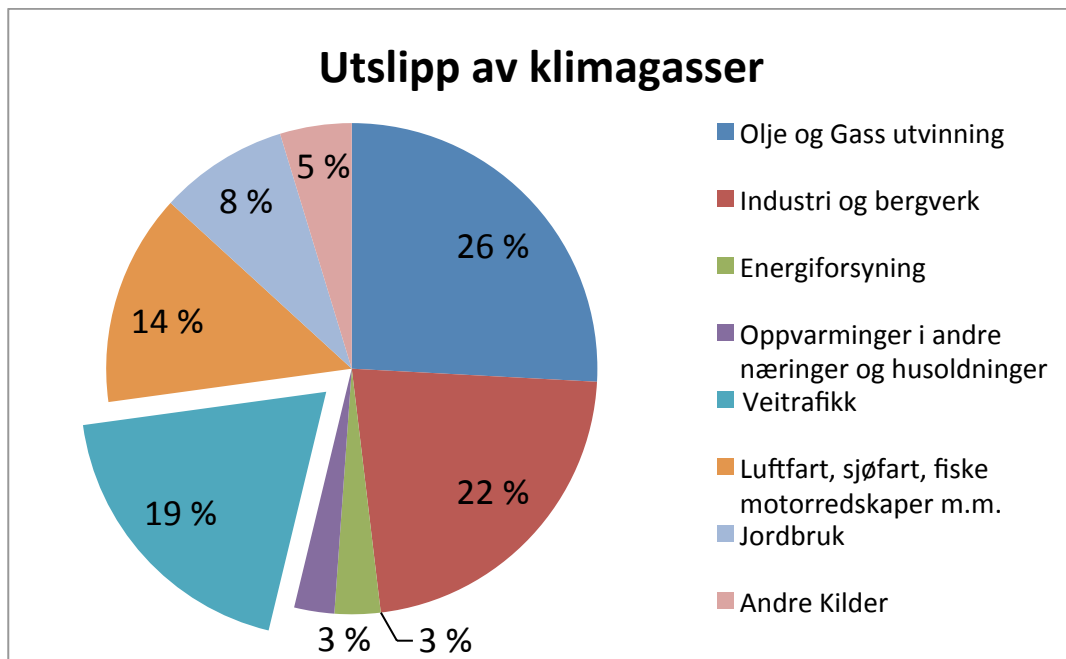
Den moderne forbrenningsmotoren har vært brukt aktivt i flere tiår, og vi er uten tvil totalt avhengig av den. I løpet av 1900-tallet har fokuset rundt skadelige utslipp, spesielt drivhusgasser fått større og større oppmerksomhet, siden dette antas å være en av grunnene til den globale oppvarmingen. Ny teknologi og fokus på miljø har de siste årene hatt en stor utvikling, noe som fører til lavere utslipp og strengere miljøkrav fra det offentlige. Forhåpentligvis vil disse og andre miljøtiltak kunne bidra til å stoppe akselerasjonen av den globale oppvarmingen i årene som kommer. Som man kan se på grafen under, er den globale middeltemperaturen høyere de ti siste årene enn den har vært på over 100 år. Men man kan også se at stigningen som man tydelig ser fra 80-tallet frem til år 2000 har stabilisert seg de ti siste årene (5, 6).



Figur 2: Global middeltemperatur fra 1880 til 2013 (5)

I Norge har vi hatt en tilbakegang på 0,8 prosent i utslipp av klimagasser fra 2011 til 2012. Bortsett fra i 2009 har ikke klimagassutslippene vært lavere i Norge siden 1995, og det på tross av et økt aktivitetsnivå i norsk økonomi. Som man kan se av diagrammet på neste side står veitrafikk for 19 prosent av utslippene, og utgjør en betydelig andel (5, 6). De skadelige utslippsgassene fra forbrenningsmotoren er HC (hydrokarboner), NOx og CO (7)





Figur 3: Oversikt over utslipp av klimagasser i forskjellige næringer (8)

### 1.3. Satsing på elektriske transportmidler

Samferdselsdepartementet har nedsatt en ressursgruppe som har utarbeidet «Handlingsplan for elektrifisering av veitransport», der «Elektrifisering av veitransporten er satt på agendaen som et viktig virkemiddel for å redusere utslipp i Norge, EU og andre deler av verden». Der fremlegges det et «Forslag til ambisjon om andel av ladbare personbiler i 2020» på 10% (9). Det er sterke indikasjoner på at dette mål vil bli nådd. Både i september og oktober 2013 var det el-biler som toppet salgsstatistikken over nyregistrerte biler i Norge. Henholdsvis Tesla Model S i september og Nissan Leaf i oktober.(10)



Figur 4: Tesla model S (11)

Dette gir en god indikasjon på at det kommer til å bli en kraftig oppgang i fullelektriske kjøretøyer i Norge de kommende årene. Når etterspørselen øker er det også grunn til å tro at produsentene av komponenter til elektrisk drevne kjøretøyer, i økende grad kommer til å investere tid og penger til utvikling og forbedring. Man vil altså sannsynlig se en stadig stigende kurve over effektiviteten til elektriske komponenter. Det er også mye som tyder på at prisen på Litium-ion batterier kommer til å synke dramatisk frem mot år 2020, noe som vil føre til lavere priser og enda større etterspørsel av elektriske kjøretøyer (12).



Figur 5: Nissan Leaf (13)

### Fordeler ved elbiler

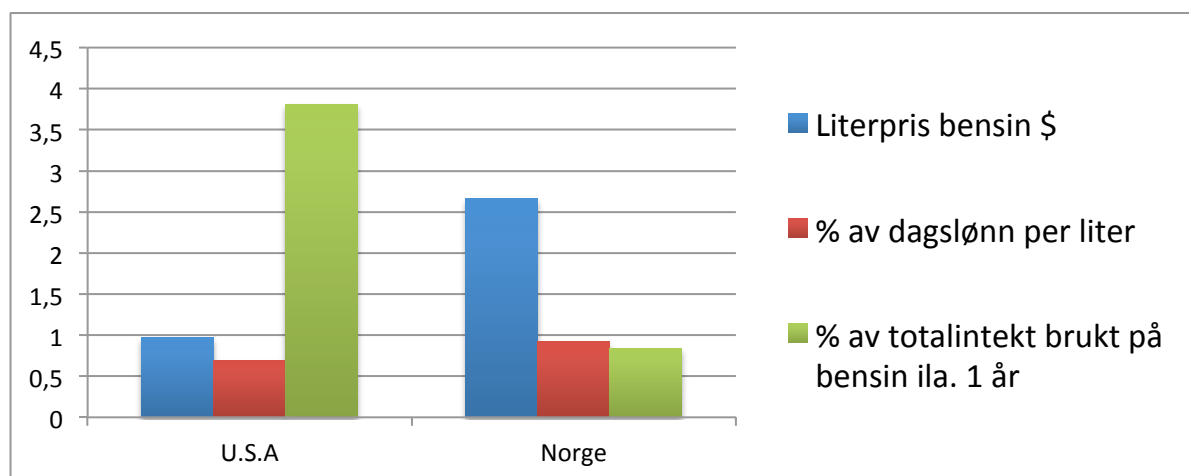
Årsakene til veksten i elbil salget i Norge er nok flere, men noen av hovedgrunnene er knyttet til miljø og økonomi (14);

- De **miljømessige fordelene** med fullelektriske kjøretøyer er mange:
  - Lydmessig er elbiler i en helt annen liga enn "vanlig" biler med forbrenningsmotor, særlig i bysentrum og boligfelt er dette merkbart.
  - Ingen utslipp av CO<sub>2</sub> (så lenge strømmen kommer fra fornybar energi).
  - Energieffektiviteten til elbiler er vesentlig større enn biler med forbrenningsmotor.
  - Ikke bare sparer man miljøet for skadelige utslipp, men også helsen til mennesker og dyr ved å unngå partikler og gasser som NO<sub>x</sub>, CO og HC.
- Det er store **økonomiske fordeler** ved å ha elbil som firmabil eller privatbil, kontra en vanlig bil med forbrenningsmotor:
  - Elbiler er fritatt for både engangsavgift og merverdiavgift.
  - Gratis parkering på kommunale p-plasser.

- Kan kjøre i kollektivfelt.
- Årsavgift på kun kr 415kr (2013).
- Gratis lading (og reservert parkering) på de fleste offentlige ladestasjoner.
- 50% rabatt på firmabilbeskatningen.
- Gratis transport på riksveiferger (fører må betale).
- Statens regulativ gir deg ekstra tillegg (15 til 80 øre i 2013) i kilometergodtgjørelse.
- Strømkostnadene er 15-20 øre pr. kilometer.

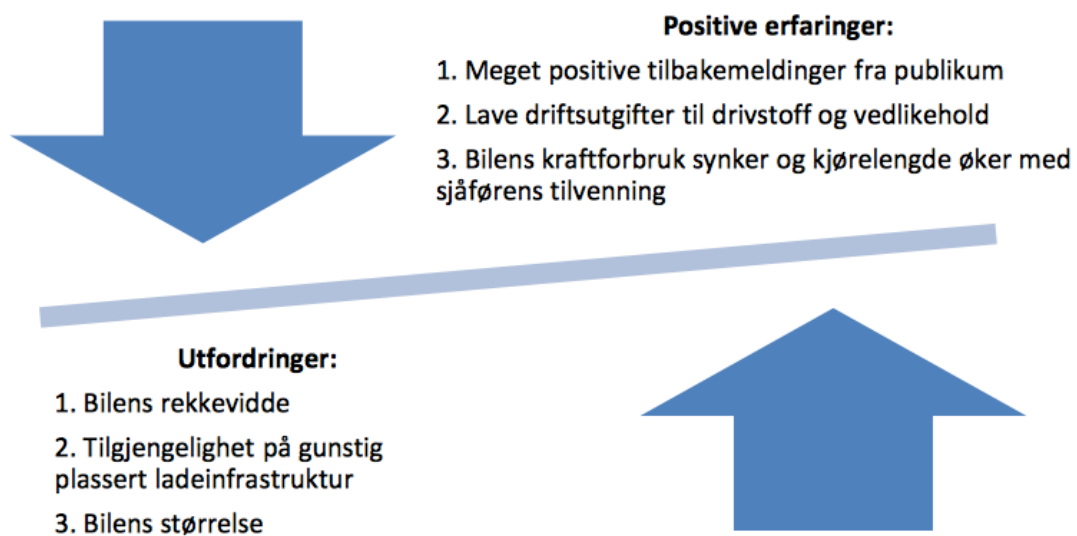
De økonomiske fordelene er altså mange, og man ser tydelig hvordan myndighetene har lagt til rette for innføringen av elbiler. I Norge er nok de økonomiske fordelene en vel så viktig grunn som miljøaspektet når man velger å kjøpe elbil. Det er mye av grunnen til at Norge er det landet med flest elbiler per innbygger i verden (15). I andre land har det ikke blitt lagt til rette i like stor grad for bruk av elbil. I USA ligger for eksempel Tesla model S i samme prisklasse som Audi A8 (16, 17), en bil som i Norge nesten er dobbelt så dyr som en Tesla.

Figuren under viser at i 3. kvartal 2013 kostet en liter bensin 0.97\$ i USA. På landsbasis kostet det en gjennomsnittlig amerikaner 0.69 % av dagslønnen å kjøpe en liter bensin. I løpet av et år vil han/hun ha brukt 3.81 % av sin totale inntekt på kjøp av bensin. Norge toppe listen for landet med dyrest bensin på 2.66\$ per liter. Det er altså over 2.5 ganger dyrere å kjøpe bensin i Norge enn i USA. Kostnadene for en liter bensin i forhold til inntekt er også lavere i USA, men på tross av dette bruker amerikanerne mye mer av sin årsinntekt på bensin (18). Det at elbiler har få prismessige fordeler, samt lave bensinpriser gjør det vanskeligere å etablere seg på markedet som elbilprodusent i USA.



Figur 6: Bensinstatistikk Q.3. 2013 i USA og Norge (18)

Opplevelsen av å eie å bruke en elbil vil på noen områder være svært forskjellig fra opplevelsen av en bil med ICE (Internal Combustion Engine), men oppgaven kjøretøyene utfører er den samme, nemlig å frakte oss fra A til B. Dagens elbiler klarer seg bra på mange områder, men den store uforutsigbarheten i forhold til rekkevidde grunnet batterier som energikilde, er fortsatt til stede (19). Rekkevidde er det viktigste momentet for i det hele tatt å kunne være konkurransedyktige mot vanlige biler med forbrenningsmotor. Ladetid og ladeinfrastruktur er andre vesentlige punkter som må optimaliseres for at elbilen skal ha et best mulig utgangspunkt.



Figur 7: Erfaringer fra transportprosjekt i Trondheim (20)

Figuren over viser positive erfaringer og hvilke utfordringer som ble oppdaget under et prosjekt kalt "Transnovaprojekt i Trondheim". Dette var et prosjekt der det ble prøvd å bruke elbil ved drosjedrift. I Oslo har Bellona et lignende prosjekt kalt "Introduksjon av elbiler i Oslos drosjenæring", der de konkluderer med at sentrumsnær trafikk med hyppig småkjøring er det bruksområdet elbiler egner seg best. Videre konkluderer de med at det med dagens teknologi er fullt mulig å drive utslippsfri drosjedrift for store deler av drosjesegmentet (20).

#### 1.4. Miljøvennlig energi - nøkkelpunktet

Hvor kommer egentlig strømmen fra? Dette er et viktig spørsmål når det er snakk om elektriske kjøretøyer og miljøvennlighet. Hvorvidt et kjøretøy kan defineres som miljøvennlig, i større eller mindre grad, er også relatert til opprinnelsen til energien som benyttes. Et kjøretøy med ingen eller lave utslipp, kan satt på spissen, benytte seg av energi som er produsert på en miljøskadelig måte. Det man gjør er å flytte utslippene fra bil til kraftverk. I land som Norge der mesteparten av energien kommer

fra fornybar energi vil miljøgevinsten være stor ved innføring av elektriske kjøretøyer. Norge legger stor vekt på opprinnelsesgarantisystemet. På hjemmesiden til Norsk Elbilforening beskriver de opprinnelsesgarantisystemet slik:

*”En opprinnelsesgaranti er et dokument som utstedes av produsenter av fornybar energi. Systemet reguleres av Elmarkedsdirektivet på europeisk nivå og av nasjonale myndigheter. Under dette systemet kan strømkunder betale litt ekstra for en garanti om at strømmen de bruker er 100% fornybar. Samtidig får produsenter av fornybar energi litt ekstra betalt for strømmen sin sammenlignet med andre produsenter.*

*Norge har så å si 100% fornybar kraftproduksjon og er dermed en viktig leverandør av opprinnelsesgarantier. Nasjonale reguleringsmyndigheter plikter å utstede en varedeklarasjon som viser strømforbruk i hvert land basert på kilde, justert for opprinnelsesgarantier. Fordi vi selger opprinnelsesgarantier ut av landet, vil varedeklarasjonen for Norge vise at en betydelig del av norsk strømforbruk kommer fra europeisk kraftproduksjon, og at utslippene fra norsk strømforbruk dermed er mye høyere enn det norsk, fysisk kraftproduksjon skulle tilsi. Samtidig vil varedeklarasjonene fra andre land vi har solgt opprinnelsesgarantier til, vise tilsvarende lavere utslipp slik at de totale utslippene fra forbruk av kraft er i balanse med de totale utslippene fra produksjon av kraft på tvers av systemet.*

*Opprinnelsesgarantier dreier seg dermed først og fremst om hvor utslippene bokføres. Samtidig er systemet frivillig for kraftkundene. Tanken bak systemet er at inntektene fra de som er villige til å betale litt mer for fornybar strøm, skal gjøre det mer lønnsomt å bygge ut fornybar energi, noe som på sikt vil bidra til reduserte utslipp fra kraftsektoren. Det er ingen krav til at produsentene skal øremerke inntektene fra salg av opprinnelsesgarantier til utbygging av ny fornybar energi. Men flere leverandører av opprinnelsesgarantier tilbyr spesielle garantier hvor produsenten forplikter seg til å bruke garantiinntektene til utbygging.”(7)*



Figur 8: Opprinnelsesgaranti systemet (21)

Et annet viktig poeng når det gjelder miljø, er som nevnt at utslippene flyttes fra kjøretøy til kraftverk. De fleste tenker da at man er like langt når det kommer til ikke-fornybare energikraftverk, noe som ikke er tilfelle. De lokale miljøgevinstene vil uansett være merkbare både med tanke på utslipp og støy. At utslippene sentraliseres til noen få kraftverk istedenfor å komme fra flere millioner forskjellige biler, vil gjøre det mulig å legge til rette for rensing i stor skala. Energisektoren er også kvotepliktig (noe transportsektoren ikke er), noe som vil føre til økt etterspørsel etter opprinnelsesgarantier (7).

### 1.5. Rene energikilder

Som nevnt i kapittel 1.4 "Miljøvennlig energi – nøkkelpunktet" er kjøretøyer med elektrisk drift avhengig av energi fra fornybare energikilder for å være mest mulig miljøvennlig. Det finnes mange typer fornybare energikilder, og det er stadig nye typer som blir introdusert. Det som skiller dem fra hverandre rent bortsett fra hvordan de produserer energi, er effektiviteten og forutsigbarheten.

- **Vindkraft:** Norge er veldig godt stilt når det kommer til kraftproduksjon, grunnet gode muligheter for vannkraft med tanke på "landskap", altså fjell. Vindkraft er derfor ikke like godt etablert som i andre land. Per 01.01.14 var det oppført 356 vindturbiner her til lands, og årsproduksjonen i 2013 for vindmøller var på 1,9 TWh noe som tilsvarer 1,4 % av Norges elproduksjon (22). Enkelt forklart lages elektrisiteten ved at vind får en propell til å rotere, propellen driver en generator som lager strøm. Det er altså en ganske lik prosess som ved vannkraft. Forskjellen på de to systemene er at vannkraft er mer forutsigbart da magasinene kan reguleres, vindkraft er uregulerbart og man er derfor avhengig av å plassere vindmøller på steder der det er stabile og gode vindforhold for å produsere mest mulig elektrisitet. Det er gjort mye på utviklingsfronten for å lage mest mulig effektive vindmøller, det er også gjort mye forskning for å kartlegge vindforhold og potensialet til denne energikilden over hele verden. Fordelen med vindmøller er at de kan settes opp hvor som helst, mens man med vannkraft er avhengig av høydeforskjeller (23).
- **Vannkraft:** I dag er dette den største fornybare energikilden vi har og står for 16,5 % av elektrisiteten som blir produsert i verden (2012). I Norge står vannkraft for ca. 95 % av den totale elproduksjonen (23), noe som per 1. januar 2012 var ca. 214 TWh per år (24). Et vannkraftverk lager elektrisitet på følgende måte; vann som ligger i høyden har potensiell energi, når vannet slippes ned til havet blir den potensielle energien omgjort til mekanisk energi ved at vannet driver en turbin, turbinen driver en generator som igjen



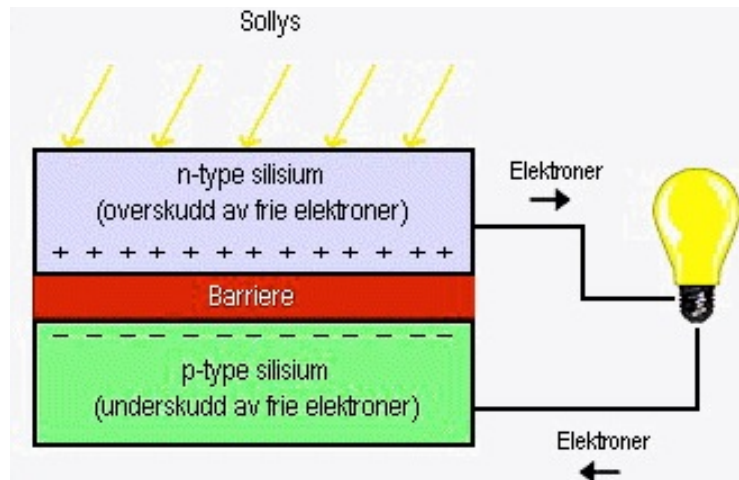
produserer strøm. Vannkraft teknologien er godt utviklet og svært moden (23). Innenfor vannkraft har vi også mulighet til å lagre energi, dette gjøres ved **Pumpekraftverk**. Pumpekraftverk er en svært effektiv måte å lagre energi på i stor skala. På verdensbasis står pumpekraftverk for nesten 99 % av elektrisk lagringskapasitet. Et pumpekraftverk fungerer ved at man har to vannreservoarer i forskjellige høyder. Når man vil produsere strøm gjøres dette på samme måte som ved "vanlige" vannkraftverk, vannet slippes fra det øvre reservoaret, ned gjennom en turbin som driver en generator som igjen produserer strøm. Vannet fanges så opp i et nedre reservoar. I perioder der strømproduksjonen overskrider strømforbruket, pumper man vannet fra det nedre reservoaret opp til det øvre reservoaret. Man har da lagret energien til senere bruk (23, 25).



Figur 9: Pumpekraftverk (23)

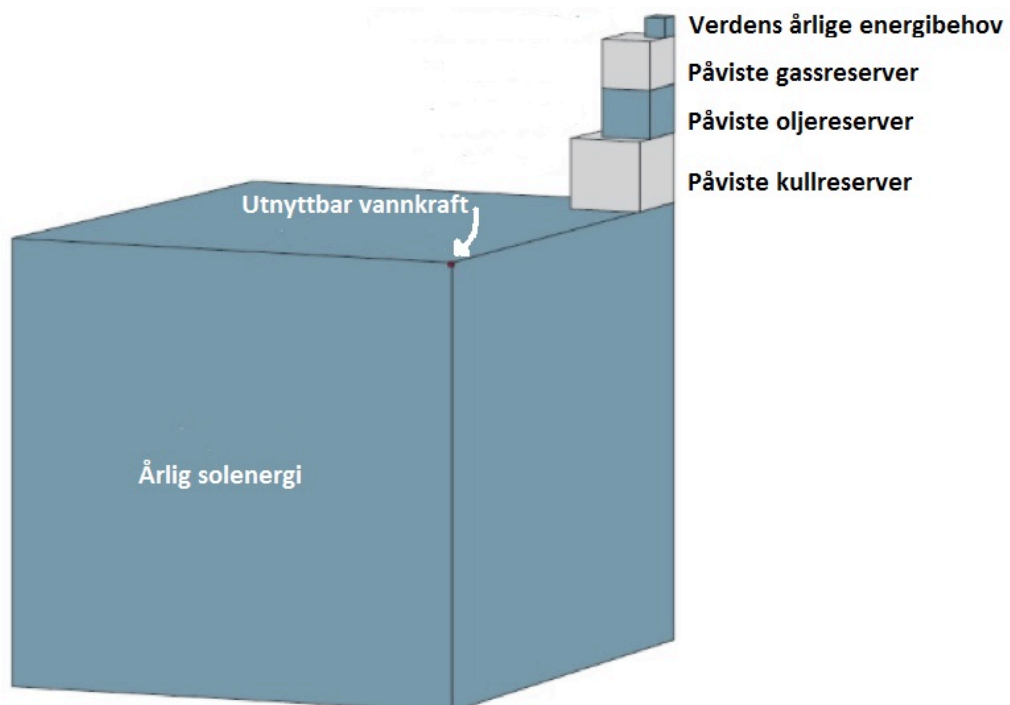
- **Solenergi:** Energien fra solen kan brukes på mange måter, men for å lage elektrisitet er **solceller** den mest utbredte energisamlingsmetoden. Grovt forklart fungerer solceller ved at sollyset (fotoner) absorberes i en halvleder, laget av silisium. En halvleder er et material som både kan lede og isolere. Den har altså egenskaper fra både metaller og isolatorer. Når fotonene treffer silisiumet overføres energi og elektroner løsriveres fra atomene. Etter at elektronene er løsrevet må de samles. Silisiumatomer har en tettbundet struktur, og ved å presse små mengder av andre elementer inn i denne strukturen dannes det to forskjellige typer silisium: n-type som har overskudd av elektroner og p-type som har mangel på elektroner, og etterlater "hull". Når disse to silisiumtypene er plassert side ved side, vil elektroner fra n-typen hoppe over til p-typen for å fylle hullene. Dette gjør at n-type silisium blir positivt ladet, og p-typen blir negativt ladet, og man får da et elektrisk felt gjennom cellen, en barriere. Siden silisium er en halvleder kan den fungere som isolator, og opprettholde denne spenningsubalansen. Den letteste veien

tilbake på plass for elektronene blir gjennom den ytre kretsen, som man ser på figuren under(26-29).



Figur 10: Enkel illustrasjon av hvordan en solcelle fungerer (27)

Solceller er sammenlignet med vannkraft og vindkraft en forholdsvis moderne måte å produsere energi på. Mye forskning har blitt gjort og systemene som eksisterer i dag fungerer godt. Potensialet for å utvinne energi fra solen er enormt, og som man ser på figuren under tilsvarer dette flere tusen ganger verdens energiforbruk (23).



Figur 11: Potensial energiutvinning fra solen (23)



### 1.6. Transport på snø

I dag finnes det en rekke forskjellige farkoster som effektivt og enkelt kan benyttes som arbeidsmaskiner og fremkomstmidler i snødekte områder. De mest vanlige og de folk flest har lagt merke til er snøscootere og tråkkemaskiner som benyttes i stor grad i skibakker og langrenns løyper. Begge disse kjøretøyene benytter seg vanligvis av forbrenningsmotorer. Tråkkemaskiner er store beltedrevne kjøretøyer som blir brukt som arbeidsredskap for preparering av skiløyper eller snømåking der traktorer og andre hjuldrevne kjøretøyer ikke kommer til. Snøscootere er mer et transportmiddel for personell, men kan også benyttes til forskjellige arbeidsoppgaver som for eksempel å lage skispor. Snøscootersafarier er en populær aktivitet for turister som vil ut i villmarken for å komme tett innpå dyreliv og natur.



Figur 12: Snøscootere (30)

Andre kjøretøyer som beltevogner er mindre kjent for allmennheten men benyttes av blant annet av forsvaret. Beltevogner skiller seg noe fra tråkkemaskiner og snøscootere ved at de også kan benyttes uten at det ligger snø på bakken.



Figur 13: Beltevogn (31)

### 1.7. Historisk utvikling av snø-kjøretøyer

Allerede tidlig på 1900-tallet ble det utviklet konseptkjøretøyer som kunne ferdes i snødekte områder. Det er ingen som har fått æren av å finne opp snøscooteren, fordi utviklingen heller var en prosess der de nye snøscooterne bygde på utviklingen fra andre kjøretøyer. Helt i startfasen ble ofte biler brukt som grunnlag. Deler fra flyindustrien ble også benyttet.



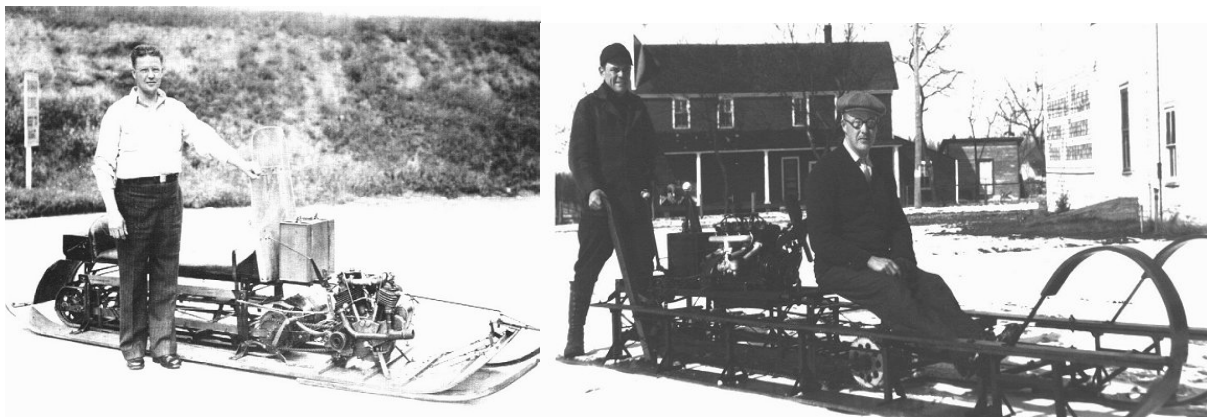
Figur 14: Modifisert Twin-6 med belter bak og ski foran (3)

Det Russiske militæret tok under 2. verdenskrig i bruk «The Aerosani», en propelldrevet farkost som hvilte oppå snøen på fire ski. Denne ble utviklet allerede i 1909-1910 av den Russiske oppfinneren Igor Sikorsky. Det diskuteres om denne var den første snøscooteren, på tross av at den ikke hadde noe belte som drev den fremover.



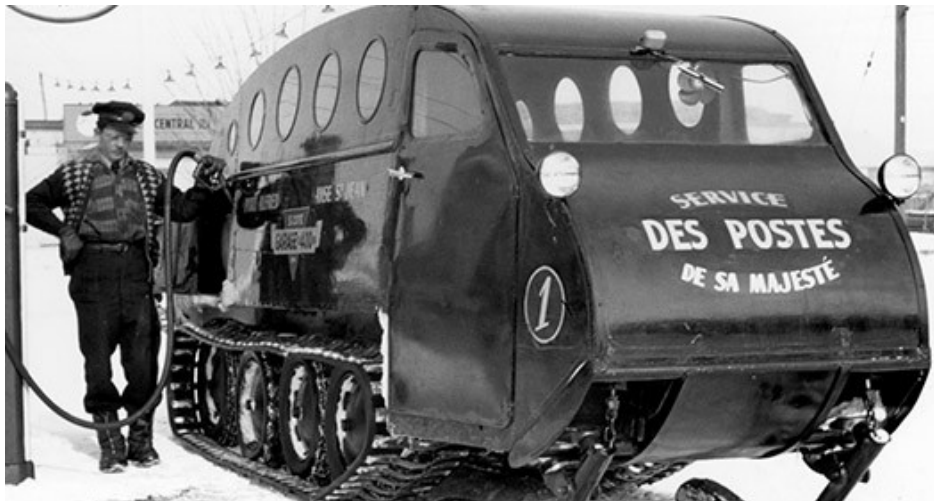
Figur 15: "The Aerosani" (1)

Den første snøscooteren som kan sammenlignes med dagens snøscootere ble utviklet av Carl Eliason i 1924. På prototypen monterte han en liten båtmotor på en kjelke med ski i front og belte bak. Eliason fikk patent på farkosten i 1926 og det ble laget 40 snøscootere av denne typen. Etter å ha fått en forespørsel på levering av 200 slike snøscootere til Finland, solgte han patentet videre.



Figur 16 og 17: Carl Eliason`s snøscooter (32)

Fra 1940 til 1960 tallet ble det produsert en rekke farkoster som kunne benyttes på snø. Det største problemet i denne perioden var at skulle man ha godt med krefter ble motoren stor og tung. Dette resulterte i en rekke større farkoster med sitteplasser til en større gruppe mennesker, altså ikke små enkle fremkomstmidler som dagens snøscootere er. Et eksempel på dette er den tidlige «Bombardier Snowmobile» som sto ferdig utviklet i 1937, den kunne mer minne om en buss og hadde en stor V8 fra Ford Motor Company.



Figur 18: L'Auto-Negie Bombardier Limitée eller Bombardier B12 Snowmobile. En "snøscooter" med plass til 12 personer (2).

Det var Bombardier som på 1960-tallet laget det vi i dag kjenner som den moderne snøscooter. Dette etter store fremskritt med motor teknologien, der **mindre og lettere** var nøkkelpunkt. De kalte den «Skii-doo». Etter dette kom en rekke andre aktører på markedet, de største er Yamaha, Polaris, Arctic Cat og selvfølgelig Bombardier Recreational Product (BRP).

Sammenlignet med andre typer kjøretøyer er dagens snøscootere helt i toppsjiktet når det gjelder akselerasjon og ytelse på grunn av sterke motorer på 1000 cc som yter opp mot 180 hk. Et belte med god gripeflate og gode kammer er også viktig, og de raskeste snøscooterne kan nå hastigheter på 250 km/h og det i original utgave (33, 34).

### 1.8. Idèbeskrivelse

Tanken med en elektrisk-hybrid snøscooter er å tilby et miljøvennlig og stillegående alternativ til konvensjonelle snøscootere med bensinmotor. Fordelen med en elektrisk løsning er at den kan benyttes i naturfølsomme områder eller områder som i



dag forurenses av støy, lukt og utslipp fra vanlige snøscootere med ICE («Internal Combustion Engine»).

For virksomheter som vil opprettholde en grønn profil er elektriske snøscootere attraktivt. Kraftleverandører som må vedlikeholde master og annet i utmark, vil dra fordel av en elektrisk løsning da det i mange tilfeller vil bli enklere å få løyver og aksept fra myndigheter og grunneiere, med en snøscooter som verken bråker, eller har skadelig utslipp. En annen stor og svært aktuell kundegruppe er turistnæringen. Snøscootersafarier der kontakt med naturen står i sentrum, vil bli en ny lydløs opplevelse. Skisenter og hytteområder som er avhengig av å benytte snøscootere til å transportere personell og bagasje, vil få større fleksibilitet ved å slippe å tenke på det høye støynivået som ordinærere snøscootere gir fra seg. I tillegg til de allerede eksisterende markedene for snøscootere, vil det med nye løsninger også kanskje dukke opp nye bruksområder og markeder. Et eksempel er transport av mennesker, turist- nyttetransport, i spesielt følsomme områder, for eksempel i fjerntliggende Nasjonalparker med svært sensitivt dyreliv med nulltoleranse for forurensing. Alternativet er å bevege seg til fots over store avstander.

Det finnes i dag et stort antall snøscootere med forskjellige bruksområder og størrelse. De vanligste kategoriene er touring, sport, crossover, løssnø/klatrescooter og arbeidsscooter. Det er lengden-, bredden- og knastene på beltet som definerer hvilken kategori snøscooteren tilhører. I noen av disse snøscooterklassene vil det nok være svært vanskelig å konkurrere med ICE, og da særlig i tilfeller der lav vekt og høye turtall over lengre tid er viktig.

En elektrisk snøscooter vil altså i mange tilfeller være underlegen den konvensjonelle snøscooter med ICE. Det vil derfor være viktig å definere det aktuelle markedet for elektriske snøscootere, og utarbeide løsninger som oppfyller forventningene og kravene på best mulig måte innenfor de gitte rammene. Dersom en elektrisk snøscooter skal ha en reell mulighet til å ta en posisjon i markedet, må produktet ha en klar "adresse" mot en eller flere målgrupper med tilstrekkelige potensiale. Mot disse målgruppene må konseptet være overlegent snøscootere med ICE på de bruksområdene og på de egenskapene som betyr mest for bruker/kunde.

Ved å øke fleksibiliteten mot flere bruksområder, vil man treffe flere potensielle brukere. For å oppnå det må en vurdere å utvide rammen for prosjektet, fra bare å vurdere en totalelektrisk løsning til å gå i retning av en hybridløsning. Altså vurdere andre måter å tilføre energi til drivsystemet på.

## 1.9. Problemstilling

Dette prosjektet er en konseptutredning, og en del av første fase i en produktutviklingsprosess. Fokuset i oppgaven ligger på teknikk, design og konstruksjon. En optimal løsning på elektrifisering av et snøscooterkonsept krever en god balanse av ulike kriterier som vil være avgjørende om Roskva Snow skal bli et reelt alternativ til konvensjonelle snøscootere.

- **Utredning:**

Å finne god grunnlagsinformasjon er viktig. Det vil gå mye tid til å få frem informasjon og erfaringer fra andre lignende prosjekter dersom de finnes. En annen stor utfordring blir å finne gode litterære kilder og dyptgående teknisk informasjon. For motorsykler, biler og andre kjøretøyer med hjul finnes det gode hjelpemidler for beregninger, et godt eksempel er håndboken "Boch Vehicle Dynamics". Forhåpentligvis vil denne og lignende hjelpemidler kunne benyttes ved å finne relevante tilnærminger og ta forutsetninger som vil gi reelle resultat.

- **Teknikk:**

Plassering av komponenter vil måtte vurderes med tanke på vekt, varmeutvikling og passform, samtidig må komponentene være tilgjengelig for vedlikehold og justering. Energitettheten til batterier er lav, dette gjør at vekten av batteripakkene kan bli høy. Å fordele vekten med hensyn til balansen på kjøretøyet er viktig, og samtidig tenke på dempesystemet. Begge disse to faktorene vil ha betydning for både komfort og styregenskaper.

- **Konstruksjon:**

Drivlinjen i snøscooteren skal sørge for fremdrift. For å utføre denne oppgaven trengs det energilager, motor og overføringssystemer. Energilageret må kunne levere en tilstrekkelig mengde energi til motorene, og motorene må ha nok kraft til å kunne drive beltesystemet. For å få mest mulig energi fra den ene enden av drivlinjen til den andre, er enkelhet et viktig stikkord. Jo flere effektoverføringsledd som inkluderes i systemet, jo mer energi vil gå tapt.

- **Design:**

Designet av snøscooteren vil måtte tilpasses drivlinjen. Utgangspunktet for prototypemodellen vil være styrende for hvor omfattende designprosessen vil bli.

## 2. PROSJEKTPLANLEGGING

### 2.1. Målsetninger

#### 2.1.1. Hovedmål

Følgende hovedmål legges til grunn for mastergradsoppgaven.

***”Å utrede og legge teknisk, design- og konstruksjonsmessig grunnlag for utvikling og bygging av et elektrisk/hybrid drevet alternativ til motoriserte snøscootere.”***

#### 2.1.2. Delmål

Følgende arbeid inngår i arbeidet med å oppfylle hovedmålsettingene for prosjektet:

1. Klargjøre arbeids og utviklingstrinn, og gjennomføre undersøkelser av regelverk og krav, samt eksisterende produktløsninger, egenskaper og markeder.
2. Utvikle tekniske grunnlagsspesifikasjoner, gjennomgå potensielle del- og systemløsninger med evaluering og utvikling av systemforslag.
3. Utvikle konseptgrunnlag for foretrukket teknisk løsning, gjennomføre, analysere og utvikle del og helhetsdesign.
4. Utvikle 3D-løsning og visualisering av konseptet, med grove produksjonsmessige, tekniske og økonomiske anslag og ferdigstille rapport.

### 2.2. Arbeidsplan

Arbeidsplanen er bygget opp med delmålene som grunnlag.

Tabell 1: Arbeidsplan

Fase	Delmål	Februar	Mars	April	Mai
0	Innsamling informasjon				
	Utredning				
1	Idègenerering				
	Seleksjon				
	Konkretisering				
2	Planlegging				
	Konseptutvikling				
	Design				
3	Rapportering				14. Mai

### 2.3. Begrensinger

En snøscooter er en kompleks maskin, og det kreves god tilgang på teknisk informasjon, kompetanse og resurser for å kunne gjøre en nøyaktig og helhetlig vurdering. Denne oppgaven har sitt hovedfokus på konseptutredning og konseptutvikling. De 900 timene som skal brukes til å løse denne prosjektoppgaven vil ikke være tilstrekkelig til å gå i detalj på en del områder. Det vil derfor måtte settes en del avgrensninger for å begrense omfanget.

#### Begrensninger

- Gjennomgang av eksisterende konsepter må begrenses til tekniske, markedsmessige og økonomiske opplysninger som er tilgjengelige ved nettsøk og eventuelt kontakt med leverandør.
- Som nevnt i innledningen, vil driftsprosjektet til Roskva Electric benyttes som grunnlag om mulig. Det gjelder bare om komponentene skulle passe inn i ønsket løsningsmetode som blir valgt i utvelgelsesprosessen.
- Leverandøranalyse, seleksjonsprosess for komponenter og utredning av det elektriske kablingsnett vil ikke bli gjennomført.
- For buffer-/lademotoren vil det ikke bli gått i dybden for å finne enkeltkomponenter. Det vil bli lagt vekt på å finne en eksisterende løsning som er innenfor de størrelsesmessige spesifikasjonene og som vil gi gode tall for hvor mye energi en lademotor vil kunne bidra med.
- Det vil ikke bli valgt ut styringssystem og lader for hybridløsningen.
- Arbeidet vil bli konsentrert om konsept og elementutredning. Design og ergonomi berøres bare som grafisk virkemiddel i visualiseringen.
- Det vil ikke bli gjort styrke og utmattelsesberegninger på ramme, drivverk eller komponenter.
- Seleksjon og utvelgning vil bli gjort ut fra tekniske spesifikasjoner og egenskaper beskrevet i kilder, ikke på grunnlag av fysisk testing.
- Vurdering av markedspotensialet er ikke en del av dette prosjektet.

### 3. TERMINOLOGI

#### 3.1. Definisjoner og begreper

I tabellen under følger beskrivelser av forkortelser og uttrykk som er brukt gjennom oppgaven.

Tabell 2: Definisjoner og begreper

Utrykk	Beskrivelse
ICE	"Internal Combustion Engine" = forbrenningsmotor.
Kammer	Knaster på beltet for å få feste mot snø.
CAD	Teknisk tegneprogram på PC.
Beltesystem	Sammenstillingen av beltet (gummi), glidere, støtdempere, hjul og tannhjul.
GPS	Globalt Posisjonering System
Utveksling	En utveksling vil forandre turtall og moment i en drivlinje
hk	Hestekraft, en hk tilsvarer 745 watt
AC	Alternating Current (vekselstrøm)
DC	Direct Current (likestrøm)
Regenerativ bremsing	Energiopplading ved at motorene fungerer som generator og lader batteriene
cc	Symbol for kubikkcentimeter, brukes til å beskrive sylindervolumet på motorer
rpm	Antall omdreininger i minuttet
rps	Antall omdreininger i sekundet
Km/t	Uttrykk for hastighet, antall kilometer tilbakelagt på en time
m/s	Uttrykk for hastighet, antall meter tilbakelagt på et sekund
LED	Light Emitting Diodes, elektrisk komponent som gir fra seg lys



### 3.2. Symboler

Tabell 3: Symbol liste med betydning og enhet i forhold til SI-systemet

Symbol	Betydning	Enhet
$A$	Areal	$m^2$
$a$	Akselerasjon	$m/s^2$
$G$	Vekt = $m \times g$	N
$g$	Tyngdekraftkonstanten 9,81	$m/s^2$
$m$	Masse	kg
$P$	Power	Watt
$v_{marsj}$	Marsjfart	m/s
$v_t$	Toppfart	m/s
$r_b$	Radius inklusiv beltetykkelse	cm
$r_t$	Radius tannhjul	cm
$b_t$	Beltetykkelse	cm
$M$	Moment	Nm
$F$	Kraft	N
$F_b$	Normalvekt på beltet	N
$F_{frik}$	Friksjonskraft	N
$\mu$	Friksjonskoeffisient	-
$F_{ro}$	Rullemotstand	N
$f$	Rullemotstandskoeffisient	-
$M_f$	Moment til fremdrift	Nm
$F_l$	Aerodynamisk drag	N
$\rho$	Lufttetthet ved 200 moh.	$kg/m^3$
$C_w$	Drag koeffisient	-
$v$	hastighet	m/s
$F_{st}$	Bakkemotstand	N
$\alpha$	Vinkel på bakke	grader
$F_w$	Total kjøremotstand	N
$P_w$	Effektbehov	W
$\eta_{tot}$	Total virkningsgrad	%
$\eta_m$	Virkningsgrad motor	%

Tabell 3: Forts

Symbol	Betydning	Enhet
$\eta_b$	Effektivitet beltesystem	%
$\omega$	Omdreiningshastighet	rad/s
$\tau$	Dreiemoment	Nm

Tabell 4: Symboler som omhandler elektrisitet

Symbol	Betydning	Enhet
$U$	Spenning (Volt)	v
$R$	Motstand (Ohm)	$\Omega$
$I$	Strøm (Amper)	A
$P$	Effekt (Watt)	w

### 3.3. Formler

Tabell 5: Formler for beregninger

Formel nr.	Formel	Beskrivelse
1	$Omkrets = 2 * \pi * r$	Omkrets
2	$V_m = 2\pi r * rps$	Hastighet i m/s ved omdreininger per sekund
3	$M = F * r$	Moment
4	$F_{frik} = \mu * G$	Friksjonskraft
5	$F_{ro} = f * F$	Rulle motstand
6	$F_l = 0,5 * \rho * C_w * A * (v + v_0)^2$	Aerodynamisk drag
7	$F_{st} = G * \sin\alpha = m * g * \sin\alpha$	Bakkemotstand
8	$F_w = F_{ro} * F_l * F_{st}$	Total kjøremotstand
9	$P_w = F_w * v$	Effektbehov
10	$\eta_{tot} = \eta_m * \eta_b$	Total virkningsgrad
11	$Effekt\ batteri = \frac{P_w}{\eta_{tot}}$	Effekt batteriet må levere

Tabell 5: forts

Formel nr.	Formel	Beskrivelse
12	$P_{mek} = \omega * \tau$	Mekanisk effekt
13	$\frac{\tau}{\tau_{maks}} = \frac{P}{P_{maks}}$	Antatt forhold mellom effekt og moment for motoren
14	$Kjørelengde = \frac{Energikapasitet}{Forbruk}$	Beregning av kjørelengde ut ifra energikapasitet
15	$Distanse = tid * hastighet$	Beregning av distanse utfra hastighet og tid

## 4. METODEBESKRIVELSE

### 4.1. Pughs metode

Gjennom oppgaven kommer det til å måtte bli tatt en del valg i forhold til komponenter og løsninger. For å gjøre dette på en måte der så mange gode alternativer som mulig blir vurdert og de riktige valgene blir tatt, benyttes en utvelgelses tabell som har grunnlag i "Pughs metode".

Enkelt forklart går Pughs metode ut på at man gir hver egenskap et vektingspoeng, dette forteller hvor viktig egenskapen er. Deretter gis komponenten poeng utfra hvor bra eller dårlig den er til å utføre egenskapen. Vurderingen gjennomføres så i et matrisesystem der vektingspoenget blir multiplisert med komponentens poeng. Resultatet summerer opp både hvor viktig egenskapen er og hvor godt komponenten utfyller egenskapen.

Under følger et eksempel for rangering av komponent A, B og C:

- Vektingspoengene går fra 1-3 der 3 er viktigst og 1 er minst viktig.
- Hver komponent får så en karakter, fra 1-6 som skal reflektere hvor bra denne komponenten utfører egenskapen.
- Under summeringen vil vektingen bli ganget sammen med karakteren til komponenten. I dette tilfelle er altså egenskap 2, 3 ganger viktigere enn egenskap 1. Deretter summeres disse resultatene.
- Rangeringen med høyest poengsum er beste løsning og blir rangert som nr. 1.

Tabell 6: Forklaringsmodell Pughs metode

	Vekting	Komponent A	Komponent B	Komponent C
Egenskap 1	1 x	2	2	4
Egenskap 2	3 x	5	6	3
Sum		17	20	13
Rangering		2	1	3

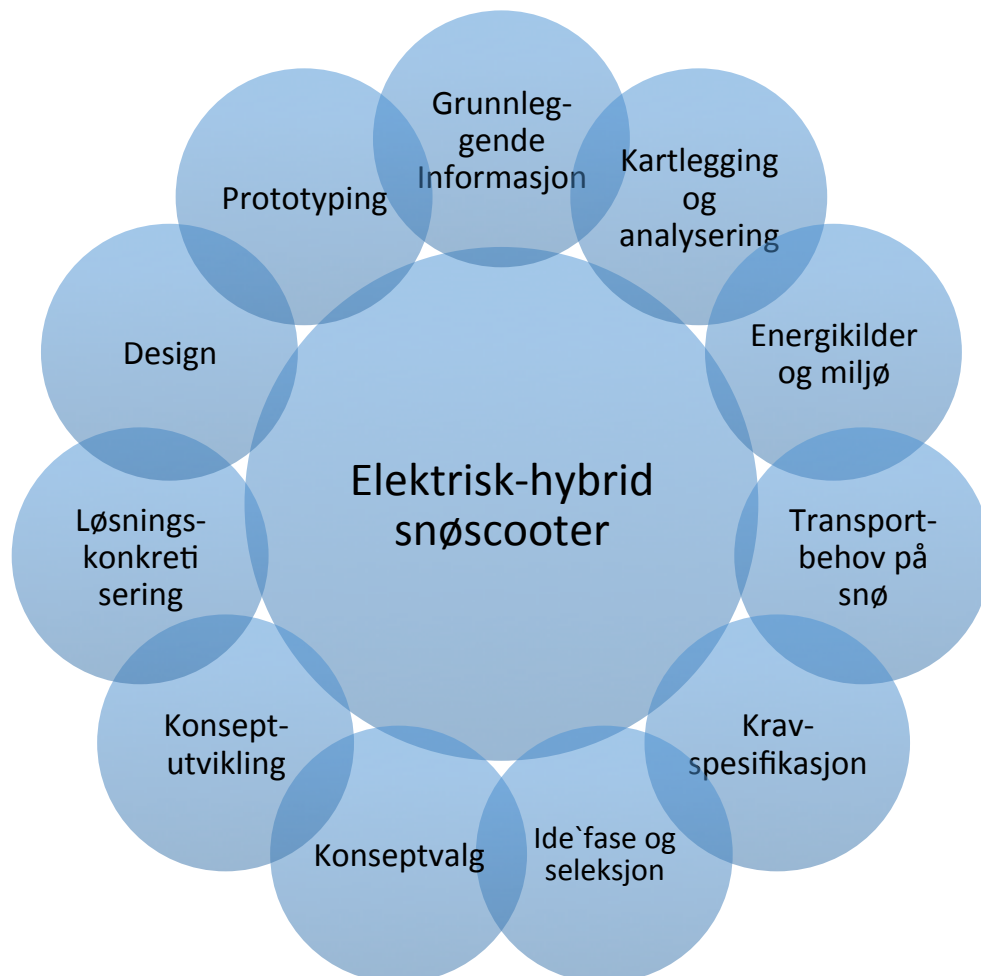
### 4.2. Litt om IPD (Integrated Product Development)

Ved produktutviklingsarbeid er det viktig å være strukturert og godt organisert, og det finnes forskjellige modeller man kan følge for å få en god produktutviklingssystematikk. IPD er en slik modell. IPD er i stor grad basert på

integrering og bruk av moderne datateknologi, samt prosedyrer og rutiner for arbeidsplanlegging, organisering og ulike trinn av utviklingsprosessen. Med IPD vil man oppnå større effektivitet, og lavere gjennomføringstid. IPD kan karakteriseres som en slags «kjørerute» eller «huskeliste» for viktige elementer man bør ta med seg i organiseringen av produktutviklingsprosjekter. Hovedhensikten med IPD er grovt sagt å gjøre ting i riktig rekkefølge i et koordinert utviklingsløp, og passe på at ikke viktige ting blir utelatt eller underveis (35).

#### 4.3. IPD i Roskva Snow

Målet med dette prosjektet kommer innenfor første fase av IPD, forprosjektet. Formålet med forprosjektet er å kartlegge om et prosjekt er gjennomførbart og å komme opp med et løsningsalternativ som kan gi en pekepinn på hvordan prosjektet kan løses. Ved å benytte IPD kan gjennomføringen av prosjektet gjøres på en ryddig og forståelig måte. Det vil gjøre det enklere for de som eventuelt skal arbeide videre med prosjektet kan seg raskt inn i grunnide og problemstillinger fra denne grunnfasen.



Figur 19: Oppsummering av IPD's viktigste komponenter

#### 4.4. Prosess

Tabell 7: Tabell for prosess

Fase	Nr.	Mål	Prosess
0 Marked	1	Innsamling informasjon	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Snøscooter typer</li> <li>❖ Markeder</li> <li>❖ Eksisterende elektrisk/ hybrid løsninger</li> <li>❖ Innblikk i Roskva Electric</li> </ul>
	2	Utredning	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Teoretisk grunnlag</li> <li>❖ Definere rammer                             <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Bruksområde</li> <li>➤ Scooter type</li> </ul> </li> <li>❖ Definere krav                             <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Motor</li> <li>➤ Vekt</li> <li>➤ Størrelse</li> </ul> </li> </ul>
1 Innovasjon	3	Idègenerering	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Løsningsalternativer                             <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Hybridløsning</li> </ul> </li> </ul>
	4	Seleksjon	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Systematisering                             <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Rangering av egenskaper</li> <li>➤ Vekting og utvelgelse</li> </ul> </li> </ul>
	5	Konkretisering	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Beskrivelse av prioritert løsning</li> <li>❖ Skissering</li> </ul>
2 Konsept	6	Konseptutvikling	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Delelementer</li> <li>❖ Dimensjoner</li> <li>❖ Beregninger</li> </ul>
	7	Design	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Utforming</li> <li>❖ Materialer</li> </ul>
	8	Prototyping	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Organisering</li> <li>❖ Budsjettering</li> </ul>
3	9	Rapportering	

#### 4.5. Arbeidsmetoder og løsningsverktøy

Her følger en gjennomgang av ressursene som vil bli benyttet for å best mulig oppnå de forskjellige delmålene:

- Nettsøk og litteraturstudier:  
Bøker og kompendier fra tidligere kurs ved UMB vil i stor grad legge grunnlaget for metoder og prosesser som benyttes. Det finnes svært lite litteratur som omhandler snøscootere i sin helhet, det vil derfor i stor grad benyttes kilder fra internett.
- Tekniske hjelpemidler:  
Av tekniske hjelpemidler vil i hovedsak CAD programmet Solid Works bli benyttet. Det finnes en del tilleggsmoduler til Solid Works som kan benyttes i prosjektet til analyser. Jeg har tidligere benyttet andre CAD programmer som Simens-NX og Rhino, men ingen av disse stiller like sterkt som Solid Works når det gjelder tilleggsmoduler.
- Beregninger:  
Håndboken "Boch Vehicle Dynamics" vil bli brukt som grunnlag ved beregninger. Det kan være at noen tilpasninger må gjøres med hensyn på snøscooterens dynamikk i forhold til det kjøretøyet som formlene opprinnelig er tenkt for. Det å få tak i spesifikke formler for kjøretøy med beltedrift og da spesielt for snøscootere vil være det beste. De store forskjellene på belter og de mange variablene vil komplisere dette.
- Rapport:  
Rapporten vil bli skrevet i Microsoft Word, som er en del av Microsoft Office pakken. Til kilder vil programmet EndNote bli benyttet. For illustrasjoner vil programmet Znagit bli benyttet.

## 5. KONKURRENTLØSNINGER OG GROVSPESIFISERING

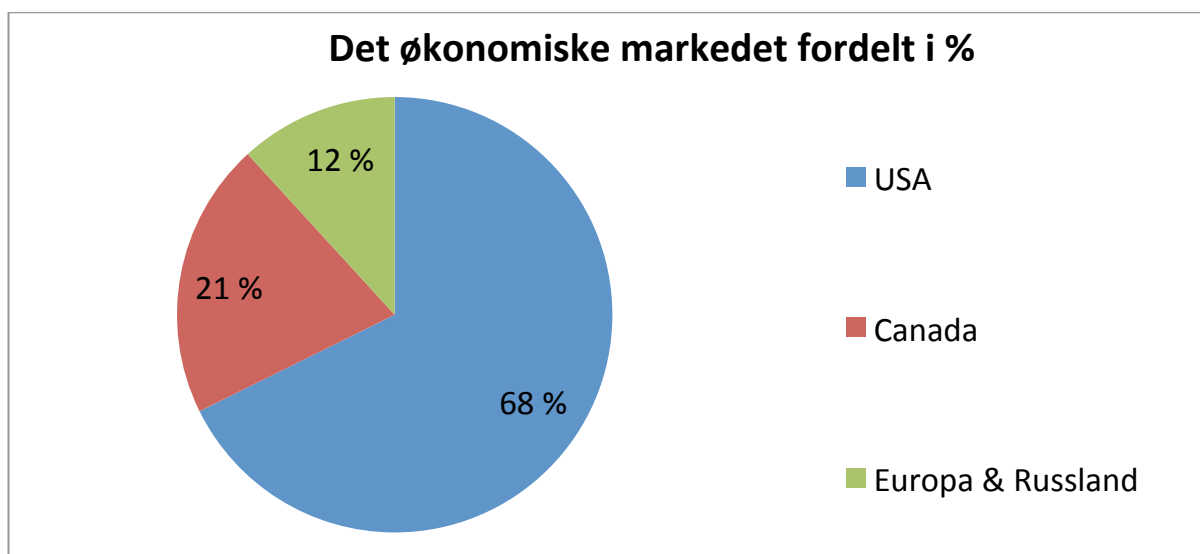
### 5.1. Markeder

Det finnes i dag fire store produsenter som er markedsledende innen produksjon av snøscootere. Arctic Cat, Polaris, Yamaha og BRP. De tre første holder til i USA, den siste i Canada. I 2012 ble i overkant av 2/3 av snøscootere på verdensbasis solgt i USA og Canada, med en fordeling mellom de to landene på ca. 50%. Det er altså ikke tilfeldig at de fire største produsentene er lokalisert på dette kontinentet. Når det gjelder antall registrerte snøscootere er USA overlegne, 1.4 millioner registreringer mot 593 000 i Canada (36).

«The International Snowmobile Manufacturers Association (ISMA)» er en organisasjon som representerer de overnevnte snøscooterprodusentene. De koordinerer komiteer innen industrien som blant annet håndterer sikkerhet, promoterer snøscooterkjøring som rekreasjonsaktivitet og holder statistikker som blant annet viser vekst i næringen og den positive økonomiske påvirkningen næringen har på de forskjellige samfunnene i verden (36).

Omsetningsmessig kan snøscootermarkedet grovt deles i tre (tall fra 2012, dollarkurs 08.04.13) (36);

- USA - 132 milliarder NOK per år
- Canada - 40 milliarder NOK per år
- Europa & Russland - 23 milliarder NOK per år



Figur 20: Økonomiske markedet fordelt i % (36)



Nord Amerika har verdens største snøscootermarked, og det er også her det er mest tilgjengelig data om bruk av snøscootere. Bare i Nord Amerika genererer snøscooter industrien over 100 000 arbeidsplasser, disse inkluderer alt fra produksjon og salg, til turisme. Omtrent 80 % bruker snøscooterne sine til turkjøring i preparerte og oppmerkede løyper, mens de resterende 20 % bruker snøscooterne sine til praktiske arbeidsoppgaver og transport. I Nord Amerika er forholdene godt tilrettelagt for å benytte snøscooter, og det finnes over 360 mil med preparerte og markerte snøscooterspor som har blitt utviklet av frivillige snøscooterklubber i samarbeid med lokale myndigheter og landeiere (36).

## 5.2. Gjeldende regler for snøscootere i Norge

For å kunne kjøre snøscooter i Norge må man ha godkjente førerrettigheter. Det ble fastsatt nye regler 1. juli 2006, som sier at «nye kandidater kan få førerrettigheter for snøscooter bare etter obligatorisk opplæring og bestått teoretisk førerprøve». Minstealderen er 16 år men frem til fylte 18 år er førerrettighetene begrenset til klasse 1 (snøscooter hvor forholdet mellom effekt og egenvekt er høyst 0,20 kW/kg). Denne endringen 1. juli 2006 medførte at de som for første gang tok førerkort for motorsykel, traktor eller personbil (klasse B), ikke lenger fikk påført klasse S "gratis" (37). Man fikk altså før dette tidspunktet påført klasse S uten noen form for opplæring på kjøretøyet. Det er ikke bare reglene for førerrettigheter som har blitt innskjerpet. Den største hindringen for snøscooterkjøring i Norge er strenge reguleringer for motorferdsel i utmark. Som hovedregel er motorferdsel i utmark forbudt, men man kan få løyve til bruk av motorkjøretøyer hvis bruken er i forbindelse med næring og nyttetransport (38). I tillegg er kjøring på offentlig vei forbudt for snøscootere (37).

Begrensningene for bruk av snøscooter er altså mange. Men de siste årene har det blitt et stadig større engasjement rundt lovverket om snøscooterbruk. På internettsiden underskrift.no er det en pågående underskriftskampanje der 21 412 (pr. 21.04.2014) nordmenn har signert kampanjen «Ja til snøscooterkjøring i Norge» (39). På hjemmesiden til partiet Høyre er spørsmålet om lokalt selvstyre tatt opp. De mener at det er kommunene selv som er best egnet til å bestemme om hvorvidt snøscooterkjøring burde være lovlig. Dette åpner mulighet for regulert kjøring i form av turistløyper og rekreasjonskjøring (40).

I april 2014 fikk 87 norske kommuner klarsignal fra regjeringen om å delta i prøveordningen frem til 2018, for snøscooterløyper for fritidskjøring. Dette kan på sikt bety en liberalisering av reglene som kan øke bruk av snøscooter i Norge. Dette betyr ikke at det blir fritt frem for snøscooterkjøring, som fortsatt vil bli regulert av

”Lov om ferdsel i utmark og vassdrag”. Gjeldene regler skal ivaretas for å ta hensyn til støy- og naturvernshensyn (41).

### 5.3. Motoriserte snøscooter typer

Variasjoner innenfor design gir snøscootere forskjellige bruksområder. Som nevnt tidligere kan man dele inn i fire kategorier; touring, sport, crossover, løssnø/klatrescooter og arbeidsscooter. Det er lengden, bredden og størrelse på kammer på beltet sammen med utstyrsnivået, som definerer hvilken kategori scooteren er innen for.

Snøscootere produsert for en person, er i de fleste tilfeller designet for rekreasjonsbruk i form av å kjøre fort eller å klatre opp fjellsider med dyp pudde snø. Snøscootere med plass til to er mest utbredt og er i de fleste tilfeller tiltenkt mer praktiske oppgaver som transport eller å trekke tungt.

Ser man bort fra at snøscootere har belte og meier/ski er snøscootere uansett type svært lik motorsykler. Forhåpentligvis kan dette prosjektet dra nytte av denne likheten, og benytte gode løsninger og komponenter i drivlinjen fra Roskva Electric.

Snøscootere med ICE var typisk utstyrt med en totakts bensinmotor, men firetaktsmotorer øker på markedet for å svare på krav i forhold til miljøvern. Videre følger en kort utredning av de forskjellige snøscootere på markedet.

I denne oppgaven er Yamaha sine tall og illustrasjoner brukt som grunnlag. Yamaha er en av de ledende aktørene på snøscootermarkedet, og de har en ryddig inndeling av de forskjellige gruppene som er mest aktuelle.

#### **Touringsnøscooter:**

I dagens marked utgjør touringscootere den største klassen. Denne type snøscootere har forholdsvis like belter som sportssnøscootere, bredden og kammene er like men de er noe lenger, da det er seter med plass til to personer. Disse scooterne er i hovedsak ment som et komfortabelt transportmiddel gjerne på lengre distanser, med myk fjæring, behagelige seter med rygg, stor frontrute og håndtak med varmere. De har bagasjebrett, slepekrok, el-start og girkasse med revers. Touringsnøscootere er som allerede nevnt en svært populær snøscooter type, produsentene passer derfor på å ha mange modeller tilgjengelig særlig når det gjelder motorstørrelse. Dette for å kunne appellere til flest mulig, siden motoren ofte har et stor betydning for pris. Størrelsene på motorene variere fra 500-1050cc med 2-3 sylindere og 4 takter. Alt utstyret gjør denne scootertypen svært allsidig og brukervennlig. (33, 42)



Figur 21: Touringsnøscooter

### Arbeidssnøscooter:

Denne snøscooterklassen bygger på grunntanken fra snøscooterens opprinnelse; et kjøretøy som kunne frakte tyngre gjenstander og mennesker til utilgjengelige steder på snø. Arbeidsscootere er i utgangspunktet et rent nyttekjøretøy, og det har opp gjennom årene blitt utviklet en rekke modeller, noen har til og med to belter og en ski foran. De senere årene har arbeidssnøscootere blitt utbedret på mange områder, og man kan i dag dra mange paralleller mellom touringsnøscootere og arbeidssnøscootere. Mange modeller i denne klassen har de samme egenskapene og utstyrsnivå som touringsnøscootere, men de har et vesentlig bredere og lengre belte noe som gjør at arbeidssnøscootere klarer seg bra i løs snø. De har girkasse med både høy og lavgir for å kunne trekke tungt og er derfor avhengig av store motorer. Motorstørrelser på rundt 1000cc er det vanligste. Grunnen til at de ikke erstatter touringsnøscootere er at de er store og tunge, noe som gjør de vanskelige å manøvrere. Kostnadene for en scooter i denne klassen er høy grunnet motorstørrelsene, utstyrsnivået og de mange solide komponentene som ramme, belte og så videre. (33, 42)



Figur 22: Arbeidssnøscooter

### Sportsnøscooter:

Sportsscooteren er den snøscootertypen som har lagt grunnlaget for dagens moderne snøscootere, og frem til 1990- tallet dominerte denne typen snøscootere markedet. Disse snøscooterne blir omtrent utelukkende brukt til rekreasjon og underholdning. Snøscootertypen har korte smale belter, og de er ofte svært lette siden de verken har bagasjeholder, el-start, girkasse og bare ett sete. Disse spesifikasjonene appellerer til en aktiv kjørestil med hastighet i fokus. Det er stor ytelsesforskjell i denne klassen. Skal man ha en billig snøscooter finner man det i det nedre sjiktet av denne klassen. Mens i det øvre sjiktet finner man snøscootere med de beste motorer og fjæringssystemer, disse kommer mer innenfor «sport-performance» segmentet. Motorstørrelsene er fordelt utover et vidt område fra 500cc helt opp til 1050cc, noe som forklarer de store prisforskjellene i denne snøscooterklassen. Som man hører av navnet er denne typen snøscootere beregnet å bli brukt i mer eller mindre oppkjørte løyper. Det korte smale beltet med små kammer vil gi begrenset fremkommelighet i dypere og mykere snø, men til gjengjeld mindre motstand som vil gi høyere hastigheter. (33, 42)



Figur 23: Sportssnøscooter

### Crossoversnøscooter:

Denne klassen er en mellomting mellom sport og løssnø-/ klatresnøscooter. Den har lengre belter enn en sportsnøscooter men kortere enn en løssnø-/ klatresnøscooter, men beltebredden er lik. Kammene på en crossoversnøscooter kan variere fra små til mellomstore. En crossoversnøscooter er en "kjøremaskin" for de som virkelig trenger allsidighet, den takler løypekjøring bra så vel som røffere bruk i dyp og løs snø. Den vil ikke nå helt opp til en sport/ løypesnøscooter når det kommer til manøvrering og hastighet på hardere underlag. Den vil også komme til kort mot en løssnø-/ klatresnøscooter i svært dyp snø og bratte fjellside. Når det gjelder utstyr og konstruksjon er en crossoversnøscooter omtrent helt lik en sport/løypesnøscooter,

bortsett fra at den kan ha en noe smalere avstand mellom skiene noe som gjør den enklere å manøvrere i dypere snø. (33, 42)



Figur 24: Crossoversnøscooter

### Løssnø-/Klatresnøscooter:

Denne snøscooterklassen er utviklet med kun ett mål for øyet, nemlig å komme seg frem på steder som ingen andre snøscootere kommer til. Nøkkelen til dette er et enormt belte, lengder på 4 meter og over 5 cm høye kammer er ikke uvanlig. Avstanden mellom skiene i front er kort slik at man lettere skal kunne "bikke" den over i sving ved store mengder løssnø. Motoren er flyttet lengst mulig frem, slik at sjåføren kan legge seg over styret for ikke å bikke bakover ved ekstreme stigninger. Styret er også godt utstyrt med brede håndtak og en løkke midt på. En snøscooter av denne typen har et svært snevert bruksområde. På grunn av det lange beltet og den korte avstanden mellom skiene foran vil den være vanskelig å manøvrere på hardt underlag. En annen ulempe er kammene, siden de er så lange vil de kunne bli skadet ved stor påkjenning på hardt underlag. Denne snøscooterklassen er en helt annen type en de tidligere nevnte snøscootertypene og har først kommet på markedet de siste årene. (33, 42)



Figur 25: Løssnø- /klatresnøscooter



#### 5.4. Valg av snøscootertype

Kapasiteten og egenskapene til den elektriske drivlinjen vil i stor grad bestemme hvilke bruksområder som er mer gunstige enn andre. Ved å kartlegge de faktiske forholdene vil man utfra bruksområdene se hvilke snøscooter typer som er best egnet og aktuell for en elektrisk drivlinje.

Som nevnt i delkapittelet 1.9.1.«Tekniske utfordringer» vil et elektrisk drevet kjøretøy ikke kunne konkurrere mot energitettheten til et kjøretøy med ICE. Når det gjelder snøscootere vil dette elementet eliminere en elektrisk snøscooter fra markeder der «fun factor» står i sentrum, altså mountain- og crossoverscootere. Snøscootere i disse klassene er omtrent utelukkende ment for å leke i skog og mark, for å sloss mot naturen. Det trengs i disse tilfeller et svært høyt omdreiningstall og innebærer at man i store deler av tiden vil kjøre på maks turtall. Det å bruke en elektrisk motor på denne måten, vil tømme batteriene på svært kort tid.



Figur 26: Velger bort Crossoversnøscooter og Løssnø- /klatresnøscooter

I klassen sport-/løpesnøscooter vil snøscootere i det øvre sjiktet effektivt være vanskelig å konkurrere mot, det samme gjelder for arbeidsscootere, igjen på grunn av den lave energitettheten til elektrisitet som energilagringsskilde. En snøscooter i det nedre sjiktet i sport-/løpeklassen vil kunne være aktuelt for bruk på korte distanser, der oppakning og energilagringssmengde ikke er viktig. Korte belter gir mindre friksjon og rullemotstand, og mer av energien vil kunne gå til fremdrift men vil fortsatt gi noen begrensninger.



Figur 27: Velger bort Arbeidssnøscooter og Sportssnøscooter

De spesielle egenskapene til en elektrisk snøscooter vil gjøre dem attraktive på andre bruksområder. Det finnes i dag naturområder der den eneste formen for fremkomstmiddel er å gå på ski, det og da ha et motorisert kjøretøy som vil kunne frakte personell og utstyr hurtig være et godt alternativ. For å kunne frakte flest mulig personer vil to seter være foretrukket.

Basert på vurderinger av de ulike snøscooterklassen og deres egenskaper og mulige bruksområder **konkluderes** det med at den mest ideelle klassen å utrede som et elektrifiseringsobjekt vil være touringmodellen.



Figur 28: Valgt modell Touringsnøscooter

## 5.5. Elektriske snøscootere

Det finnes i dag svært få eksisterende løsninger med ferdig utviklede konsept når det gjelder et grønt alternativ til kommersielle snøscootere. I Michigan i USA har SAE International og Michigan Technological University siden år 2000 arrangert et årlig arrangement kalt «The Clean Snowmobile Challenge». Dette er en konkurranse for «college» -og universitetsstudenter, der målet er å bygge om en «vanlig» snøscooter for å redusere utslipp og støy. De modifiserte snøscooterne konkurrerer i en rekke forskjellige øvelser, deriblant; utslipp, utholdenhet, akselerasjon, styring, kald start og design. Reglene og utfordringene i konkurransen varierer og endres fra år til år for å



opprettholde spenning og interesse. Målet er å kunne utvikle et motorkonsept som vil kunne benyttes i en miljøvennlig og stillegående løypescooter. Konkurransen er delt i to klasser, en for forbrenningsmotorer(ICE) og en «zero emission category». Den sistnevnte klassen inneholder som navnet beskriver, kandidater som har satset på et totalt utslippsfritt system (43).

The Clean Snowmobile Challenge har ført til store fremskritt på jakten etter et mer miljøvennlig alternativ til dagens konvensjonelle snøscootere. Men det har ikke blitt utviklet noen produksjonsklar modell, i alle fall ikke som er videre kjent for allmenheten. Men ikke langt utenfor Norges grenser finner man de utviklerne som tilsynelatende har kommet lengst med å realisere modeller som er klar for serieproduksjon.

### Elmacchina

Elmacchina er en fullelektrisk snøscooter som faller innenfor gruppen arbeidsscooter. Elmacchina AB holder til i Østersund, Sverige. De har utviklet to prototype som har en elektrisk motorpakke med høyt dreiemoment, noe som er nøkkelegenskapen til en arbeidsscooter. Den første av prototypene ble presentert våren 2010. Videre ble det påbegynt prototype nr.2, der målet var å kjøre 60km på en lading, og nå toppfart på 80 km/t. Drivsystemet skal levere 70 hk, ca. 50 kW. Batteripakken skal ha en kapasitet på ca. 12 kWh. Ladetid ved vanlig uttak(230V) skal ta ca. 4 timer, ved 380V uttak skal oppladningstiden bare være på 1 time. Hele pakken inkludert drivlinje, batteripakke, motorkontroller og display for operasjonsdata skal veie ca. 100kg. Målgruppen for denne snøscooteren skulle være skianlegg, felt service og arrangementer (44).

Informasjonen over er fra en artikkel, og det er sagt at Elmacchine regner med å ha en produksjonsklar modell i 2011. Dessverre ser det ut som arbeidet ikke har kommet noe lenger siden 2011, siden det ikke er mulig å finne noe informasjon. Det ser altså ut som noen endelig produksjonsklar modell ikke ble utviklet.



Figur 29: Elmacchina (44)

## eSled

eSled er et fullelektrisk snøscooterkonsept utviklet i Finland. Prosjektet startet med en tanke om en miljøvennlig og stillegående snøscooter til bruk i turistsammenheng. Arbeidet med første prototype "RD01" startet i 2008 og våren 2009 sto den ferdig. Men arbeidet startet for alvor i 2010, med hovedinvestor "Finnish Funding Agency for Technology and Innovation", målet var å lage en nullutslipps snøscooter til bruk på snøscooter safarier. Utgangspunktet for prototype nr. 2 "RD02" og nr. 3 "RD03" var chassiset fra Lynx Rave 550. På disse to modellene ble det brukt blybatterier, og i løpet av 2010 utviklet de et datainnsamlingsystem for bruk i utviklingen av snøscooteren. Systemet samler inn data som spenning, fart, GPS data og temperatur. I 2011 på prototype nr.4 "RD04" benyttet de seg av batterier med litium-ion teknologi fra "European Batteries". Det ble også utviklet et forvarmingsystem som skulle holde temperaturen til batteriene høyere og mer stabil. Chassiset som ble benyttet for denne modellen var fra Lynx Adventure 600, som er en snøscooter som er utviklet for safaribruk. Denne prototypen var den første som faktisk ble benyttet på en snøscootersafari, turen varte i 3 timer og temperaturen var -7,8 C, total kjørelengde er ikke oppgitt. De konstaterer på hjemmesiden til eSled at denne modellen med Litium-Ion batterier var svært suksessfull.



Figur 30: eSled's første prototype "RD01" fra 2008 (45)

Etter dette tok utviklingen en ny retning, prototype nr. 5 "RD05" hadde som hovedmål å integrere en metanolbrenselcelle i drivlinjen for å varme opp batteripakken. Hvor vellykket dette var blir ikke nevnt. I 2012 tok de enda et steg videre inn i brenselcelle teknologien. Prototype nr. 6 "RD06" benytter en hydrogencelle, men til forskjell fra metanolcellen skulle hydrogencellen stå for økt rekkevidde, altså fremdrift. Denne snøscooteren ble også bygget på en ny plattform

Lynx 59 Yeti. Det er ikke mye teknisk informasjon om dette hybridsystemet på internettsiden, men de oppgir at vekten skal være tilsvarende en vanlig snøscooter med forbrenningsmotor og full bensintank. De oppgir en ca. rekkevidde på 60 km med batterier og 20 km ekstra med hydrogencellen.

Siste utvikling i prosjektet står datert tilbake til 2012, de oppgir at de skal produsere en "flåte" med snøscootere til safarikjøring. Denne modellen skal baseres på prototype nr. 4 "RD04", altså med full elektrisk drift og Litium-ion batterier som energikilde. Snøscooterne skulle benyttes av "Lappland Safaris", men på hjemmesiden deres i dag (11.04.14) er det ingenting som tyder på at de fortsatt benytter seg av disse snøscooterne.



**Figur 31: eSled`s fjerde prototype "RD04" (45)**

Prosjektet eSled virker svært seriøst og de har som man forstår av omfanget på prosjektet kommet langt i utviklingsfasen. De samarbeider også med BRP(Bavaria Recreation Products) som er en av de ledende snøscooterprodusentene (45).

Begge prosjektene har vært forsøkt kontaktet, men det har ikke vært noe respons.

### 5.6. Teknologiløsninger i Roskva Electric

Den fullelektriske motorsykkelen Roskva er utviklet med utgangspunkt å kunne bli registrert som en tung motorsykkel i Norge. Det er motoreffekten som vil bestemme innenfor hvilken klasse motorsykkelen havner i. Motorsykkelen er bygget med svært moderne materialer i kompositt, deriblant kevlar og karbon. Konstruksjonen er svært lett og man vil oppnå et lavt vekt/effekt forhold. Men en slik konstruksjon er også dyr og svært tidkrevende å produsere. Drivlinjen består i all hovedsak av fire komponenter (46).



Figur 32: Roskva Elektrik (4)

**Kilden til energi** er 2 batteripakker, sammensatt av en battericelle med navn Headway 38120p av typen LiFepo4. Battericellene har en normalspenning på 3,2 volt og en kapasitet på 8000 mAh. De er satt sammen til en batteripakke ved å bruke 34 celler i serie og 2 i parallell, dette gir en total kapasitet på ca. 3500 wattimer fordelt på to batteripakker, dette gir prototypen en rekkevidde på ca. 60 kilometer (47).

**Motoroppsettet** består av to elektriske motorer fra Lynch Motor Company av typen LEM200-D135RAGS som er koblet sammen og arbeider på samme aksel. Hver av disse motorene leverer et dreiemoment på 42 Nm og en topp effekt på 36 kilowatt, noe som gir motorsykkelen en topp effekt på ca. 96 hk og et total dreiemoment på 84 Nm (47).

**Motorkontrolleren** heter Kelly Motor Controller, med betegnelse KDH12601E, denne har et spenningsstak på 136 volt og ett strømtrekk på 300 Amper kontinuerlig. Denne

motorkontrolleren har mulighet for å enkelt sette gasshåndtak og pedal opp mot styring av regenerativ drift ved nedbremsing (47).

**Girkassesystem** består av to girkasser. Systemet har blitt utviklet av Lars J. Norberg, funksjon og sammenstilling er nøye beskrevet i masteroppgaven hans, under kapittel «Elementer og løsningsvalg» (46).

## 5.7. Referansesnøscooter

For å definere rammene og tekniske mål benyttes spesifikasjoner fra Yamaha sine touringssnøscootere. I tabellen under står de tekniske spesifikasjonene til modellen Venture lite, som er den minste touringssnøscooteren i modellrekken.

Tabell 8: Tekniske spesifikasjoner for touringssnøscootere (42, 47).

Motor	Mål
Størrelse	499cc
Takter	4
Hestekrefter	80 hk
Tankstørrelse	36 L
Antall sylindere	2
<b>Totalmål</b>	<b>Mål</b>
Lengde	313 cm
Høyde	138 cm
Bredde	126,5 cm
Vekt (tørr)	269 kg (2012 mod)
<b>Vandring dempere</b>	<b>Mål</b>
Front	165 mm
Bak	292 mm
<b>Belte</b>	<b>Mål</b>
Bredde	38 cm
Lengde	366 cm
Høyde kammer	3,175cm
<b>Utstyr</b>	<b>Standard</b>
Elektrisk start	X
Varme i setet	
Håndvarmere	X
Speil	X
2-seter	X
Slepekrok	Ekstra
Revers	X



Som nevnt i delkapittelet 5.6. "Teknologiløsninger i Roskva Electric" er topp effekten fra de to motorene ca. 96 hk. Hvis motoralternativet i Roskva Electric skal implementeres i en touring snøscooter, vil dette plassere den i det nedre sjiktet i modellsortimentet til Yamaha. For videre referanser vil minimumskravene og andre mål bli sammenlignet med 2014 modellen Venture Lite. Denne modellen ligger i nedre del av de fleste kategoriene over.



Figur 33: 2013 modell Venture Lite (42)

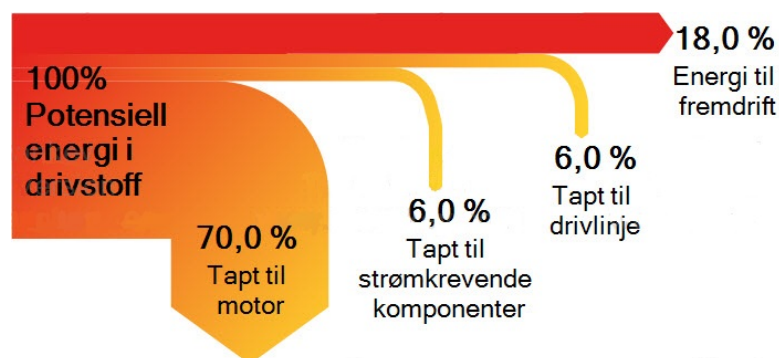
## 6. ELEMENT OG KONSEPTUTVIKLING

### 6.1. Effektivitet i driftssystemet

Elektriske motorer er ikke bare miljøvennlige de er også meget energieffektive, og når det gjelder tap i systemet er de overlegne ordinære forbrenningsmotorer. For å få noen tall på de faktiske forskjellene, kan man se på effektiviteten til biler med forbrenningsmotor kontra elektrisk motor.

#### Forbrenningsmotor

Forbrenningsmotorer som benyttes i dagens kjøretøy har bare en effektivitet på 16%-20% ved blandet kjøring, det betyr i praksis at maks  $\frac{1}{4}$  av energien som blir puttet på tanken i form av drivstoff faktisk blir benyttet til å drive kjøretøyet. Det meste av energitapet skjer i motoren, hovedsakelig i form av varmeproduksjon. Små mengder energi går tapt flere steder, blant annet der det oppstår friksjon. Totalt sett vil 70-72% av energien gå bort til energitap i motoren. Av energien forsvinner 5-6 % til andre strømkrevende komponenter som vannpumper og lignende, mens tapet i drivlinjen er i underkant av 5-6%. Til slutt får hjulene sine 16-20% av energien til å faktisk drive kjøretøyet fremover (48).



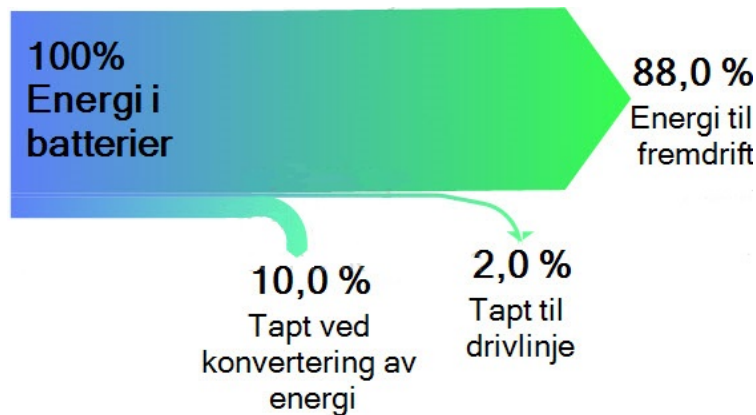
Figur 34: Sankeydiagram som viser energieffektivitet i et driftssystem med forbrenningsmotor

#### Elektriskmotor

De nyeste elektriske kjøretøyene som for eksempel Tesla Model S har en energieffektivitet som er helt i andre enden av skalaen i forhold til forbrenningsmotorer. Tesla hevder at deres elbilmodell Roadster har en effektivitet på hele 88%. Altså at 88% av energien som blir ladet på batteriene blir benyttet til å drive kjøretøyet fremover. Konverteringen av energien fra kjemisk tilstand til elektrisitet har et tap på ca. 10%. De resterende komponentene i drivlinjen, altså motor og omformer, har bare et tap på 2%. Dette er nok under ideelle forhold, siden det er data produsenten oppgir. Men altså et totalt tap på 12%. En elektrisk bil kan



altså ha en energieffektivitet som er 5 ganger større enn biler med forbrenningsmotor (49).

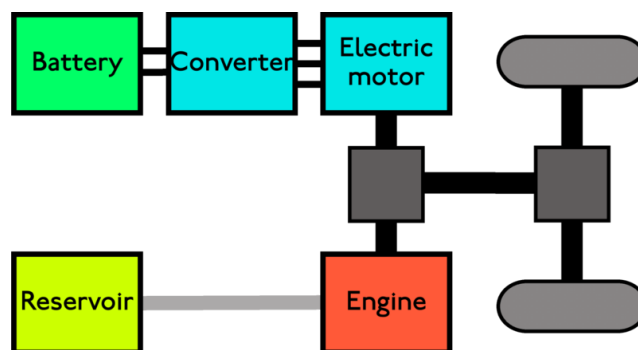


Figur 35: Sankeydiagram som viser nergieffektivitet i et driftssystem med elektriskmotor

## 6.2. Hybridløsninger

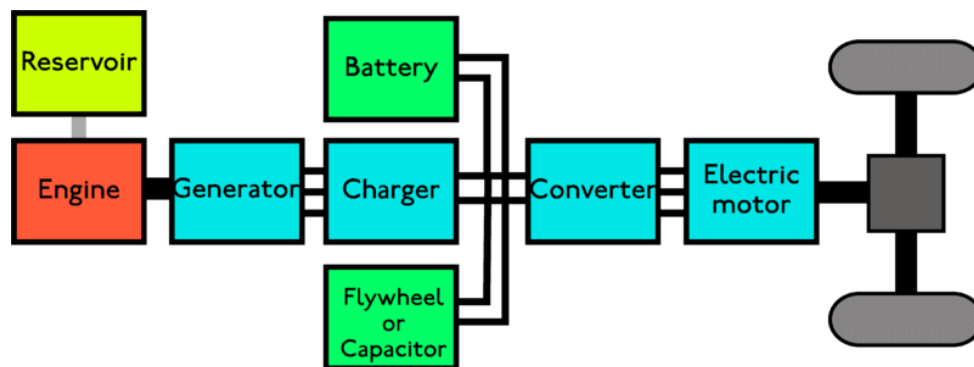
Et hybridsystem er et dynamisk system, sammensatt av flere energikilder. I sammenheng med kjøretøyer kan dette for eksempel være å kombinere elektrisk drift med forbrenningsmotorer, vi får da et hybrid elektrisk kjøretøy. Hybridsystemer benyttes vanligvis på en av to måter, enten som et system i parallell eller i serie.

- Et **parallellhybrid** system kjennetegnes ved at begge motorene (elektrisk og forbrenning) kan drive kjøretøyet fremover enten uavhengig eller i samarbeid med den andre motoren. Dette kan gjøres på forskjellige måter, eksempelvis kan de være koblet på samme aksling som vist på **figuren under**. I dette tilfellet må det enten kobles inn en clutch som kobler inn og ut det ene eller andre system, eller så må begge motorene levere lik kraft. En annen god løsning med dette systemet er å dele opp systemene til å drive hver sin aksling og hvert sitt sett med hjul. Den elektriske motoren kan drive framhjulene og forbrenningsmotoren kan drive bakhjulene. Denne systemtypen er å foretrekke på kjøretøyer som benytter seg av regenerativ bremsing (50).



Figur 36: Eksempel på parallell-hybrid system (50)

- I **Seriehybrid** er det bare den ene motoren som står for fremdriften, mens den andre vil være en buffer-/lademotor. I dette systemet vil for eksempel forbrenningsmotoren drive en generator som lader batteriene. Batteriene gir så energi videre til de elektriske motorene som et vanlig elektrisk kjøretøy. Fordelene med et system som dette er at det er enkelt og man slipper en del mellomledd som for eksempel girkasser. Lademotoren vil arbeide i det mest effektive omdreiningssområdet, for å være mest mulig energieffektiv.



Figur 37: Eksempel på seriehybrid system (50)

Å implementere et hybridssystem i snøscooteren vil øke fleksibilitet. Skulle man trenge rekkevidde utover hva det elektriske energilagringssystemet vil kunne klare kan lademotoren hjelpe til.

### 6.3. Energilagringssystemer

Som allerede nevnt er målet for oppgaven er å lage en hybrid-elektrisk drevet snøscooter. For å være sikker på at de beste løsningene blir valgt, må så mange løsningsalternativer som mulig vurderes og en god metode for utvalgelse må benyttes. Som beskrevet under kapitlet "Metodebeskrivelse" vil Pughs metode bli benyttet. For at et kjøretøy skal være miljøvennlig må energikilden være miljøvennlig. I utvelgelsesprosessen for energilagring, motor og drivlinje vil det derfor være naturlig å begynne med utredningen av energilagring. Videre følger en systematisk gjennomgang av forskjellige løsningsalternativer for de forskjellige komponentene i drivlinjen.

I Store Norske Leksikon forfattet av Hofstad, Knut & Rosvold, Knut A. (2013, 11. desember) står følgende om energilagring: "Energilagring, energiakkumulering; er lagring av energi for senere bruk ved hjelp av mekaniske, termiske, elektriske eller kjemiske metoder.

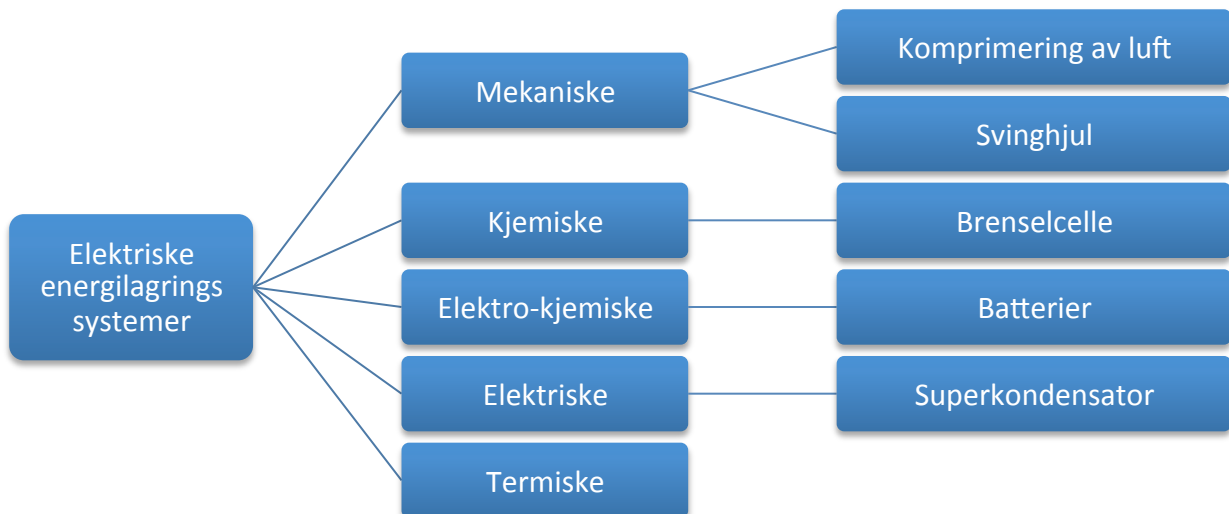
Viktige egenskaper ved et energilagring er:

- Enhetstetthet, dvs. mengden energi som kan lagres i et visst volum eller masse.
- Hvor hurtig oppladingen/oppfyllingen kan foregå og hvor hurtig den kan utlades/tømmes.
- Energitalpet ved opp- og utladingen og under selve lagringsperioden.

Energilagring er særlig aktuelt i tilknytning til utnyttelse av fornybare energikilder som er såkalt intermittente, det vil si at energitilgangen i stor grad styres av ikke kontrollerbare fenomener i naturen som vind, sol, nedbør, tidevann m.v. For å tilpasse energiproduksjonen til forbruket, kan det være nødvendig å mellomlagre produsert energi i et kortere eller lengre tidsrom.” (51)

### 6.3.1. Klassifisering av elektriske energilagringssystemer

For å klassifisere energilagringstyper benyttes ofte en inndeling som beskriver hvilke type energi som er lagringsmedium, derav følgende grupper: Mekaniske, kjemiske, elektrokjemiske, elektriske og termiske. I brenselceller er elektrisitet generert ved at oksygen(luft) og brensel reagerer. Denne typen brenselceller gjennomgår en elektrokjemisk prosess for å produsere strøm, men selve lagringsmediet er kjemisk, og brenselceller vil derfor komme under den kjemiske gruppen.



Figur 38: Klassifisering elektriske energilagringssystemer

### 6.3.2. Energilagringssystemer

For bruk i et miljøvennlig kjøretøy er ikke alle typer energilagring like godt egnet. Energilagringssystemene som er minst passende vil bli utelukket tidlig i utvelgingsfasen. Videre følger en utredning av de forskjellige metodene for energilagring. For en grovutvelging vil fokuset ligge på noen vesentlige hovedelementer som må være til stede for å bli benyttet i en snøscooter.

## Mekanisk energilagring

- **Komprimering av luft:** Ved å komprimere luft inn i beholdere/tanker vil dette bygge opp et trykk. Trykket øker desto mer luft det er per volumenhet( $\text{kJ}/\text{m}^3$ ), og denne energien kan så gjøres om til kinetisk energi ved hjelp av turbiner eller stempler. I forhold til miljø vil komprimert luft som energikilde være miljøvennlig så lenge energien som benyttes til å drive kompressoren kommer fra fornybar energi. Kapasiteten til den komprimerte luften er avhengig av hvor mye trykk det er i tankene og temperaturen på luften. Temperatur er kritisk i til dette systemet, siden små temperaturforskjeller kan ha mye å si i forhold til trykket i tanken, man vil verken ha en for høy eller for lav temperatur. Komprimeringen i seg selv skaper også varme. En av de store tekniske utfordringene vil være å holde temperaturen stabil, man må eventuelt benytte en varmeveksler eller lignende til dette. Sikkerhetsmessig innebærer komprimering av gasser generelt en høy risiko. Effektiviteten vil også være avhengig av hvor fort luften ekspanderes, og en sen ekspansjon er absolutt å foretrekke, noe som i sammenheng med et kjøretøy vil være vanskelig. Tankene som luften lagres i må være sylindrerformet med halvkuler i begge ender(for å tåle mest mulig trykk) og ventil på en av sidene. Tankenes utforming og tilkoblingen av luftslanger vil gjøre dette energilagringssystemet lite plasseringsvennlig. Kompleksiteten på et slikt system vil nok ligge midt på skalaen, men bare en liten lekkasje vil være kritisk (25, 52, 53).
- **Svinghjul:** Er en roterende masse som brukes for akkumulering av energi. Skivens hastighet, radius og masse avgjør hvor mye energi som kan lagres. Energien overføres fra et annet legeme, ofte i form av en elektrisk motor som også fungerer som generator. Med hensyn til miljø er det som ved komprimering av luft avhengig av hvor energien kommer fra. Sikkerhetsmessig vil det være lite å utsette så lenge hjulet er konstruert og beskyttet på en god måte. Effektiviteten av et svinghjul er høy så lenge utladningen skjer fort og svært kort tid etter opplagring, men på den andre siden vil mye energi gå tapt om den ikke blir brukt kort tid etter opplagring. Et svinghjul kan for eksempel brukes i kjøretøyer til regenerativ bremsing hvor energien lagres i svinghjulet og senere frigjøres under akselerasjon. Det at energien taper seg fort vil gjøre dette systemet lite aktuelt som hovedenergikilde (25, 53).

## Kjemisk energilagring

- **Hydrogencelle:** Når det gjelder kjemisk energilagring som nevnt under kapittel 6.2 "Energilagring" er det i denne oppgaven valgt å klassifisere kjemisk energilagring som egen gruppe selve lagringsmediet er kjemisk. Elektrisiteten blir laget i en **bremselcelle** ved å benytte kjemisk energi i en elektrokjemisk

prosess. Det mest vanlige brenselet er hydrogen men også naturgass, metanol og bensin kan benyttes. Virkningsgraden på brenselceller varierer helt fra 35% opp til 65%. For et miljøvennlig kjøretøy vil hydrogen være mest aktuelt. **Hydrogen** er et grunnstoff, og det er det grunnstoffet som det finnes mest av i universet. Her på jorden finnes det i naturlig tilstand kun i kombinasjon med andre grunnstoffer. For å skille hydrogen fra de andre grunnstoffene trengs det energi. På grunn av dette ser man ikke på hydrogen som en energikilde, men som energibærer. Når man har produsert ren hydrogen, benyttes en brenselcelle der hydrogenet reagerer med oksygen i en elektrokjemisk prosess og det dannes elektrisitet. Det største problemet med hydrogen som energikilde i forhold til konseptet elektrisk snøscooter, er at når hydrogenet reagerer med oksygen dannes det også vann. Vannutslipp er svært lite ideelt på et kjøretøy som skal operere i miljøer der temperaturen ofte ligger under frysepunktet (25, 52, 53).

### Elektrokjemisk energilagring

- **Batterier:** Elektrokjemisk energilagring skjer i akkumulatører(batterier). De vanligste akkumulatørene har inntil nylig vært bly-akkumulatører og nikkelladmiums-batteri, men betydelige fremskritt er nå gjort mot lettere og mer effektive akkumulatører. Batteriene lagrer energien elektrokjemisk gjennom redoks-reaksjoner i forskjellige materialer. Elektroner blir overført mellom materialer som har forskjellig spenningspotensiale, det er det som gjør det mulig å lagre energien. Batterier brukes i dag i mye forskjellig utstyr som er avhengig av en fleksibel og mobil energilagringsskilde, mobiltelefoner, bærbare PCer og elektiske kjøretøyer er noen eksempler. Blybatterier, nikkel-metallhybrid og Litium-ion batterier er de mest utbredte typene men det finnes også en rekke andre batterityper. En fordel med batterier er at virkningsgraden er svært høy, helt opp til 98%. Det foregår i dag mye forskning på batterier for å få en høyere energikapasitet (51, 52).

Batterier kan kobles på to forskjellige måter, enten i **serie** eller i **parallell**. Forskjellen er at batterier koblet i serie blir koblet med positiv pol på negativ pol og batteriet får en spenning som er lik summen av hvert elements spenning. Ved parallellkobling blir positiv pol koblet med positiv pol og negativ pol med negativ pol, spenningen blir da uforandret men den indre motstanden blir mindre, og batteriene leverer sterkere strøm(54).

Batterier kan deles inn i to grupper **primærbatterier** og **sekundærbatterier**. I primærbatterier er prosessen av kjemisk energi til elektrisk energi ikke reversibel, batteritypen blir da et engangsbatteri. I sekundærbatterier er den elektrokjemiske prosessen reversibel og man kan bruke batteriene flere

ganger. For bruk i et elektrisk kjøretøy vil det være lite aktuelt å skifte hele batteripakken etter hver utladning, det vil derfor ikke være aktuelt å benytte primærbatterier. Videre i utvelgingsfasen vil det være sekundærbatterier som blir vurdert(54).

### Elektrisk energilagring

- **Superkondensator:** I superkondensatorer lagres energien i elektriske felt. Det foregår altså ikke noen kjemisk-elektrisk faseovergang noe som gir superkondensatorer høy virkningsgrad på ca. 90%.. Superkondensatorene tåler mange flere ladesykluser enn batterier, men de har lav lagringskapasitet. Superkondensatorer lades fort opp og lades fort ut grunnet lite indre motstand. De egner seg derfor godt som mellomlager for raske og kortvarige lastendringer, for eksempel for å lagre bremseenergi i kjøretøyer for etterfølgende bruk til akselerasjon. Superkondensatorer har mange positive egenskaper, de har god holdbarhet, er svært pålitelige, trenger lite vedlikehold, lang levetid og fungerer svært godt i de fleste klimaer og ved et bredt temperaturspekter. På egenskaper som har betydning for miljøet kommer den også bra ut. Superkondensatorer har begrensninger når det kommer til å lagre energi over lengre tid da de har høy selvutladningsrate. Den har også relativt lav lagringskapasitet noen som vil gjøre dem ugunstige som primærlagringskilde (25, 53).

### Termisk energilagring

- **Termiske energikilder** benyttes for lagring av varme. Man lagrer da varme i et stoff som har høy varmekapasitet, for så å benytte varmen når den trengs ved en senere anledning. For et kjøretøy kan dette benyttes til for eksempel å holde jevn temperatur i kabinen uten å måtte benytte andre energikilder på dette(som for eksempel batterier), men som energikilde for fremdrift vil denne energilagringstypen utelukkes.

#### 6.3.3. Vekting

Vektingen av de forskjellige energilagringstypene vil gjøres med fokus på viktige egenskaper som må være til stede for at energikilden skal kunne benyttes i et mobilt kjøretøy ute i naturen. Under følger en tabell med vektingsgradene og forklaringer på hvorfor egenskapen er mer eller mindre viktige. Vektingspoengene går fra 1 til 3, høyere er bedre.

Tabell 9: Oversikt over egenskap, vektingsgrunnlag og vektingspoeng.

Egenskap	Vektingsgrunnlag	Vektingspoeng
Mobilitet	Forteller oss hvor mobilt energilagringssystemet er. Under mobilitet blir grunnverdier som vekt, utforming/plasseringsmuligheter og hvor plasskrevende energilagringssystemet er bli vurdert. Mobilitet er selvfølgelig viktig, og er systemet for stort eller utformingen svært ugunstig vil det ikke kunne benyttes i en snøscooter, systemet vil da allerede være eliminert tidligere i utvelgelsesprosessen. Det er her graden av mobilitet som blir vurdert, alle energilagringssystemene som er med videre i utvelgelsesfasen vil kunne bli brukt i en elektrisk snøscooter, spørsmålet er bare hvor godt egnet det er. Grunnen til at mobilitet kommer midt på vektingsskalaen er at det kan gjøres tilpasninger ved design og utforming for å få det til å passe.	2
Fleksibilitet	Fleksibilitet er hvor godt brukbar energilagringsskilden er i et mobilt kjøretøy, med alle de uforutsette og varierende forhold som det innebærer. Det er viktig at energilageret ikke er for følsomt i forhold til ytre påkjenninger som temperatur og støt. Vedlikehold og kompleksiteten av systemet blir også vurdert her i forhold til driftssikkerhet. At energi-lagringssystemet er pålitelig og enklest mulig å vedlikeholde, er svært viktig for at brukeropplevelsen skal bli høyest mulig. Fleksibilitet har derfor høyest vektingspoeng.	3
Effektivitet	Her blir de tekniske verdiene som energitetthet, lade hastighet og energitap ved opp- og utladning vurdert. Dette er også en egenskap som er viktig for brukeropplevelsen, men effektiviteten er ganske forutsigbar og man vet omtrent hvor lenge energien varer og hvor lang tid det vil ta å lade den opp. Effektivitet blir derfor ikke like kritisk som fleksibilitet og får vektingspoeng midt på treet.	2
Miljø	Lokal- og global forurensning som støy, utslipp og lukt er viktig å vurdere siden mye av hensikten med dette kjøretøyet er å minimere miljøpåvirkningen. Miljø får derfor høyest vektingsscore.	3

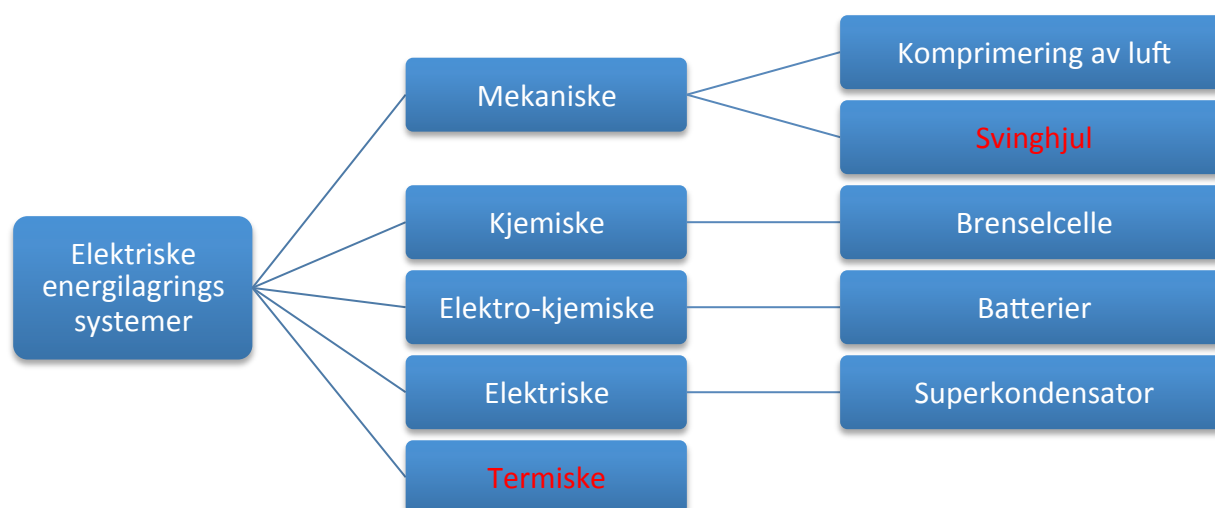


Tabell 9: Forts.

Egenskap	Vektingsgrunnlag	Vektingspoeng
Sikkerhet	At energilagringsskilden er sikker for forbruker er viktig. Det gjelder ved normal bruk og selvfølgelig hvis et uhell skulle skje og energilagringssenheten blir skadet. Sikkerheten får derfor høyest vektingspoeng.	3
Pris	Her er det viktig å se på de total kostnadene ved innkjøp, service, deler og bruk. Prisene kan selvfølgelig ikke være urimelig høye, men man må være villig til å betale mer for en bedre løsning. Prisen skal selvfølgelig ikke neglisjeres, men av alle egenskapene er dette den minst viktige å få derfor lavest vektingspoeng.	1

#### 6.3.4. Utvelgelse av energikilde

Det er noen egenskaper som er helt vesentlige for at energilagringsskilden i det hele tatt skal kunne brukes i et mobilt kjøretøy. Som nevnt i gjennomgangen av energilagringssystemene i kapittel 6.3.1. "Klassifisering" er noen energilagringstyper svært lite aktuelle, og er allerede valgt bort som energilagringsskilde. De rødmerkede energilagringssystemene i tabellen under er de bort valgte energilagringsskildene, dette enten på grunn av at de er svært ugunstige eller at de har kommet for kort i utviklingsprosessen og er derfor lite aktuelle som hovedenergi kilde i en snøscooter.



Figur 39: Oversikt energilagringssystemer

Som diagrammet over viser er det en energilagringssystem fra hver klasse som skal vurderes videre i utvelgingsprosessen. I tabellen under er hver av de aktuelle energilagringssystemene vurdert på poeng og vurderingskriteriene fra

Tabell 10: Utvelgingstabell for energilagring

	Vekting	Komprimering av luft	Brenselcelle	Batteri	Super-kondensator
Mobilitet	2 x	2	4	5	5
Fleksibilitet	3 x	3	4	6	6
Effektivitet	2 x	3	5	5	3
Miljø	3 x	6	4	4	4
Sikkerhet	3 x	3	3	4	5
Pris	1 x	6	5	4	4
SUM		52	56	69	65
Rangering		5	3	1	2

### 6.3.5. Batterityper

Tabell 10 konkluderer med at batterier vil være den beste energilagringemetoden. Det finnes i dag et stort antall forskjellige batterier. Noen batterityper har vært på markedet lenge, teknologien er moden og godt utviklet, man vet også godt hva som er de best egnede bruksområdene. Andre batterityper har vært kommersielt tilgjengelig en del år og brukes med stor suksess, men det er fortsatt rom for videre utvikling og forbedring. Det er også en del batterityper som er i en tidlig fase i utviklingsstadiet, som kanskje vil revolusjonere energilagring i fremtiden. Under følger en gjennomgang av de forskjellige batteritypene.

- **Blybatterier** er den batteritypen som er mest utbredt i dagens samfunn og har blitt benyttet kommersielt som elektrisk energikilde helt siden 1890-tallet. Batteritypen benyttes både i stasjonære systemer og mobile enheter. Gode eksempler her er "back up" energisystemer ved sykehus og som startbatteri i biler. Noe som er svært positivt med blybatterier er at teknologien er svært moden og godt utviklet. Kostnaden er lav og ledemåtene er effektive og godt utprøvd. En stor ulempe med blybatterier er at kapasiteten synker ved store og hurtige utladninger. Blir for eksempel batteriet utladet i løpet av en time vil man bare få ut mellom 50-70% av den oppgitte kapasiteten til batteriet. Andre ulemper ved batteritypen er lav energitetthet og bruken av bly(25).
- **NiCd (Nikkel Kadium)** batterier har en høyere energitetthet enn blybatterier. De egner seg svært godt i lave temperaturer helt ned mot -40 grader celsius.

Problemet med NiCd batterier er at kadmium er svært giftig. Så giftig at de siden 2006 det har vært forbudt å konsumere og benytte dem. Dette gjør at batteritypen vil være uaktuell å bruke i en elektrisk snøscooter(25).

- **NiMH** (Nikkel Metall Hybrid) batterier ble i utgangspunktet utviklet for å ta over for NiCd batterier. NiMH batterier har mye høyere vekt/effektforhold enn NiCd batterier, og ble en periode mye brukt i mobile enheter men har nå i senere tid blitt byttet ut mot Litium ion batterier. I hybridkjøretøyer har derimot NiMH batterier blitt mye brukt siden de er svært robuste og sikrere enn Litium ion batterier. Prisen for NiMH batterier er omtrent den samme som for Litium ion batterier(25).
- **Li-ion** (Litium ion) batterier har blitt den viktigste formen for energilagring for mobile enheter som mobiltelefoner og bærbare datamaskiner. Høye spenninger opp til 3,7 V gjør at antall celler i serie kan reduseres. For eksempel kan en Li-ion celle erstatte tre NiCd eller NiMH celler som bare har en spenning på 1,2V. En annen stor fordel er at Li-ion batterier har høy energitetthet. Effektiviteten til Li-ion batterier er også svært høy og ligger typisk på mellom 95 % - 98 %. Utladningstiden er fleksibel og kan variere fra sekunder til uker uten store tap, noe som gjør Li-ion batterier svært fleksible og tilpasningsdyktige. De fleste oksid elektrodene er termisk ustabile og kan spaltes ved forhøyede temperaturer som fører til at oksygen blir frigitt, noe som fører til termisk ustabilitet. Dette kan utgjøre et sikkerhetsproblem. For å minimere risikoen for at dette skjer er Li-ion batterier utstyrt med en overvåkingsenhet som skal forhindre over-opplading og over-utladning. Vanligvis er også et spenningsbalansesystem installert for å overvåke spenningsnivået. Li-ion teknologien er i stadig utvikling og potensialet er fortsatt stort (25).
- **Me-air** (metall luft) er en batteritype som er helt i utviklingsstadiet. Teorien for batteriet finnes men teknologien er ikke kommet langt nok til å lage denne typen batteri. Det som gjør denne batteritypen helt spesiell er at de i teorien kan ha så mye som 100 ganger mer energikapasitet enn de vanligste batteriene som er i bruk i dag. Bensin har en spesifikk energi på ca. 10.15 kWt/kg Me-air batteri kan ha en spesifikk energikapasitet på så mye som 11.14 kWt/kg, men denne batteritypen er altså langt fra en realitet enda og vil ikke bli vurdert noe videre for dette prosjektet. Men det gir en pekepinn på hva vi kan vente oss i fremtiden (25).

- **NaS** (Natrium Svovel) batterier er ikke særlig utbredt, men de blir brukt i større stasjonære moduler. Batteritypen er svært lite egnet til bruk i mobile enheter siden batteriene holder en temperatur på mellom 300 – 350 C, i tillegg er Natrium-polysulfider også sterkt korroderende. De er effektive og har en hurtig responstid. For å opprettholde brukstemperatur må disse batteriene ha en varmekilde, noe som gjør at batteriene bruker sin egen energi nettopp for å holde temperaturen oppe, noe som igjen reduserer kapasiteten (25). Grunnet den høye operasjonstemperaturen bortfaller denne type batterier fra utvelgelsen.
- **NaNiCl** (Natrium Nikkel Clorid) batterier også kjent som "ZEBRA" (Zero Emission Battery Research), er som NaS et høy temperatur batteri. Brukstemperatur for NaNiCl batterier er på ca 270 C. NaNiCl batterier takler over-oppladning og utladning godt og er i utgangspunktet sikrere enn NaS batterier. Batteritypen er spesielt utviklet for å brukes i elektriske kjøretøyer. Battericellene har lite motstand, noe som er svært positivt ved seriekobling med tanke på en eventuell feil på en celle bare vil føre til tap av den ene cellen og ikke påvirke resten av systemet. Energieffektiviteten er høy og ladetiden er kort. NaNiCl batterier har blitt brukt med godt resultat i flere elektriske kjøretøyer blant annet Think og Smart EV. Det jobbes mye med forbedring og utvikling av NaNiCl batterier (25). Det kan være en ulempe at operasjonstemperaturen er så høy, men en enda større ulempe er at batteriet må opprettholde en høy temperatur til enhver tid for ikke å bli utladet. Det vil si at når kjøretøyet ikke er i bruk, må batteritemperaturen fortsatt holdes oppe ved at batteriet varmer seg selv, altså bruke strøm på dette. Denne egenskapen er svært lite ideell for kjøretøyer som opererer i lave temperaturer. Det er liten tvil om at dette er et svært godt batteri med stort potensiale ved videre utvikling (55).

### 6.3.6. Utvelgelse av batteritype

For utvelgelsen av batteritype vil vektingsgrunnlagene være de samme som beskrevet i kapittel 6.3.3 "Vekting", tabell 9.

Tabell 11: Utvelgingstabell batterier.

	Vekting	Bly-batterier	NiMH	Li-ion	NaNiCl
Mobilitet	2 x	4	3	5	4
Fleksibilitet	3 x	3	5	6	4
Effektivitet	2 x	3	3	6	5
Miljø	3 x	2	4	4	6
Sikkerhet	3 x	4	6	5	4
Pris	1 x	6	4	3	3
SUM		<b>47</b>	<b>61</b>	<b>70</b>	<b>63</b>
Rangering		<b>4</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

Li-ion batterier er den batteritypen som kommer best ut i tabellen, det er spesielt effektiviteten og fleksibiliteten som gjør dette til et attraktivt batteri i denne sammenhengen. NaNiCl er en batteritype som er svært interessant, og som har et stort potensiale, men slik teknologien er i dag rekker den ikke helt opp til Li-ion. Som nevnt i begrensningene er det om mulig ønskelig å benytte seg av samme komponenter som i prosjektet Roskva Electric. I dette prosjektet ble det gjort en grundig undersøkelse på nettet og flere eksperter ble kontaktet for å komme frem til en god løsning for batteripakken (46). Med utgangspunkt i dette vil samme batteriløsning bli benyttet videre i dette prosjektet.

Batteritypen som blir benyttet er av typen LifePo4 og er en variant av Li-Po og Li-Ion batterier. LifePo4 er en batteritype som er godt egnet til et elektrisk kjøretøy siden de tåler røff behandling og er svært sikre. Fire forskjellige batericeller ble vurdert opp i mot hverandre i utvelgelsesprosessen og valget falt på battericellen Headway 38120p. Denne battericellen kommer godt ut på samtlige egenskaper; vekt, plasseringsvennlighet, enkelhet, strømstyrke og pris. Spesielt gode egenskaper er pris og enkelhet.

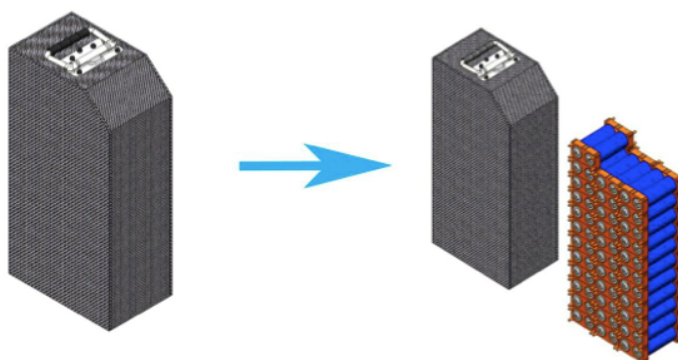


Figur 40: Headway 38120p (56)

I masteroppgaven til Lars J. Norberg som omhandlet drivlinjen for Roskva Electric ble det gjort omfattende testing for å kontrollere battericellens kapasitet. Der konkluderes det med at batteriene klarer å levere kapasiteten de er oppgitt med og holder spenningene etter anvist kurve fra produsenten (46).

Tabell 12: Tekniske spesifikasjoner Headway 38120p (56)

Batterispenning	3,2 volt
Kapasitet	8000 mAh
Dimensjon	Sirkulær, diameter = 38mm, lengde = 120mm
Klassifisering (c-rating)	20C
Maks ladning	80 A
Maks utladning	160 A
Vekt	330 gram



Figur 41: Dette er en av de to batteripakkene i Roskva Electric. Til høyre er alle cellene og beholderen laget av carbonfiber (46)

Batteripakken i prosjekt Roskva Electric består av 34 battericeller i serie og to i parallell. Denne konfigurasjonen kunne levere 320 Amper kontinuerlig og 400 Amper i korte perioder. **Total batterikapasitet var på 3481,6 wattimer (46).** Disse batteripakkene var som man ser av figuren over omtrent helt kubisk formet og hadde følgende mål.

Tabell 13: Ytre mål for batteripakker i Roskva Electric

	En batteripakke	Total for to batteripakker
Bredde	160 mm	220 mm
Høyde	500 mm	500 mm
Lengde	253 mm	253 mm
Ca. vekt	0,330kg x 34= 11,2 kg	22,4 kg

Det er vesentlig mer lagringsplass i en snøscooter, det antas dermed at å doble antall batterier skal være fullt mulig. **Totalvekt på batteripakkene blir da ca. 45 kg og den totale batterikapasiteten blir på 3481,6 Wattimer x 2 = 6963,2 Wattimer.**

## 6.4. Hybridmotoralternativer

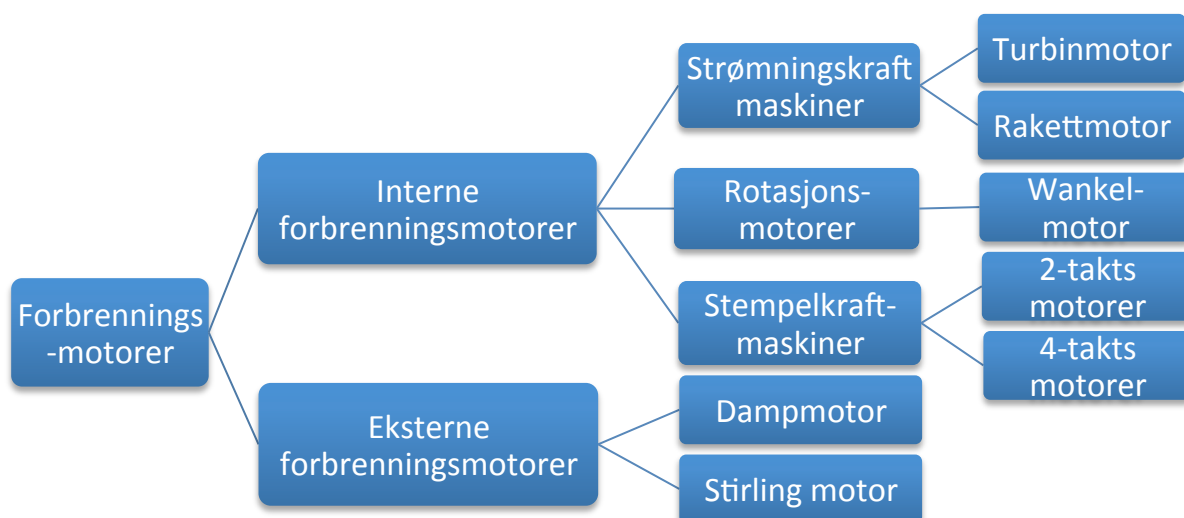
Fra utvelgelsen av energikilde under delkapittel 6.3.4. der batteridrift ble valgt som hovedenergikilde, er neste steg i utredningsfasen å finne det best egnede motoralternativet til energikilden. Videre vurderes også alternativer for hybridløsningen, og til slutt vurderes drivlinjen som helhet.

### 6.4.1. Klassifisering

På samme måte som energilager deles også motorer inn i forskjellige klasser og typer. Det finnes en rekke forskjellige motorer, grovt sett kan man si at de blir inndelt etter hvilke type energi de benytter seg av. Under følger en oversikt og en kort beskrivelse av de forskjellige motorklassene og de forskjellige typene innenfor hver klasse.

#### Forbrenningsmotorer

Forbrenningsmotorer benytter seg av brennstoff for å lage mekanisk energi, de blir derfor også kalt varmekraftmaskiner. Forbrenningsmotorer benyttes i dag i en rekke fremkomstmiddel og det finnes mange forskjellige typer. Som man ser av figuren under kan forbrenningsmotorer grovt deles inn i interne- og eksterne forbrenningsmotorer. Noen eksempler på motorer i de forskjellige klassene følger etter.



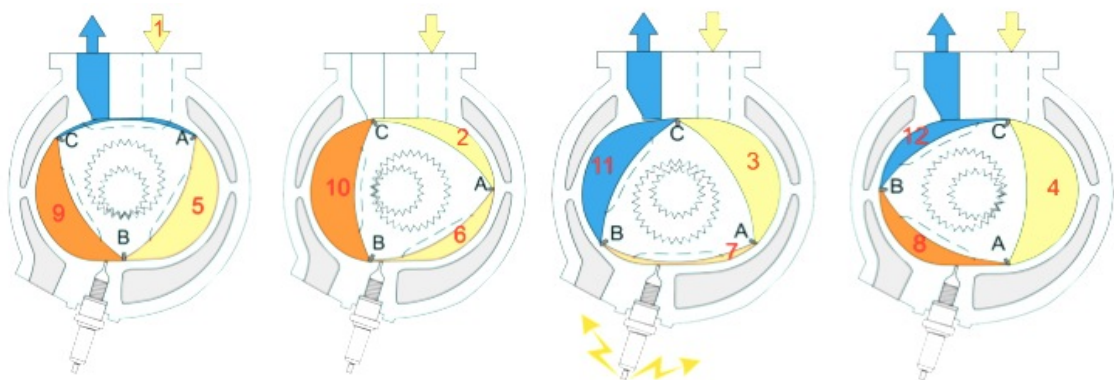
Figur 42: Oversikt forbrenningsmotorer

- **Interne forbrenningsmotorer** er varmekraftmaskiner der brennstoffet forbrennes og energien frigjøres inne i selve motoren. Energien som frigjøres i form av varm gass driver så en mekanisk innretning i form av en turbin eller et



stempel. Interne forbrenningsmotorer kan deles inn i tre typer rotasjonsmotorer, strømningskraftmaskiner og stempelkraftmaskiner (57).

Rotasjonsmotoren også kalt wankelmotoren har en trekantformet rotor som beveger seg inne i et ovalformet motorhus. Den spesielle fasongen på rotoren samt bevegelsesmønsteret gjør at det dannes tre forskjellige "kammer" eller avlukke når rotoren roterer. Motoren i seg selv er eksepsjonell når det gjelder teknikk, og noe helt annet enn stempelkraftmotorer selv om resultatet er det samme. På tross av videreutvikling av motortypen har den ikke fått noe stort gjennomslag enda grunnet høyt drivstoff forbruk og høyt miljømessige bestanddeler i avgassen (58).



**Figur 43:** Dette er et tverrsnitt gjennom motorhuset til wankelmotoren. 1-4 innsuging, 4-7 kompresjon og tenning, 8-10 forbrenning, 11-12 utblåsning. (58)

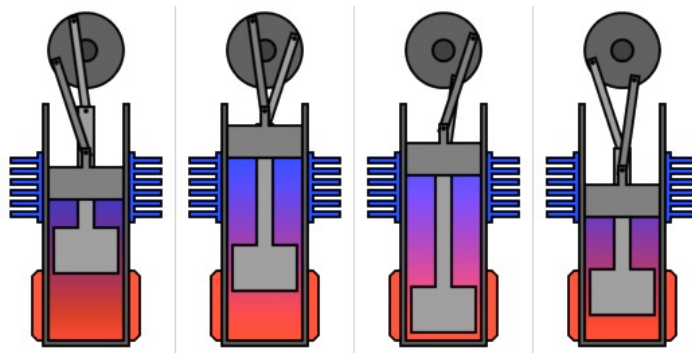
Strømningskraftmaskiner er motorer som omsetter energien til strømningshastighet. Gassturbiner er en type strømningskraftmaskin, her blir mekanisk energi laget ved at strømmende forbrenningsgasser ledes mot et turbinhjul som igjen driver en aksling. Rakettmotorer er en annen type strømningskraftmaskin, disse motorene blir blant annet brukt til romfart da de har medbrakt oksygen og er uavhengige av tilgang på oksygen fra jordens atmosfære.

Stempelkraftmaskiner er en motortype de fleste er kjent med. Denne type motorer lager mekanisk energi ved at en forbrenning skjer inni motorhuset, forbrenningen fører til en ekspansjon av gasser som skyver et stempel som igjen driver en aksling. Det finnes et stort antall forskjellige stempelkraftmaskiner. Antall stempel kan variere, men det vanligste er fra 1-12. Disse stemplene kan være oppført på rekke eller i V-form. Ytelsesområdet kan variere fra miniatyrmotorer til modellkjøretøy på under 1 kW til store båtmotorer på 50 000-60 000 kW der stempeldiameteren kan være på over en

meter. Stempelkraftmaskiner deles inn dieselmotorer og 2- og 4-takts motorer. Det som skiller disse er hvilke drivstoff som brukes og hvor mange takter en komplett arbeidssyklus bruker (57).

- **Eksterne forbrenningsmotorer** frigjør energien fra brennstoffet eksternt, utenfor motoren. Den frigitte energien benyttes så til å varme opp en væske/gass, enten gjennom motorveggen eller gjennom en varmeveksler. Væsken ligger altså inne i motoren, og det er væskens ekspanderende egenskaper ved oppvarming, og kompresjonen som oppstår ved nedkjøling som blir utnyttet til å lage mekanisk energi (57).

Dampmotorer er en kjent ekstern forbrenningsmotor. Men har i senere tid bare fått historisk interesse da den ble brukt i de første fremkomstmiddel vi hadde, som for eksempel damplokomotiv. Grunnet lav virkningsgrad sammenlignet med andre motorer som kom på markedet, benyttes ikke dampmotorer i kjøretøyer lengre (59). Stirlingmotoren er en annen velkjent ekstern forbrenningsmotor. Disse motorene har høyere virkningsgrad enn dampmotorer. Bruken av stirlingmotorer er begrenset, men den har flere gode egenskaper; de er støysvake, avgassene er relativt rene, og den kan forbrenne flere typer brennstoff (60).



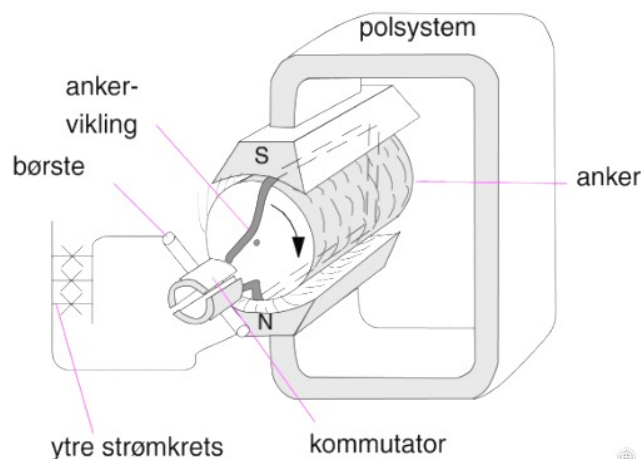
Figur 44: Eksempel på en type stirlingmotor (61).

Figuren over er et eksempel på en stirlingmotor. Det øvre stempelet er et trykkstempel, som holder tett. Det nedre stempelet er et fortrenningsstempel, som bestemmer hvilke del av motoren som inneholder størst gasmengde. Ved å følge bilde fra venstre mot høyre skjer følgende prosess; 1. Det øvre stempelet har komprimert gassen, og det nedre stempelet er i øvre del av kammeret slik at mesteparten av gassen er nærmest varmekilden. 2. Den varme gassen har økt trykket i motoren og presser det øvre stempelet opp. Det nedre stempelet er nå på vei ned. 3. Det nedre stempelet når helt

ned og fortrenger all gassen opp til den kalde delen av motoren. 4. På grunn av momentet til svinghjulet fortsetter det øvre stempelet ned og komprimerer den kalde gassen, noe som bruker mindre energi da det er lettere å komprimere kald gass. Gassen blir så varmet opp igjen og syklusen fortsetter (61).

## Elektriske motorer

Elektriske motorer er enkelt forklart en maskin som omgjør elektrisk energi til mekanisk energi. En fodel med elektriske motorer er at de kan fungere på to måter, som motor og som dynamo/generator; Som motor gjør de elektrisk energi om til mekanisk energi og som generator gjør de mekanisk energi om til elektrisk energi. Dette gjør at man for eksempel på biler med elektrisk motor, kan regenerere energien ved bremsing. Elektriske motorer baseres på elektromagnetisk induksjon og kraftvirkningen på strømførende ledere i magnetfelt (62).



Figur 45: Elektrisk maskin (62)

Figuren over viser en svært enkel skisse av en elektrisk motor/generator som benytter seg av likestrøm. Motoren er oppbygd rundt ankeret som roterer rundt en aksling. Rundt ankeret er det viklet en leder som for eksempel en koppertråd, dette kalles ankervikling. Ankeret med ankerviklingene blir en elektromagnet. Ankerviklingene er koblet til en kommutator, som ligger rundt akslingen. Kommutatoren roterer med akslingen, og er en av de to delene som er med på å snu det elektriske feltet som går gjennom lederen. Børstene er den andre delen som er med på å snu feltet. Børstene står stille og blir påført en spenning fra den ytre strømkretsen, for eksempel et batteri. Kommutatoren er delt i to og når den roterer rundt akslingen vil den veksle mellom hvilke av de to delene som er i kontakt med den ene eller andre av de to børstene. Denne svingingen av strømretningen vil føre til


at polene på elektromagneten endres og vil frastøte og tiltrekkes den motsatte polen i polsystemet. Polsystemet er igjen festet til et motorhus som holder motoren i ro (63). Dette er grunntanken bak en elektrisk motor som bruker likestrøm (DC-motor), motorer som benytter seg av vekselstrøm(AC-motor) blir prinsippet det samme men uten kommutator. Vanligvis på AC-motorer er det polsystemet som roterer mens ankeret står i ro, altså motsatt av DC-motorer. Elektriske motorer har en veldig høy virkningsgrad, dette er noe avhengig av type og størrelse på motoren man kan typisk ligge på mellom 95%-97%. De er også svært kompakte og grunnet få bevegelige deler er de som regel svært holdbare ” (62).

#### 6.4.2. Valg av elektrisk motor

Det finnes et enormt utvalg av elektriske motorer og fabrikanter. Som nevnt under ”Begrensinger” er det som for batteriene, om mulig ønskelig å benytte seg av samme motorprodusent som Roskva Electric benyttet seg av. Motorene som ble benyttet var to motorer av typen D135RAGS fra Lynch Motor Company i England. Ved å sammenligne kapasitetene til motoren i referansesnøscooteren og motorene fra Roskva Electric ser vi om de elektriske motorene har nok kapasitet til å drive en snøscooter.

**D135RAGS** er en LEM-200 permanent magnet motor som går på likestrøm (DC). Virkningsgraden på motoren er på 93% og yter 36 kilowatt på topp. Dette tilsvarer 46 hestekrefter, og vekten er bare 11 kilo.

Tabell 14: Tekniske spesifikasjoner LEM200 - D135RAGS (64, 65)

Navn	LEM200 – D135RAGS	
Toppeffekt	36 Kilowatt = 48,7 hk	
Kontinuerlig effekt	18 Kilowatt = 24,4 hk	
Topp strømtrekk	400 A	
Kontinuerlig strømtrekk	200 A	
Toppmoment	84 Nm	
Kontinuerlig moment	42 Nm	
Topp turtall	4400 rpm	
Motorkonstant	40 rpm/v	
Vekt	11 kg	

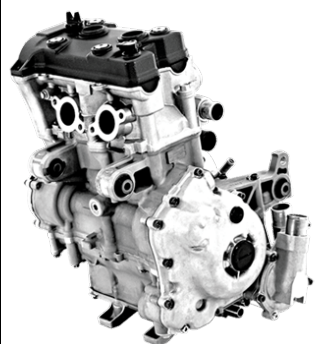
Denne motoren ble valgt ut i et forprosjekt til Roskva Electirc (66). Det ble satt tre krav til leverandøren bortsett fra de tekniske forutsetningene:

1. Mindre enn 2 mnd. Leveringstid.
2. Raske og gode svar ved spørsmål på epost.
3. Anbefaling av passende styreenheter for motoren.

Alle disse kravene ble oppfylt av Lynch Motor Company i tillegg oppfylte motoren D135RAGS alle de tekniske kravene som ble satt (66).

**Genesis 80F** er motoren som er benyttet i referansesnøscooteren Venture Lite. Dette er en lettvekts motor som yter 80 hk ved 11 000 rpm. Motoren har et svært moderne injeksjonssystem som samler og analyserer informasjon fra omgivelsene og motoren for å tilpasse drivstoffinjeksjonen optimalt. Motoren er en firetakter på 499 cc. Vekt, drivstofforbruk og effektivitet står ikke oppgitt på internettsiden til Yamaha, søk på nett ga heller ingen resultat med gode kilder.

Tabell 15: Tekniske spesifikasjoner Genesis 80F (42)

Navn	Genesis 80F	
Toppeffekt	59 kW = 80 hk	
Størrelse	499 cc	
Antall sylindere	2	
Kjøling	Veske	
Toppmoment	38 Nm	
Topp turtall	11 000 rpm	
Antall takter	4	

**Sammenligningen** i tabellen under viser at to motorer av typen D135RAGS har grunnlag for å kunne prestere like godt om ikke bedre enn Genesis 80F. Grunnet de store forskjellene på motorene er det ikke alle dataene som vil kunne sammenlignes. Men de viktigste egenskapene i forhold til effekt, moment og turtall gir gode indikasjoner for den elektriske motoren.

Tabell 16: Sammenligning av elektrisk motor fra Roskva Electric og fra referansesnøscooter Yamaha Venture Lite.

Navn	D135RAGS x2	Genesis 80F
Toppeffekt (hk)	92	80
Topp moment (Nm)	168	38
Topp turtall (rpm)	4 400	11 000

### 6.4.3. Motorkontroller

Et av kriteriene som ble satt for valg av motorleverandør var at de kunne anbefale en passende styreenhet for motoren. Lars J. Norberg var i kontakt med Trevor Lee hos


Lynch motor Company og ble anbefalt å kontakte Kelly Controls LCC for å få anbefalt en motorkontroller til D135RAGS motoren.

Motorkontrollen måtte ha følgende spesifikasjoner:

1. Arbeidsspenning på 96 volt
2. Tåle strømtrekk opp til ("peak") 400 Amper
3. Tåle kontinuerlig strømtrekk på 200 Amper
4. Fungere på en DC permanentmagnet børstemotor
5. Mulighet for regenerativ drift ved bremsing

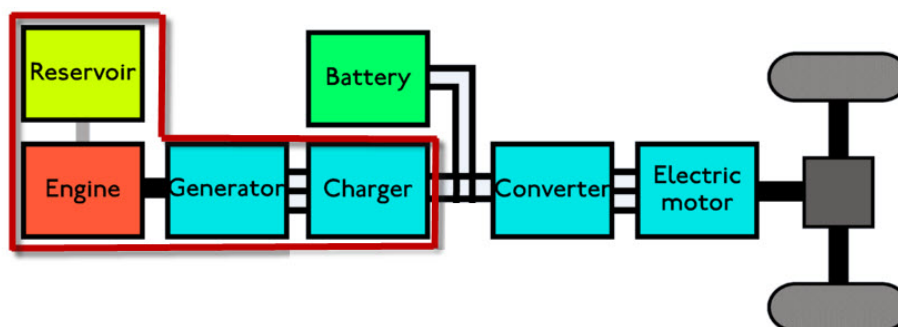
Motorkontrolleren som ble anbefalt var av typen KDH12601E. Kontrolleren oppfylte alle kravene som ble satt. Andre positive erfaringer med Kelly Controls LCC var svært kort leveringstid på bare 4 dager, selv uten at de hadde kontrolleren på lager, spesielt anbefalt fra valgt motorprodusent og rimelige i pris (66).

Tabell 17: tekniske spesifikasjoner Kelly Motorcontroller KDH12601E (66, 67)

Navn	Kelly KDH12601E	
Strømtrekk topp	600 A	
Strømtrekk kontinuerlig	300 A	
Spenningsområde	24-120 V	
Regenerativ strøm	Ja	
PC tilkobling	Ja	
Vekt	3,8 kg	
Pris	800\$ = 4766 NOK (05.05.14)	

#### 6.4.4. Buffer-/Lademotor

Siden valget av hovedmotor falt på en elektrisk motor vil det ved implementeringen av et hybridsystem være mest hensiktsmessig å satse på en seriehybridløsning. Seriehybrid løsningen tar også mindre plass en parallell hybridløsning, noe som er svært fordelaktig i en snøscooter med begrenset plass.



Figur 46: Eksempel på seriehybridløsning, innenfor rød ramme



En viktig del av hybridsystemet som ikke er vist i figuren over er **styringssystemet**. Flere av komponentene har kontrollere, dette kan skape en kontrollsituasjon der mer enn én controller er i stand til å påvirke systemet, og det kan være motstridende interesser mellom kontrollerne. Løsningen er en samlet tilsynskontroller, som dirigerer og koordinerer alle andre kontrollere. For å møte sjåførens behov for respons og ytelse, og samtidig møte andre mål som drivstofforbruk og utslipp.

Snøscooteren kan ha et svært avansert styringssystem som er likt det man finner i en del hybridbiler i dag. Disse styringssystemene har manuelt justerbare innstillinger der sjåføren kan velge hvilke modus systemet skal være i. Modusen bestemmer responsen til drivlinjen og hvor energieffektivt systemet skal være, tre forskjellige moduser bør være dekkende for de fleste behov; fullelektrisk, normal og sport. Står systemet i **sport**, er hensikten å ha mest mulig effekt tilgjengelig hele tiden, dette vil gi full effekt fra både batterier og aggregat. I **normal** vil systemet kjøre mest mulig sparsommelig, samkjøringen mellom batterier og aggregat er her svært viktig. Det meste av driftsenergien vil komme fra batteriene, aggregatet vil lade batteriene når energimengden begynner å bli lav. Aggregatet vil ikke lade batteriene helt opp, da det alltid skal være plass til energi som blir regenerert. **Fullelektrisk** modus er som navnet tilsier at det er kun batteriene som brukes. Aggregatet er i dette tilfellet helt avslått og det forekommer ingen skadelige utslipp. Skulle man derimot komme i en situasjon som gjør at man skulle trenge ekstra rekkevidde eller kraft, vil aggregatet kunnet kobles på, så lenge det er drivstoff på tanken. Som nevnt i begrensningene vil det ikke bli valgt ut noe spesifikt styringssystem i denne oppgaven.

Hybridsystemet vil grovt sett se ut som på illustrasjonen på forrige side, der det som er markert med rødt er komponentene som inngår i systemet for buffer-/lademotor. Alle motorene som ble nevnt i gjennomgangen av forbrenningsmotorer er alternativer som kan benyttes i denne lademotoren. I tillegg kan man også benytte seg av en hydrogencelle som ble gjennomgått i kapitlet om energilagringssystemer. Alternativene for oppbygningen av systemet er mange, og det vil være en omfattende oppgave å finne den best egnede løsningen. Som nevnt under begrensinger vil denne oppgaven for enkelhets skyld fokusere på et ferdig strømaggregat. Dette er kanskje ikke den beste eller mest miljøvennlige løsningen, men det vil kunne gi et godt estimat på hvor mye en hjelpemotor med gitte størrelsesmessige kriterier vil kunne bidra.

**Strømaggregat** benyttes på steder der det elektriske energinettet ikke er tilgjengelig. Å velge en løsning med strømaggregat er et godt, billig og sikkert alternativ til å gjennomføre en tidkrevende og kostbar prosess for å utvikle en hjelpemotor med



usikkert resultat. Det finnes strømaggregater i mange størrelser, de minste er ofte svært kompakte og kan bæres. Ved utvelgelse er det i hovedsak tre ting som må vurderes; vekt, størrelse og effekt.

**Tabell 18: Kriterier for valg av strømaggregat**

Bredde maks	35 cm
Lengde maks	55 cm
Høyde maks	40 cm
Vekt maks	25 kg
Strømuttak	230 V
Minimum maks effekt	1000 W
Maks lydnivå	75 dB

Etter å ha studert sortimentet til norske leverandører er det to modeller som passer med kriteriene ovenfor, begge er fra produsenten Kipor. De valgte strømaggregatene er basert på 4-takts stempelmotorer med en sylinder, og benytter seg av bensin som drivstoff.

**Tabell 19: Kipor IG2000 spesifikasjoner (68)**

Navn	Kipor IG2000
Bredde	29,1 cm
Lengde	54,9 cm
Høyde	40,5 cm
Vekt	22 kg
Strømuttak	230 V
Maks effekt	2000 W
Kontinuerlig effekt	1600 W
Maks lydnivå	73 dB
Sylindervolum	105 cm <sup>3</sup>
Tankvolum	4,1 L
Driftstid per tank ved kontinuerlig effekt	4 timer
Total energimengde med full tank og kontinuerlig effekt	6,4 kWt
Pris	6999 NOK



Tabell 20: Kipor IG1000 Spesifikasjoner (68)

Navn	Kipor IG1000
Bredde	24 cm
Lengde	45 cm
Høyde	38 cm
Vekt	14 kg
Strømuttak	230 V
Maks effekt	1000 W
Kontinuerlig effekt	900 W
Maks lydnivå	59 dB
Sylindervolum	55 cm <sup>3</sup>
Tankvolum	2,1 L
Driftstid per tank ved kontinuerlig effektivitet.	4 timer
Total energimengde med full tank og kontinuerlig effekt	3,6 kWt
Pris	3499 NOK



Begge aggregatene vil passe godt som hjelpemotor, spørsmålet blir hvor stort energibehovet er. Når det gjelder fysiske yttermål er IG2000 bare litt større enn IG1000, men vekten er noe høyere, 22 kg mot 14 kg. IG2000 har en total energimengde med full tank på 6,4 kWt, altså 44% mer enn IG1000 som har en total energimengde på 3,6 kWt. Driftstiden er lik og lydnivået er innenfor grensen på begge modeller. **Begge aggregatene kan brukes, men for utregninger videre i oppgaven vil det største aggregatet bli benyttet for å få maks vekt og maks effekt.**

Mellom strømaggregatet og resten av drivlinjen må det også være en **ladeenhet** som kan overføre energien som blir produsert av aggregatet til batteriene eller direkte til motor ved behov. Denne ladeenheten blir styrt av styringssystemet som bestemmer om strømmen skal gå til batteriene for lagring eller til motoren for direkte drift, noe som er aktuelt i tilfeller der det trengs ekstra mye kraft fra motoren.

### 6.5. Valg av systemløsning for fremdrift

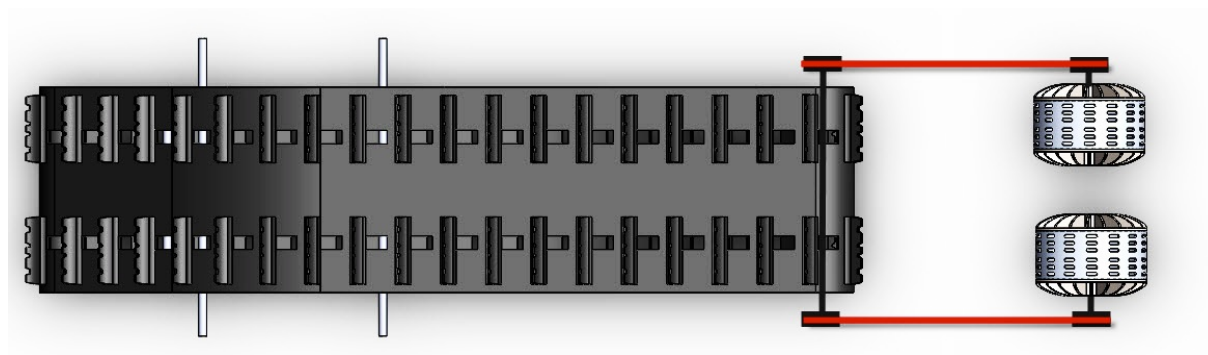
Hovedkomponentene i drivlinjen til Roskva Electric består av batterier av typen Headway 38120p, motor Lynch D135RAGS, motorkontroller Kelly KDH12601E og aggregat av typen Kipor IG2000. Som nevnt under 1.9.2. "Konstruksjonsmessige utfordringer" er det viktig at snøscooterens er godt balansert. Komponentenes plassering må være gjennomtenkt, kontrollerens plassering er ikke like kritisk som

plasseringen av batterier og motorer. Motorenes plassering er svært viktig, feilplassering vil kunne føre til at man får mye tap i drivlinjen. Batterienes plassering er noe fleksibel, men her er det viktig å tenke på vektfordeling.

### 6.5.1. Plassering av motorer

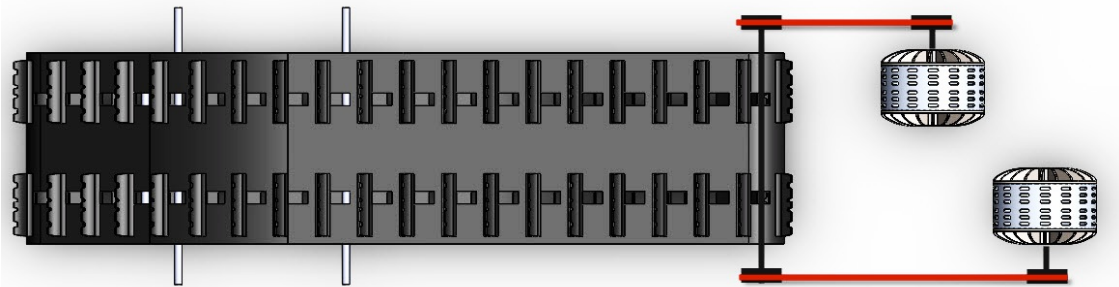
Ved plassering av motorene må hovedfokuset ligge på å unngå mest mulig tap i driftssystemet. Hvis man inkluderer flere komponenter i drivlinjen, som girkasser, vinkeldrev eller universalledd vil energi gå tapt i disse. To aktuelle alternativer for drivlinje blir vurdert

#### Drivlinje alternativ 1. Reim eller kjededrift



Figur 47: Motorer plassert symmetrisk foran beltesystemet

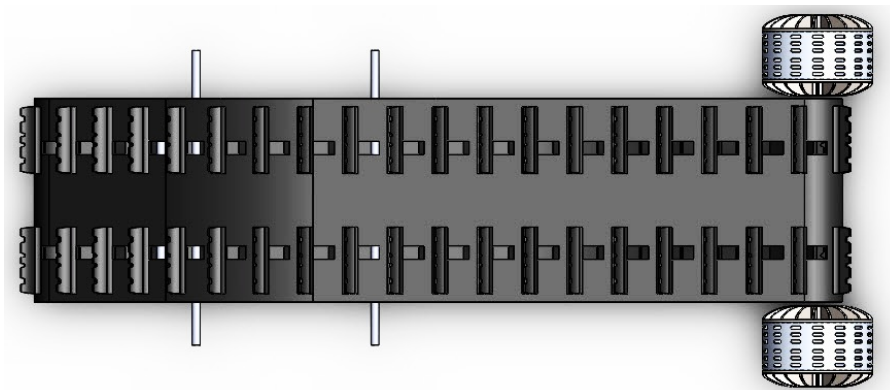
Her er motorene plassert foran beltesystemet under panseret. De røde linjene viser kjedene/reimene for driftsoverføring. Fordelene med å plassere motorene her er at man får en smalere drivlinje, med vektfordelingen mot senter av snøscooteren. Ved denne løsningen er man også fleksibel i forhold til størrelsene på motorene. Skulle det bli for smalt å plassere motorene på denne måten kan man flytte den ene lenger frem å forlenge reima/kjedet. Motorene ligger også godt beskyttet i forhold til ytre påkjenninger som temperatur, slag og støt. Ulempen med dette systemet er at man vil få effekttap i overføringssystemet.



Figur 48: Motorer plassert usymmetrisk foran beltesystemet

### Drivlinje alternativ 2. Direkte drift

Direkte drift av akslingen som driver beltet er å foretrekke, man unngår da tap i driftsoverføringen. Det negative med en plassering som dette er at motorene er noe mer utsatt for uønskede ytre påkjenninger som temperatur, støt og mer utsatt for støv og "skit". Vekten av motorene vil ligge helt på siden av snøscooteren, noe som kan føre til større ustabilitet.



Figur 49: Motorer plassert rett på aksling som driver beltet

Snøscootertypen som er valgt i denne oppgaven vil for det meste bli benyttet til kjøring i for eksempel løyper eller oppkjørte traseer med hardpakket snø, og ellers fornuftig nyttebruk, ikke en aggressiv kjørestil. At motorene sitter mer utsatt til vurderes derfor ikke som noe stort problem. Balansen på snøscooteren vil heller ikke bli særlig påvirket da vekten av de to motorene utligner hverandre, i tillegg vil det aller meste av vekt ligge midt på snøscooteren, noe som vil stabilisere den. Det største problemet med å plassere motorene slik er størrelsen på motorene, og om de kommer til å stikke for langt ut. Det vil vise seg under konstruksjonsprosessen om dette er tilfellet, men vurderingen nå er at det er den foretrukne motorplasseringen.

### 6.5.2. Plassering av batterier

For plasseringen av batterier, deles snøscooteren inn i tre. Plasseringsområdene under setet og mot midten av snøscooteren har noenlunde lik kapasitet, mens det er mest plass i fronten.

Plassering nr. 1 er i salen på snøscooter, her vil der være enkelt å plassere batterier siden formen på batteripakken vil være kubeformet. Det som er viktig å tenke på med plassering av mye vekt langt bak på snøscooteren er at det vil påvirke dempesystemet og styre egenskapene ved for høy belastning.

Plassering nr. 2 er midt på snøscooteren. Det er området der bensintanken er plassert på snøscootere med forbrenningsmotorer. Dette er et område som ligger godt plassert midt mellom dempingen på skiene i front og beltet bak.

Plassering nr. 3 i front av snøscooter er det området med mest plass. Utfordringen her er i hvilken grad en kan utnytte volumet optimalt på grunn formen på rommet og om det lar seg gjøre å utnytte hele volumet dersom det skulle vise seg nødvendig. For høy vekt er heller ikke ønskelig siden det kan gå utover styre-egenskapene og manøvrering.



Figur 50: Oppdeling av plasseringsområder for batteripakker (42)

### 6.5.3. Plassering av strømaggregat

Strømaggregatet kan i utgangspunktet plasseres flere steder på snøscooteren. Det vil være en fordel å holde aggregatet adskilt fra batteriene på grunn av varmeutvikling og vibrasjoner. For å unngå å måtte plassere aggregatet mellom batteripakkene er alternativene foran eller bak på snøscooteren. Siden det er mest lagringsplass i fronten er det hensiktsmessig å bruke denne til batteri. Ved å plassere aggregatet bak vil tilgjengeligheten være god ved påfylling av drivstoff og generelt vedlikehold. Aggregatet har også volummessig en lavere vekt enn batteriene noe som vil minke påkjenningen på dempesystemet og kjøreegenskapene. Utslipp av avgasser og støy

vil også komme ut bak sjåføren noe som er fordelaktig.

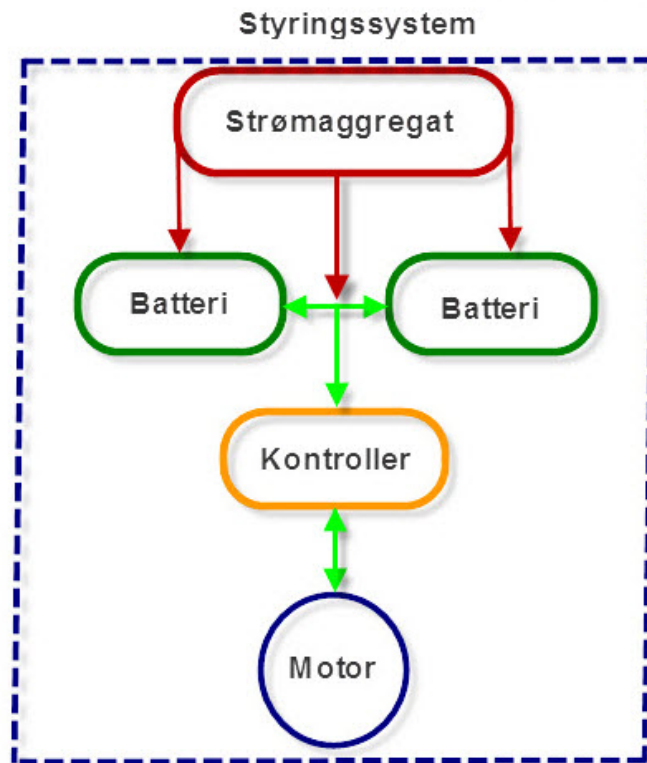
### 6.6. Teknisk grovspesifisering for konseptet Roskva Snow

Gjennom denne utredningsprosessen er hovedkomponentene i drivlinjen blitt valg ut. De aktuelle komponentene er blitt drøftet opp mot komponentene på referansesnøscooteren.

Tabell 21: Oppsummering av valg for komponenter i drivlinjen.

Komponent	Navn	Valgt løsning
Batteri	Headway 38120p	Batterienes kapasitet ble i prosjektet Roskva Electric testet og vurdert opp i mot produsentens spesifikasjoner og disse stemte godt. Det antas som realistisk å få plass til to ganger så mange batterier i snøscooteren i forhold til en motorsykkel. Ved å doble mengden fra Roskva Electric blir <b>totalvekten av batteriene ca. 45 kg og total batterikapasitet blir på 6963,2 Wt.</b>
Motor	LEM200 - D135RAGS	Motorens tekniske spesifikasjoner ble sammenlignet med motoren fra referansesnøscooteren. De to elektriske motorene skal utfra dette ikke ha noe problem med å drive snøscooteren. Til sammen har de to motorene en en topp effekt på <b>92 hk og 168 Nm, maks rpm = 4400.</b>
Motor kontroller	Kelly KDH12601E	Motorcontrolleren ble anbefalt av motorprodusenten og oppfylte alle kriterier som ble satt.
Aggregat	IG1000/ IG2000	To forskjellige aggregater fra leverandøren Kipor ble vurdert som gode alternativer, den største forskjellen ligger på vekt og effekt. Begge aggregatene er aktuelle og man må vurdere hvor mye effekt som trengs utover batteripakkene. IG2000 er det største aggregatet og leverer kontinuerlig effekt på 1600 W over en periode på 4 timer. IG1000 er et lettere aggregat, det leverer en kontinuerlig effekt på 900 W over en periode på 4 timer. Dette gir <b>IG2000 en total energimengde på 6,4 kWt og IG1000 en total energimengde på 3,6 kWt.</b>

Valgt hybridløsning er seriehybrid, figuren under viser strømaggregatet i den ene enden av drivlinjen og motoren i den andre. I midten har man motorkontroller og batteriene. Som de grønne pilene viser er det mulighet for regenerativ drift fra motor via kontroller til batteriene. De røde pilene viser at strømaggregatet enten kan lade batteriene eller hjelpe til å levere strøm direkte til motor. Styringssystemet er markert med blåstiplet linje rundt de andre komponentene, dette illustrerer systemets overordnede oppgave, nemlig å samkjøre de andre komponentene.



Figur 51: Hovedkomponenter i drivlinjen.

Tabellen under viser de totale tekniske egenskapene til drivlinjen, her er det ikke fokus på enkeltkomponenter men total energimengde og total effekt med det største aggregatet.

Tabell 22: Spesifikasjon for drivlinjen.

Dreiemoment topp	168 Nm
Hestekrefter	92 hk
Energikapasitet	13,3 kWh
Vekt	96,6 kg



## 6.7. Beregninger

Med opplysningene som har blitt funnet om de forskjellige komponentene i utredningsfasen er det ønskelig å finne en antatt rekkevidde for snøscooteren.

### 6.7.1. Nødvendig diameter på driftstannhjul

Ved direkte drift vil man ikke ha mulighet for å gire systemet. Den eneste måten man kan justere hastigheten på belte i forhold til rotasjonen på motoren er å justere størrelsen på tannhjulet som driver beltet. For å se om det er mulig å gjøre det på denne måten er det ønskelig å beregne hvilke diameter man må ha på tannhjulet.

Gitte spesifikasjoner:

- Maks rpm. motor = 4400

Antagelser:

- *Beltetykkelse på 9mm*
- *Marsjfart på 75% av topp fart.*
- *Toppfart = 100 km/t = 28 m/s*

Finner antall omdreininger på motor ved marsjfart:

$$rpm_{maks} = 4400 \text{ rpm}$$

$$rpm_{marsj} = rpm_{maks} * 0,75$$

$$rpm_{marsj} = 4400 \text{ rpm} * 0,75 = \mathbf{3300 \text{ rpm}}$$

Gjør om til omdreininger i sekundet:

$$rps = \frac{rpm_{marsj}}{60}$$

$$rps = \frac{3300 \text{ rpm}}{60} = \mathbf{55 \text{ rps}}$$

Finner marsjfart:

$$V_{topp} = 28 \text{ m/s}$$

$$V_{mars} = V_t * 0,75$$

$$V_{mars} = 28 \text{ m/s} * 0,75 = \mathbf{21 \text{ m/s} = 75 \text{ km/t}}$$

Finner radius fra senter på tannhjul til utsiden av beltet:

$$o = 2\pi r$$

$$V_{marsj} = 2\pi r_b * rps$$

$$r_b = \frac{V_m}{2\pi * rps}$$

$$V_m = 21 \text{ m/s}$$

$$rps = 55$$

$$r_b = \frac{21 \text{ m/s}}{2\pi * 55 \text{ rps}} = 0,06 \text{ m} = \mathbf{6 \text{ cm}}$$

Trekker fra beltetykkelsen og finner radius på tannhjul:

$$r_t = r_b - b_t$$

$$b_t = \text{beltetykkelse} = 0,9 \text{ cm} = 0,009 \text{ m}$$

$$r_b = 6 \text{ cm}$$

$$r_t = 6 \text{ cm} - 0,9 \text{ cm} = \mathbf{5,1 \text{ cm}}$$

**Med en tannhjulradius på 5,1 cm og et omdreiningstall på 3300 rpm vil snøscooteren ha en marsjfart på 75 km/t.**

### 6.7.2. Statiske krefter på snøscooter

Gitte spesifikasjoner:

- Maks dreiemoment motorer = 168 Nm
- Friksjonskoeffisient for gummi mot våt snø ligger på 0,3 – 0,6. Siden kammene på beltet vil gi bedre grep settes friksjonskoeffisienten til 0,6 (69).

Antagelser:

- Setter maks vekt på snøscooteren til 350 kg inklusive fører. (vekt referansescooter 269kg)
- Setter 2/3 vektfordeling på beltet = 66%

Finner normalvekt på beltet:

$$F = m * g$$

$$m = 350 \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F_b = \left( 350 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) * 0,66 = \mathbf{2266 \text{ N}}$$

Beltet skal overføre rotasjonskraften fra motoren til snøen for å skape fremdrift. Som nevnt over er friksjonskoeffisienten,  $\mu = 0,6$ .

$$F_{frik} = \mu * G$$

$$F_{frik} = 0,6 * 2266 \text{ N} = \mathbf{1360 \text{ N}}$$

### 6.7.3. Krefter på beltet

For å få spinne beltet må motoren kunne overskride friksjonskraften på 1360 N. I tillegg må motoren overgå friksjonen i beltesystemet, 5 % av kraften går tapt til dette.

Gitt:

- Radius fra senter på tanhjul til utsiden av belte = 6cm = 0,06 m

Antagelser:

- Setter tap til friksjon i beltesystem til 5%

Momentet som må til for å skape hjulspinn ved den gitte friksjonsfaktoren er:

$$M = F_{frik} * r_b$$

$$r_b = 0,06 \text{ m}$$

$$F_{frik} = 1360 \text{ N}$$

$$M = 1360 \text{ N} * 0,06 = 81,6 \text{ Nm}$$

Dreiemoment til fremdrift etter friksjonstap i beltesystem:

$$M_f = 81,6 \text{ Nm} * 0,95 = 77,52 \text{ Nm}$$

**Motorene vil altså kunne spinne beltet da de har et moment etter friksjonstap på ca. 160 Nm.**

#### 6.7.4. Beregning av effektbehov ved marsjfart

Det er tre faktorer som bestemmer hvor mye motstand snøscooteren har under drift er; rullemotstand, luftmotstand og bakkemotstand/stigning. Rullemotstanden kommer fra friksjon mellom beltet mot underlaget, siden beltet vil kunne synke delvis ned i underlaget vil det også være en klivemotstand som vil øke rullemotstanden. Rullemotstanden for en snøscooter vil være svært likt som et traktordekk på en åker med mold som underlag. Luftmotstanden sier noe om hvor lett luften passerer snøscooteren. Til slutt må eventuell stigning i terrenget legges til, hvor bratt bakken er vil variere, men utgangspunktet her blir en slakk motbakke. Ved å benytte håndboken "Bosch Vehicle Dynamics" kan alle disse faktorene beregnes og analyseres.

Gitte spesifikasjoner:

- Marsjfart = 75 km/t = 21 m/s
- Effektivitet motor = 93%
- Effektivitet beltesystem = 95%

Antagelser:

- *Setter maks vekt på snøscooteren til 350 kg inklusive fører. (vekt referansescooter 269kg)*
- Frontareal = 1 m<sup>2</sup>
- Drag koeffisient til 0,35
- Rullemotstand for beltet mot snøen = 0,07
- Vinkel på motbakke 2 grader

Finner rullemotstand:

$$F_{ro} = f * F = f * g * m$$

$$f = 0,07$$

$$m = 350 \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F_{ro} = 0,07 * 9,81 \text{ m/s}^2 * 350 = \mathbf{240,35 \text{ N}}$$

Finner luftmotstand(drag):

$$F_l = 0,5 * \rho * C_w * A * (v + v_0)^2$$

$$\rho = \text{lufttetthet ved 200moh} = 1,202 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$C_w = \text{drag koeffisient} = 0,35$$

$$A = \text{frontareal} = 1 \text{ m}^2$$

$$v = \text{kjørehastighet} = 75 \frac{\text{km}}{\text{t}} = 21 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$F_l = 0,5 * 1,202 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,35 * 1 \text{ m}^2 * \left(21 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = \mathbf{92,76 \text{ N}}$$

Finner bakkemotstand:

$$F_{st} = G * \sin\alpha = m * g * \sin\alpha$$

$$\alpha = \text{helning} = 2^\circ$$

$$m = 350 \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F_{st} = 350 * 9,81 \text{ m/s}^2 * \sin 2 = \mathbf{119,82 \text{ N}}$$

Total kjøremotstand:

$$F_w = F_{ro} * F_l * F_{st}$$

$$F_w = 240,35 \text{ N} * 92,76 \text{ N} * 119,82 \text{ N} = \mathbf{452,93 \text{ N}}$$

Effektbehov ved marsjfart 75 km/t:

$$P_w = F_w * v$$

$$P_w = 452,93 * 21 \frac{\text{m}}{\text{s}} = \mathbf{9511,53 \text{ W}}$$

For å kunne holde en marsjfart på 75 km/t trengs det en effekt på 9511,53 Watt.

Finner total virkningsgrad:

$$\eta_{tot} = \eta_m * \eta_b$$

$$\eta_m = \text{effektivitet motor} = 93\%$$

$$\eta_b = \text{effektivitet beltesystem} = 95\%$$

$$\eta_{tot} = 0,93 * 0,95 = 88,4\%$$

Batteriet må levere:

$$\text{Effekt batteri} = \frac{P_w}{\eta_{tot}}$$

$$\eta_{tot} = 88,4\%$$

$$P_w = 9511,53 \text{ W}$$

$$\text{Effekt batteri} = \frac{9511,53}{0,884} = \mathbf{10759,65 \text{ W}}$$

**Batteriet må levere ca 10260 W for å kunne holde marsjfarten på 75 km/t.**

#### 6.7.5. Motormoment ved marsjfart

Gitte spesifikasjoner:

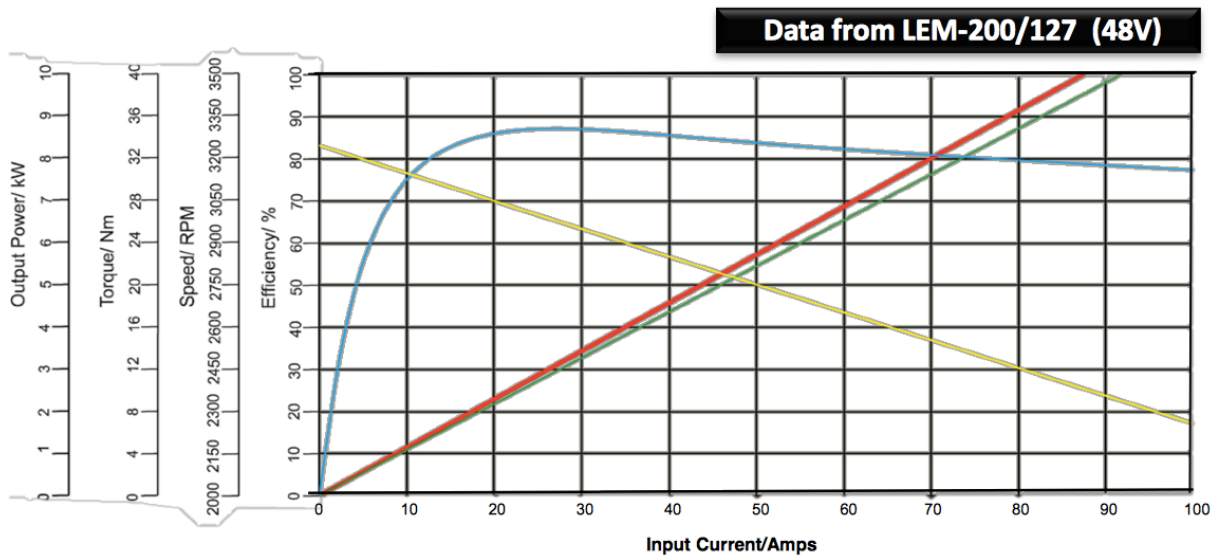
- Marsjfart = 75 km/t = 21 m/s
- Effektbehov ved marsjfart = 10759,65 W
- Turtall ved marsjfart = 3300 rpm

$$P_{mek} = \omega * \tau$$

$$\tau = \frac{P_{mek}}{\omega} = \frac{10759,65 \text{ W}}{\frac{3300}{60} * 2\pi} = \mathbf{31,14 \text{ Nm}}$$

6.7.6. Finner beregnet kjørelengde

Typical Technical Data Curve :



Figur 52: Diagram som viser typisk data kurver for de LEM-200 motorene. Rød = moment(Nm), grønn = strømtrekk(kW), blå = effektivitet(%) og gul = omdreiningshastighet(rpm) (64).

Fordelen med elektriske motorer er at momentkurven er helt rett, ved å tilføre en viss strømmengde (amper) vil man få ut et bestemt moment, tilfører man dobbel strømmengde vil man få ut dobbel effekt. Den røde kurven på Figur 37 viser dette. Den grønne kurven viser effektforbruket, som man ser er disse kurvene omtrent helt like. For å beregne kjørelengden antas dette.

Gitte spesifikasjoner:

- Moment ved marsjfart = 31,14 Nm
- Maks moment fra motorer = 168 Nm
- Maks topeffekt(power) fra motorer = 72 kW
- Total energikapasitet (med stort aggregat)= 13.3 kWt

Antagelser:

- Antar et forholdet mellom moment og effektforbruk på motoren som:

$$\frac{\tau}{\tau_{maks}} = \frac{P}{P_{maks}}$$



Finner effektforbruk med et moment på 21,14 Nm:

$$\frac{\tau}{\tau_{maks}} = \frac{P}{P_{maks}}$$

$$P = \frac{\tau}{\tau_{maks}} * P_{maks}$$

$$P = \frac{21,14 \text{ Nm}}{168 \text{ Nm}} * 72 \text{ kW} = \mathbf{9 \text{ kW}}$$

**Forbruket blir altså 9 kWt**

Finner kjørelengde i tid ved marsjfart 75 km/t:

$$Kjørelengde = \frac{\text{Energikapasitet}}{\text{Forbruk}}$$

$$Kjørelengde = \frac{13,3 \text{ kWt}}{9 \text{ kWt}} = 1,47 \text{ time}$$

Finner rekkevidde ved marsjfart 75 km/t:

$$\text{Distanse} = \text{tid} * \text{hastighet}$$

$$\text{Distanse} = 1,47 \text{ time} * 75 \frac{\text{km}}{\text{t}} = \mathbf{110 \text{ km}}$$

**Rekkevidden på snøscooteren med det største aggregatet er ca. 11 mil.**

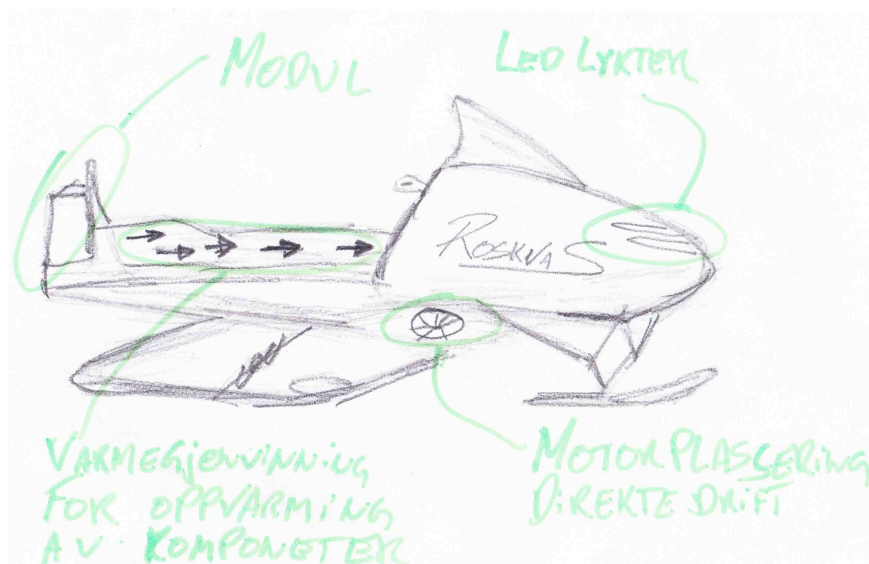
Batteriene står for 7 av de 17,3 kWt, det tilsvarer ca. 40% energilageret.

**Rekkevidden med ren batteridrift er ca. 4,4 mil.**

## 7. KONSEPTUTVIKLING

### 7.1. Systemutredning

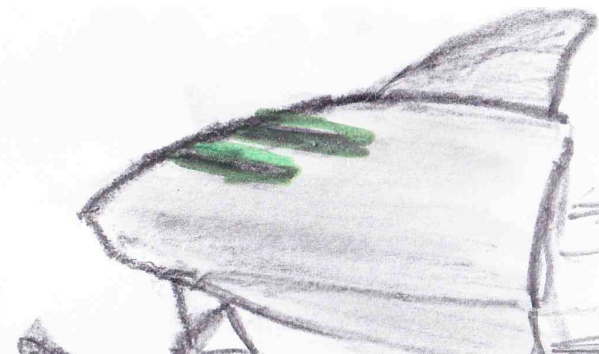
I en prosess som dette er fokus på nytenking nødvendig og mulighet til å bevege seg "utenfor boksen" motiverende. Det har gjennom utviklingsprosessen dukket opp løsningselementer som vil kunne gjøre Roskva Snow til et bedre produkt.



Figur 53: Enkel skisse som viser tenkte løsninger. Modul, LED lykter, varmegjenvinningsystem og motorplassering for direkte drift

#### 7.1.1. LED lykter

Alt som trekker strøm på snøscooteren vil føre til en reduksjon i rekkevidden. Det er derfor viktig å spare strøm der man kan. LED (Light Emitting Diodes) er den mest energieffektive lyskilden tilgjengelig i dag. LED lykter er også svært holdbare, Levetiden på en vanlig halogenpære er fra 1000 til 2000 timer, noe som tilsvare ca. 1-2 års bruk i gjennomsnitt. Gjennomsnittlig levetid på en vanlig LED pære kan være opp i mot 50 000 timer, tilsvarende 50 år! En annen fordel er at LED lykter tåler godt vibrasjoner og støt, noe som er svært ideelt i en snøscooter (70).



Figur 54: Skissering av LED lykter i front

### 7.1.2. Modulbasert løsning

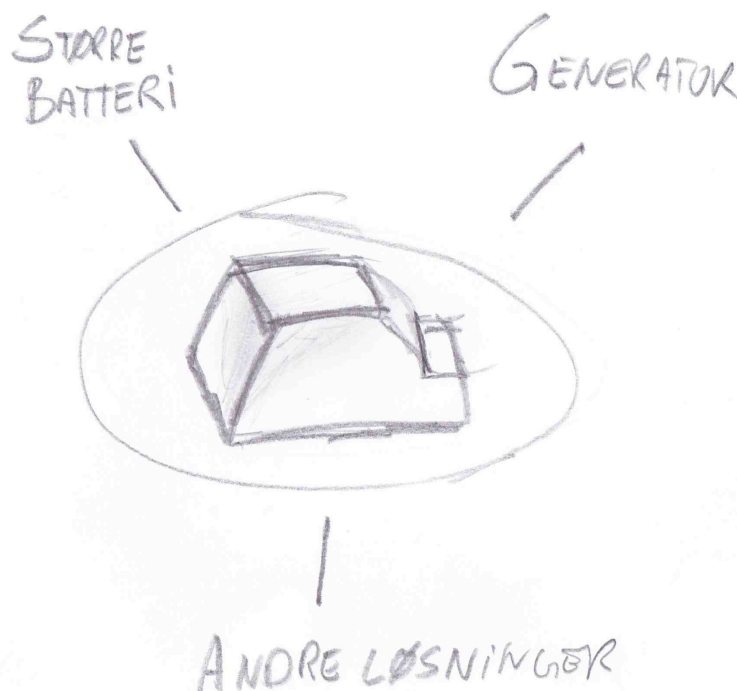
Det er ønskelig å utvikle et snøscooterkonsept som er mest mulig miljøvennlig og utslippsfritt. Som nevnt tidligere er det største problemet med fullelektriske kjøretøyer energitettheten og ladehastigheten til batteriene. Hybridløsningen som er nevnt i kapitlet "system og elementløsninger" er en god løsning, men er det mulig å integrere denne på en smart måte som gjør at man ikke må forkaste ideen om et fullelektrisk kjøretøy?

Et modulbasert løsningssystem kan være svaret på denne utfordringen. Dette innebærer at man kan bytte ut aggregatkomponenten med andre ladeløsninger, en ekstra batteripakke eller bare kjøre med batteriene som allerede er integrert og derved spare vekt ved å fjerne modulen. Dett er svært ideelt, og en slik løsning vil gi en svært stor grad av fleksibilitet og vil kunne tilpasses snøscooterens bruksområde.

Et tenkt scenario kan være at man ønsker å kun kjøre på elektrisk drift, men at man vil ha en reserveløsning dersom noe uforutsett skulle skje, eller man finner ut at kjørelengden blir lenger enn planlagt. I dette tilfelle vil et aggregat av den mindre typen være ideelt.

En modulbasert løsning er også bra med tanke på utvikling og endring i teknologi. Skulle det komme nye motorer eller lagringsteknologier vil disse enkelt kunne kobles på det eksisterende systemet.

Flere modulkonsepter kan utvikles og tilbyes for kunde.

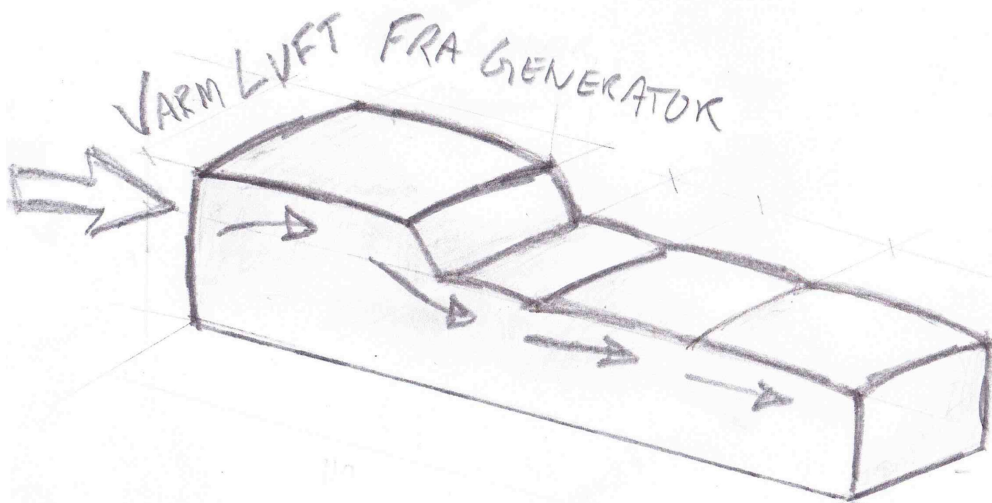


Figur55: Skissering av modulbasert konsept med alternative komponenter

---

### 7.1.3. Varmegjenvinning fra aggregat

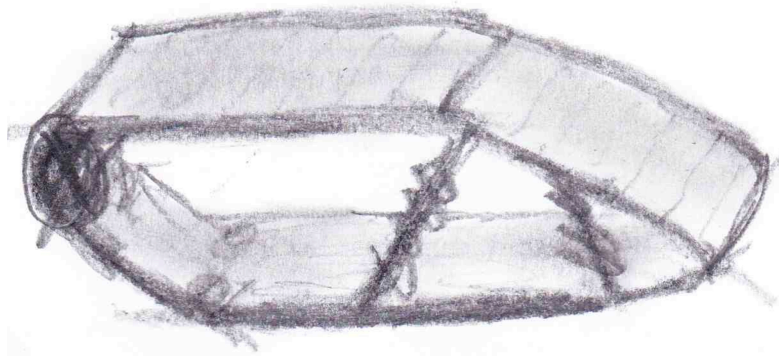
Et aggregat vil produsere varme fra forbrenningsprosessen. Denne varmen kan benyttes til oppvarming av komponenter som får høyere effektivitet ved en jevnere og høyere temperatur. Hovedsaklig vil det gjelde for selve batteriene, men det er også mulig å tilrettelegge for å øke komforten ved å eksempelvis tilføre varme til sete, håndtak, legger eller føtter.



Figur 56: Varmegjenvinningssystem fra aggregatet. Varmen strømmer gjennom setet for å varme opp og øke yteevnen til komponentene.

### 7.1.4. Direkte drift

Direkte drift av beltet har allerede blitt nevnt i utredningsfasen og det ble gjennom en beregning funnet ut hvilke størrelse på tannhjulene som driver beltet bør ha. Dette vil forhindre unødvendig energitap i overføringssystemer. Det er videre mulig å gjøre en grundigere utredning for å prøve å oppnå maksimal effektivitet med dette systemet.



Figur 57: Beltesystem med motor plassert direkte på drivakslingen.

## 7.2. Designutredning

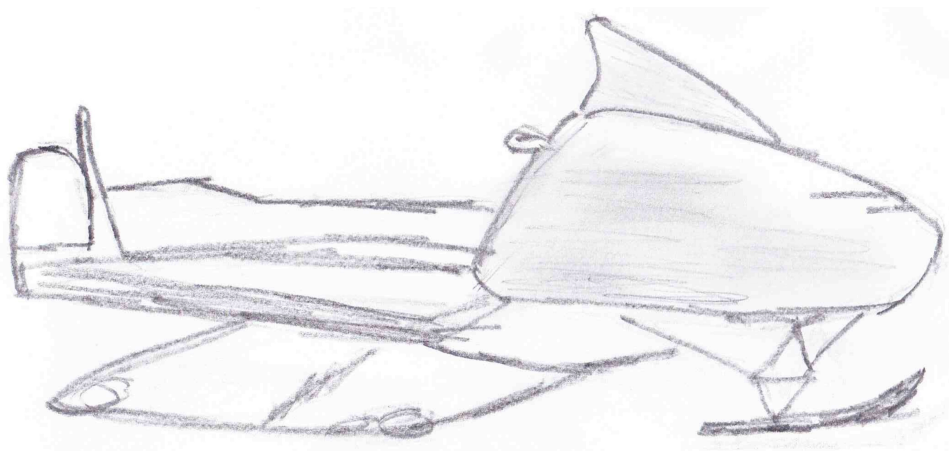
En fremtidsrettet visjon for designet kan legge grunnlaget for utviklingen etter prototypefasen. Som inspirasjonskilde er "Transformers" figurene benyttet. Dette er roboter som transformerer seg fra kjøretøy. De har futuristiske designtrekk noe som vil passe godt til en snøscooter. Det som karakteriserer designet er rette linjer og myke hjørner.



Figur58: Transformers robot (71).

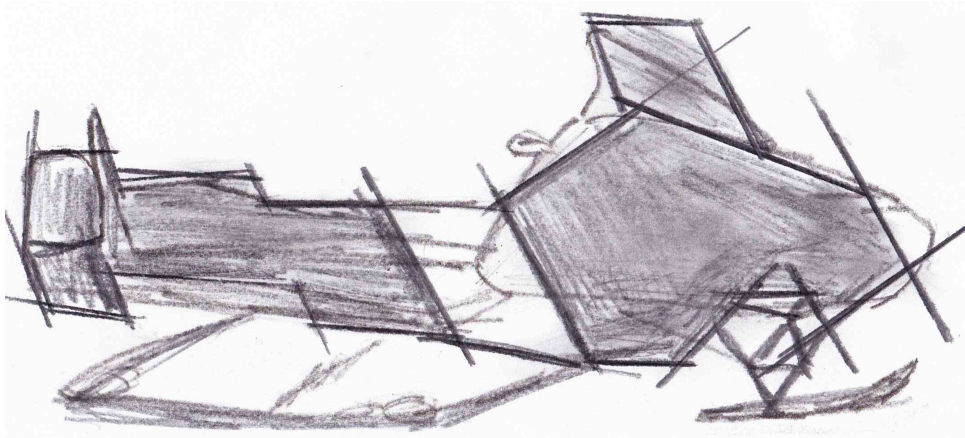
### 7.2.1. Skissering

Gjennom en skisseringsprosess vil det bli forsøkt å komme frem til et design som oppfyller det ønskelige utseende, samt gjør det mulig å inkludere elementene fra systemutredningen.

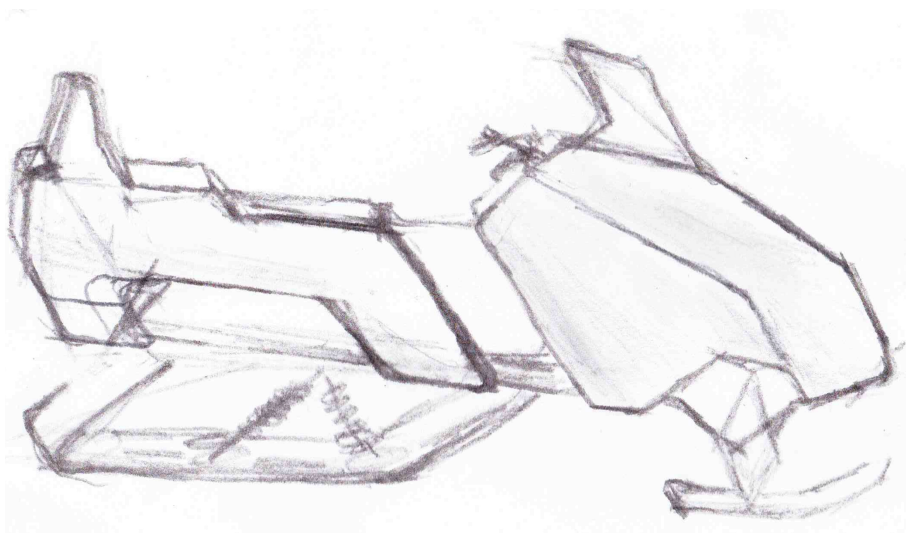


Figur 59: Skisse av ombygget konvensjonell snøscooter.

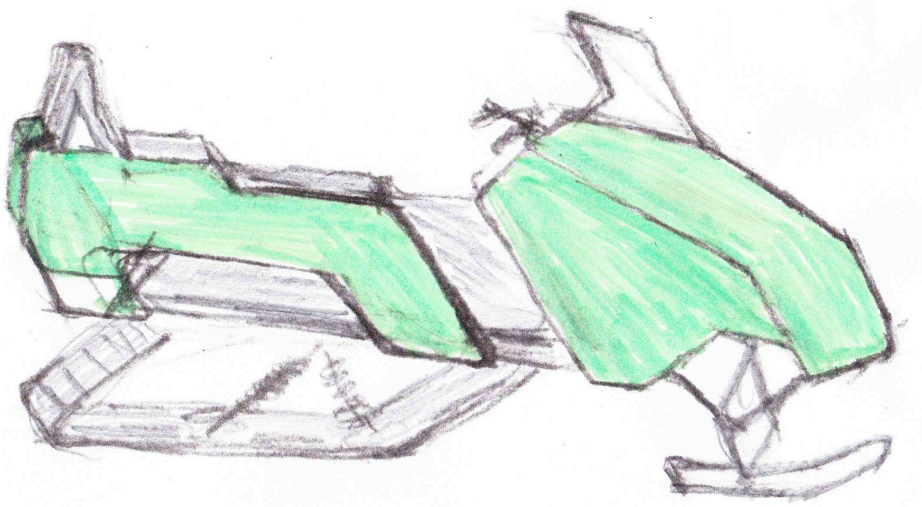




Figur 60: Skisse der designet er brekt opp med rette linjer.



Figur 61: Klar skisse med rette linjer og mye hjørner.



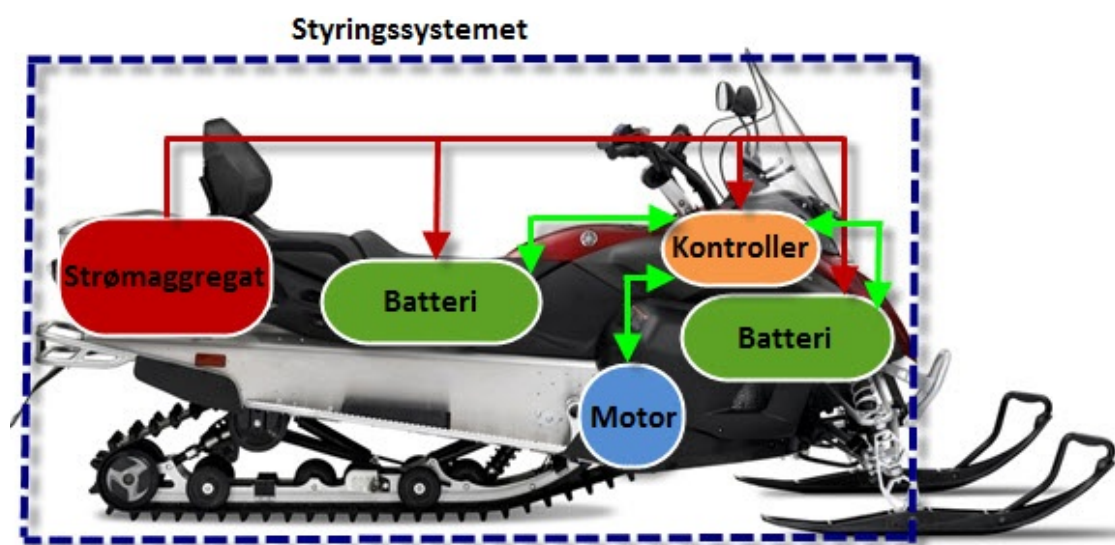
Figur 62: Skisse med fargeillustrasjon. Rette parallelle linjer gir et fremtidsrettet design.

## 8. LØSNINGSKONKRETISERING

Gjennom prosessen har det nå kommet opp et konsept som legger grunnlaget for videre utvikling og prototyping. Konseptet legger føringer for komponentene i drivlinjen og det sammensatte systemet, samt plassering av komponenter. I tillegg er det blitt redegjort for noen konsepter som vil kunne gjøre Roskva Electric til et teknisk gjennomtenkt produkt.

### 8.1. Systemoversikt drivlinje

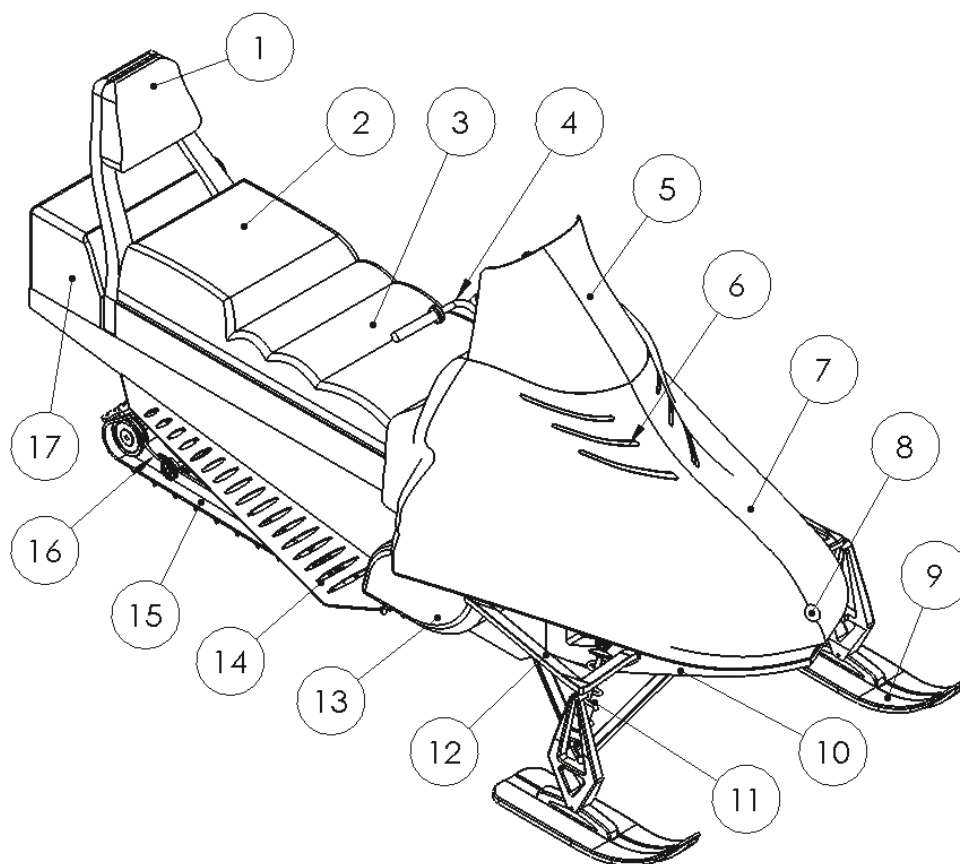
Figuren under viser komponentene som inngår i drivlinjen og er en grov oversikt for plassering og samkjøringen mellom dem. Som bestemt i utredningsfasen er sammensettingen av komponenter basert på et seriehybridsystem. Strømaggregat er plassert bakerst der lastekassen er til vanlig, dette gjør at støy og avgasser vil bli sluppet ut bak sjåføren. Strømmen som produseres av aggregatet kan gå to veier, hvilke vei bestemmes av styringssystemet som får signaler fra sjåføren. For det meste vil nok energien fra aggregatet gå til opplading av batteriene, men skulle man trenge ekstra krefter vil de kunne bidra direkte med energi til motorene. Batteripakkene er plassert under setet, i fornt og i området der bensintanken er på ordinære snøscootere (denne er utelatt for å unngå rot i illustrasjonen). Motorkontrollenes lette vekt gjør at de kan plasseres over batteriene, her er de også mindre utsatt for støt. Motoren er plassert direkte på drivakslingen for direkte drift. De grønne pilene har piler i begge retninger dette illustrer regenerativ drift. Styringssystemet er plassert rundt de andre komponentene og viser den overordnede funksjonen det har.



Figur 63: Drivlinje og plassering av komponenter. (47)



## 8.2. Delelementer



Figur 64: Svart hvitt bilde med nummerering av delelementer.

Tabell 23: Delelementer

Nr.	Komponent	Kommentar
1	Ryggstøtte	Ryggstøtte for passasjer, fungerer både som sikkerhet slik at man ikke kommer i kontakt med aggregatet bak, samt at den øker komforten.
2	Passasjer sete	Forhøyet for at passasjeren skal kunne ha sikt fremover.
3	Sjåfør sete	Må plasseres i en høyde som gjør at man sitter godt beskyttet bak frontruten.
4	Styre	Håndtak i gummi for godt grep, disse blir oppvarmet av varmegjenvinningssystemet.
5	Vindskjerm	Må være stor nok til å reflektere mesteparten av luften. Laget i plexiglass med hensyn til sikkerhet.
6	LED lys	Trekker lite energi, har lang varighet er små og enkle å plassere.
7	Panser	Runde former for å minske drag/luftmotstand.

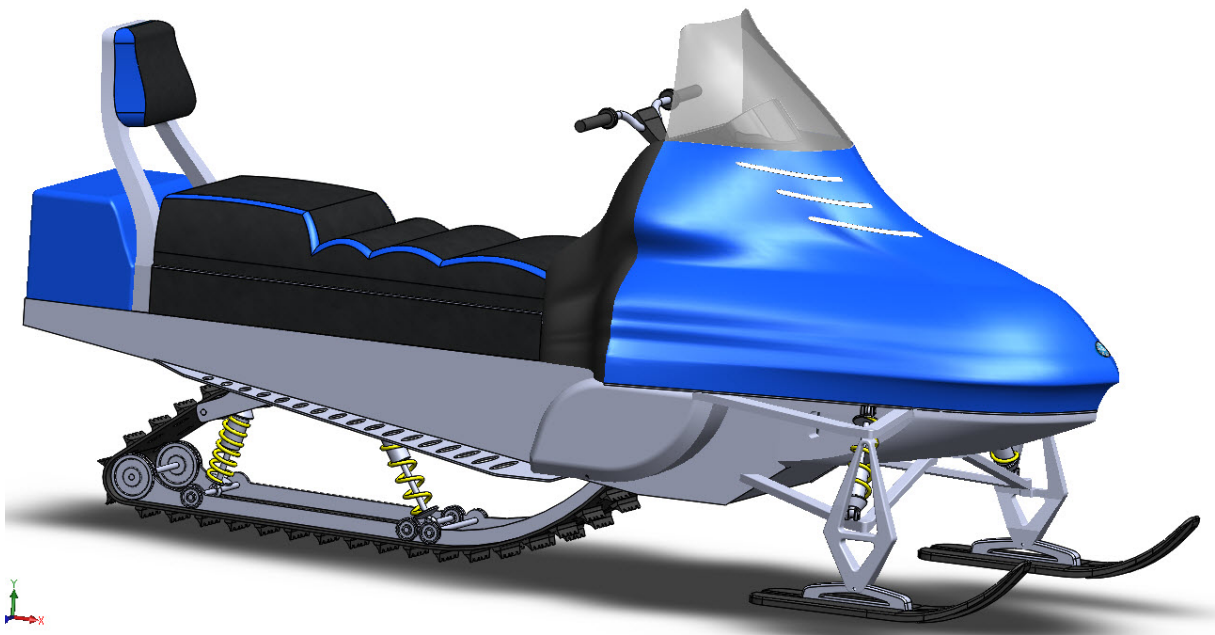
Tabell 23: Forts.

Nr.	Komponent	Kommentar
8	Merke	Roskva merke i front. Dette er hentet fra oppgaven til Larsj J. Nordberg (66).
9	Ski	Må kunne bære 1/3 av vekten til snøscooteren på snøen uten for mye gjennomsynkning.
10	Bunnplate	Må være solid nok til å kunne beskytte komponenter som ligger under panseret.
11	Dempesystem	Må være tilpasset for god komfort samt god styrerespons.
12	Bærearmer	Disse må være solide og tåle kraftpåkjenning i flere retninger.
13	Motordeksel	Motorene må være godt beskyttet mot eventuelle støt, om nødvendig må det bli tilrettelagt for kjøling.
14	Fothvilere	Må være solide for å beskytte fører om man skulle treffe noe. Ru overflate for godt fotfeste er viktig.
15	Gummibeltet	Små til mellomstore kammer/knaster vil være hensiktsmessig for kjøring på hardere underlag i løyper og lignende. Gode og solide belter er viktig for å kunne takle momentpåkjenningen fra motorene.
16	Beltesystem	Glidere og rullehjul må være optimalisert for å minske friksjonstapet.
17	Modul	Må tilpasses best mulig i forhold til passform samt resten av scooterdesignet.

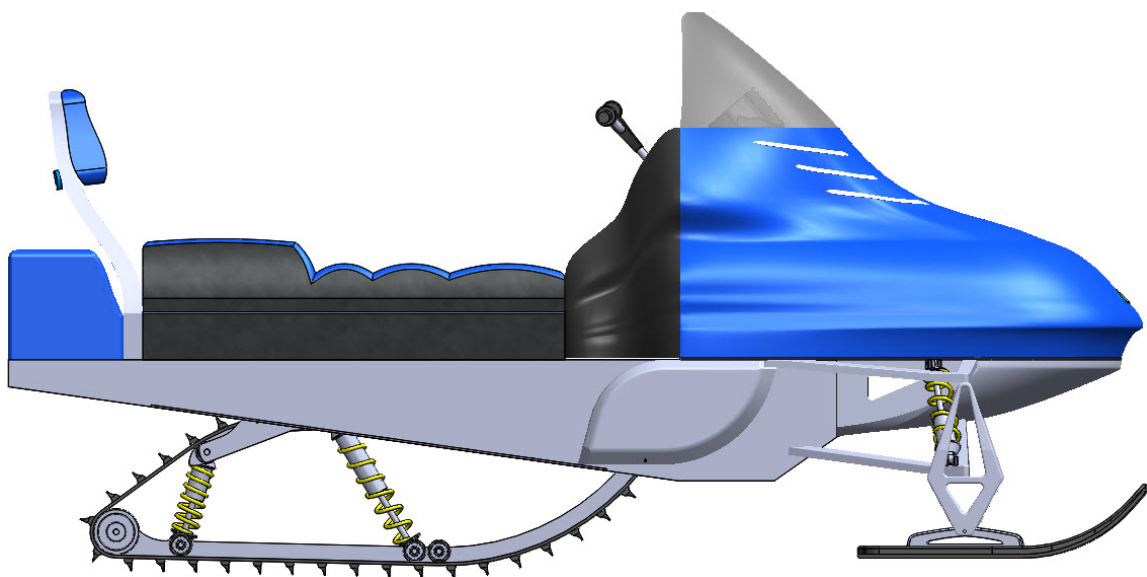
## 9. VISUALISERING

I designutredningen har tankegangen vært at det i prototypfasen først vil dreie seg om et ombygg av en snøscooter og ikke et nybygg. Dette er grove illustrasjoner på hvordan konseptet vil kunne fremstå.

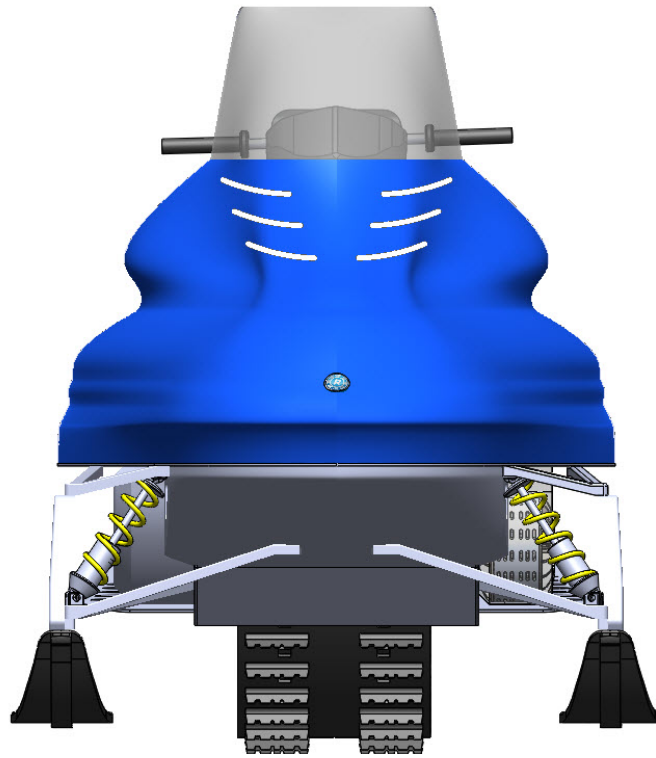
### 9.1. Helhetsrendrering



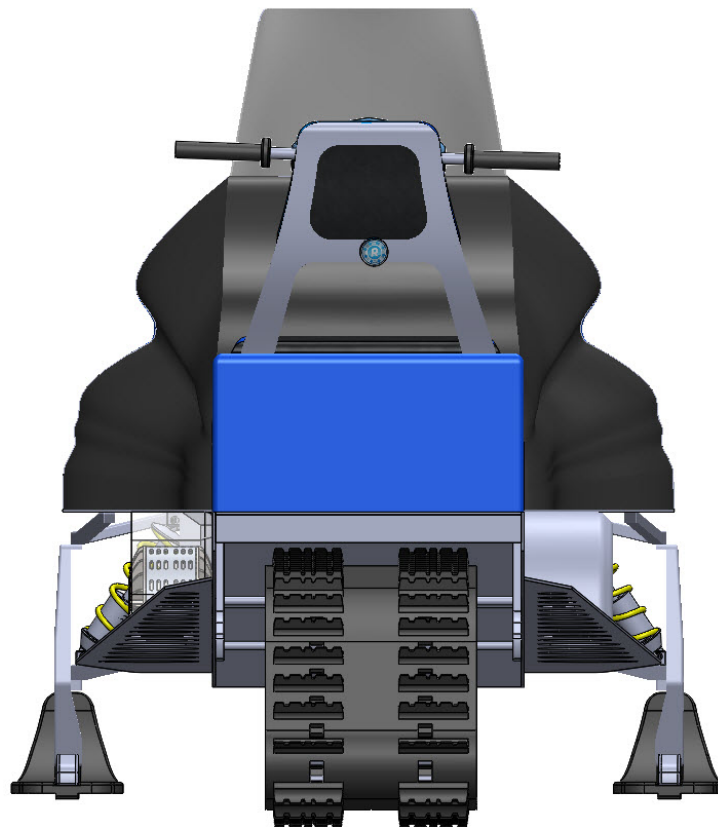
Figur 65: Rendret bilde av totalkonseptet



Figur 66: Totalkonsept fra siden

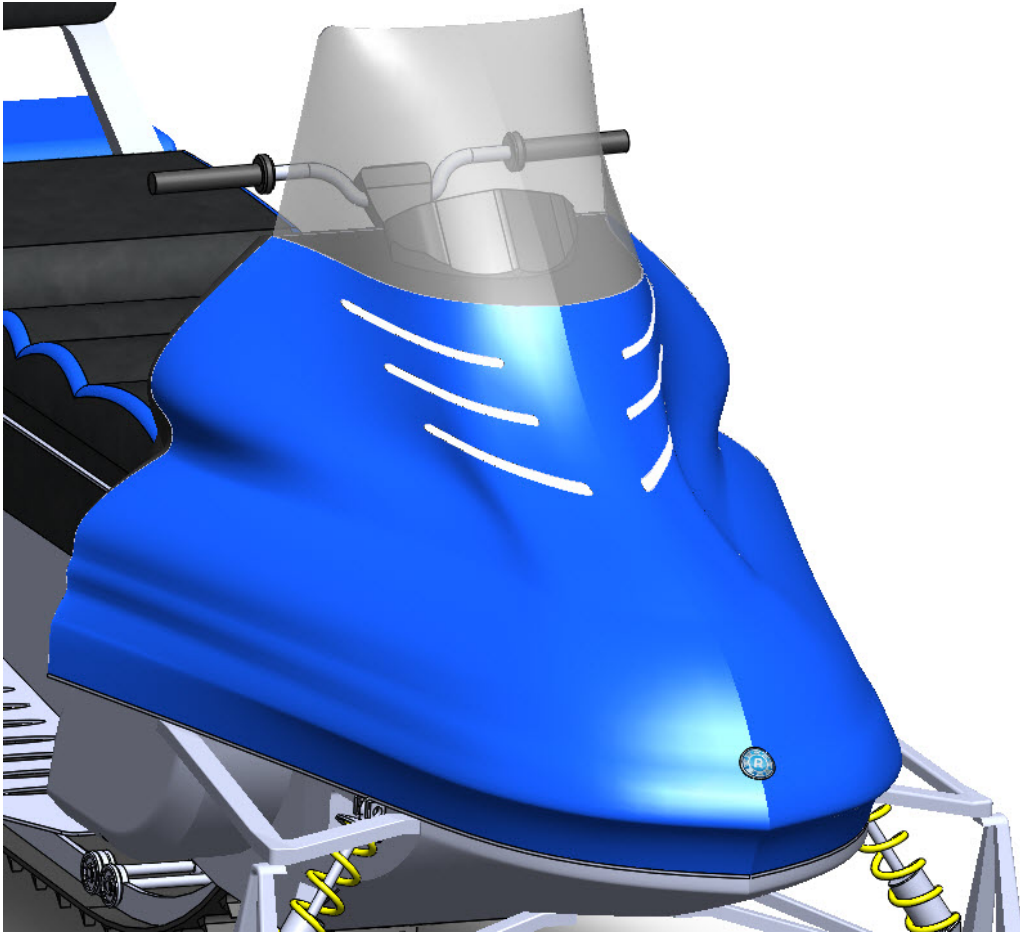


Figur 67: Totalkonsept front



Figur 68: Totalkonsept front og bak

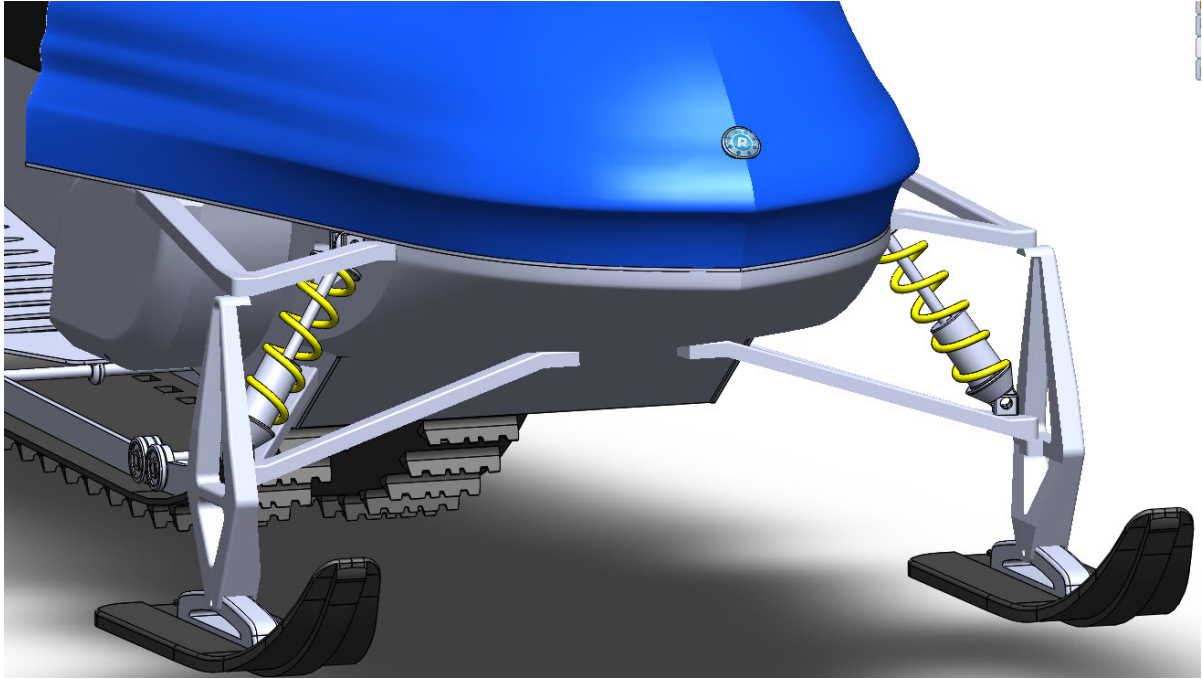
## 9.2. Delelementer



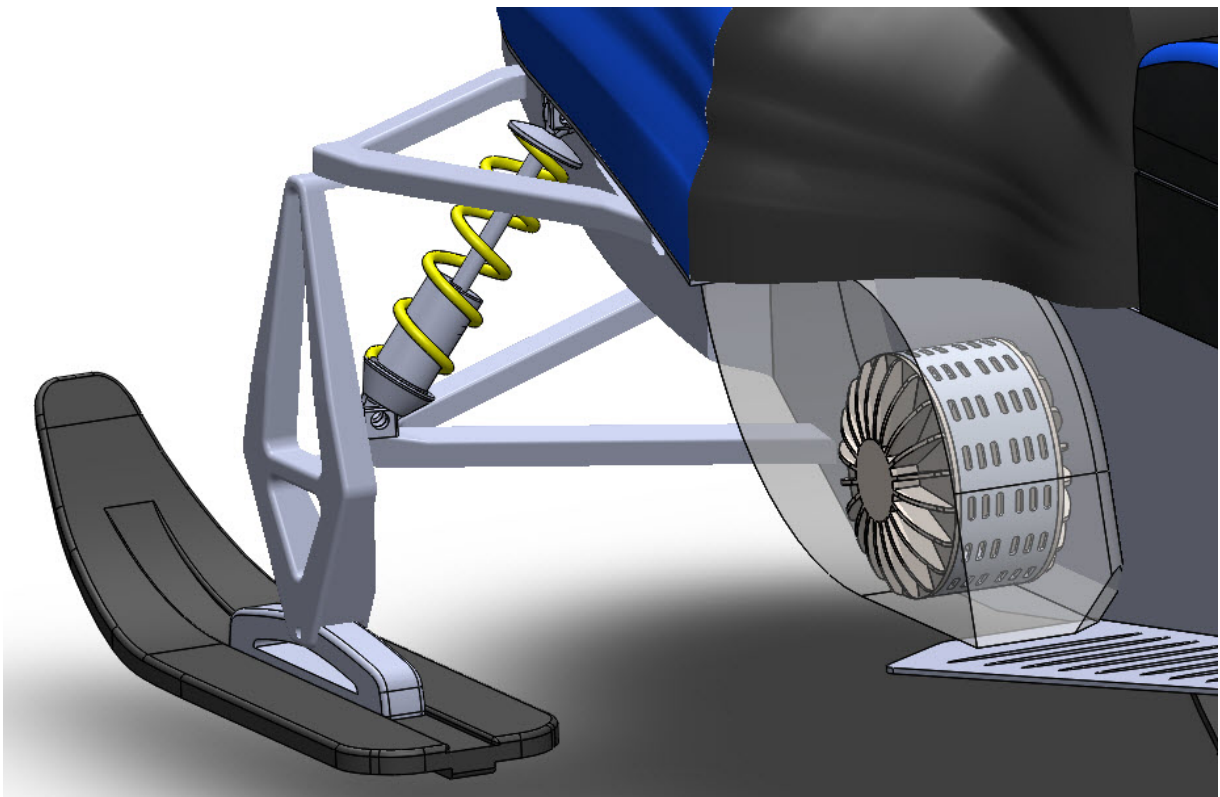
Figur 69: Panser med LED lys, vindskjerm og Roskva merke



Figur 70: LED lykter i mørket

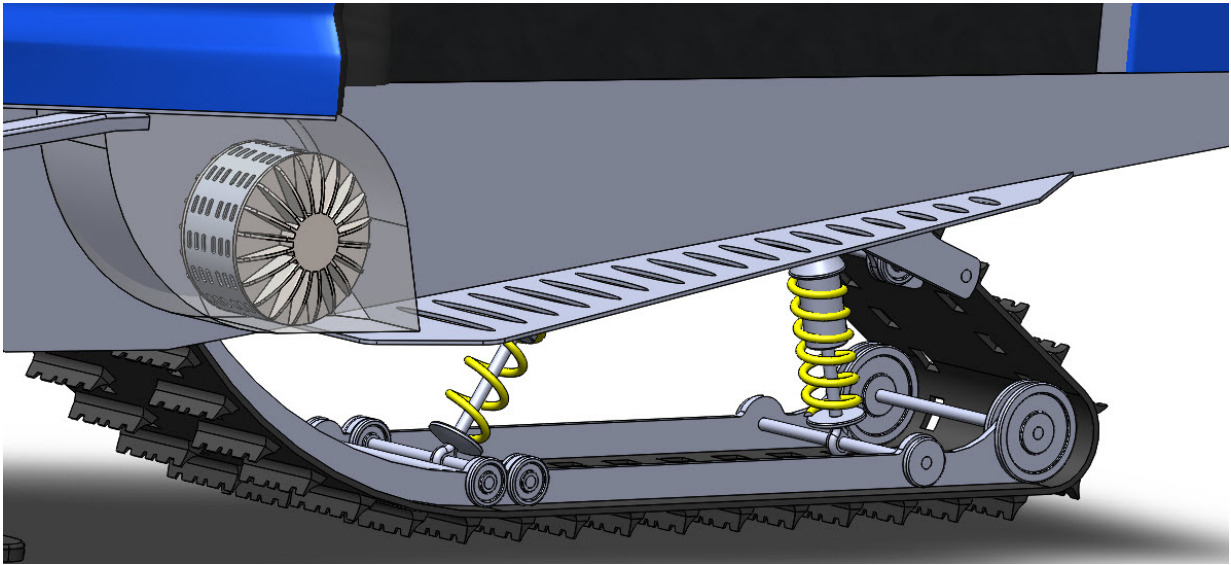


Figur 71: Roskvamerket og dempersystem front.

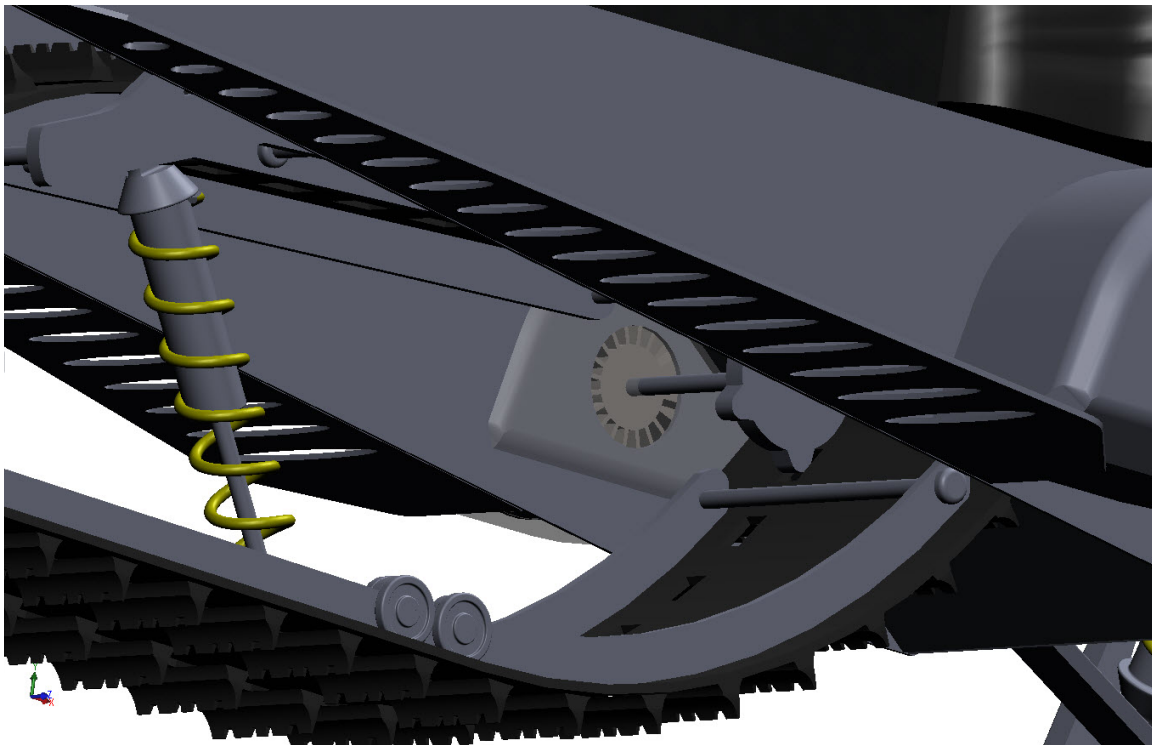


Figur 72: Gjennomsiktig motorkasse viser motorplassering ved direkte drift. Dempersystem vist fra baksiden.





Figur 73: Gjennomsiktig motorkasse, beltesystem med demping og stigplater.

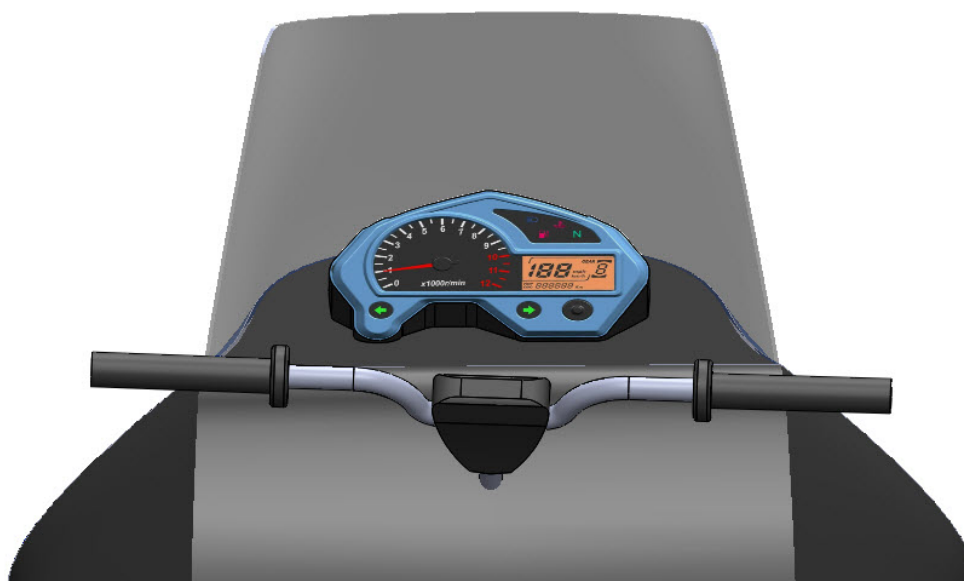


Figur 74: Motor plassert for direkte drift.



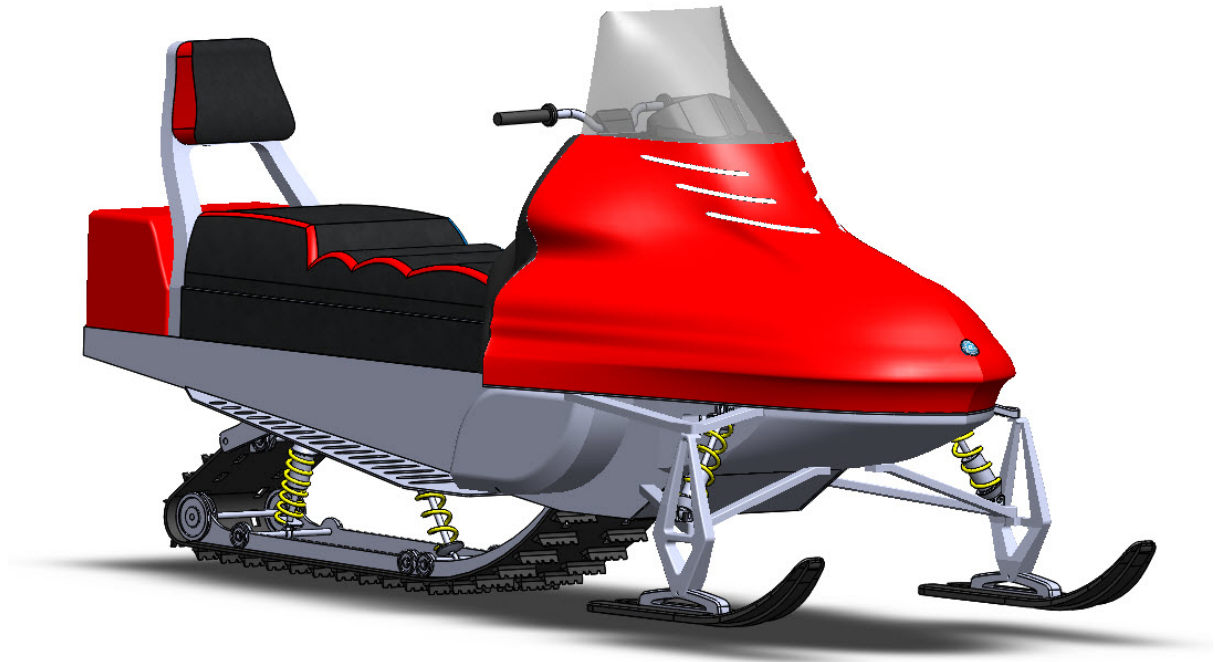


Figur 75: Modulbasert løsningsalternativ og ryggstøtte med Roskva emblem.

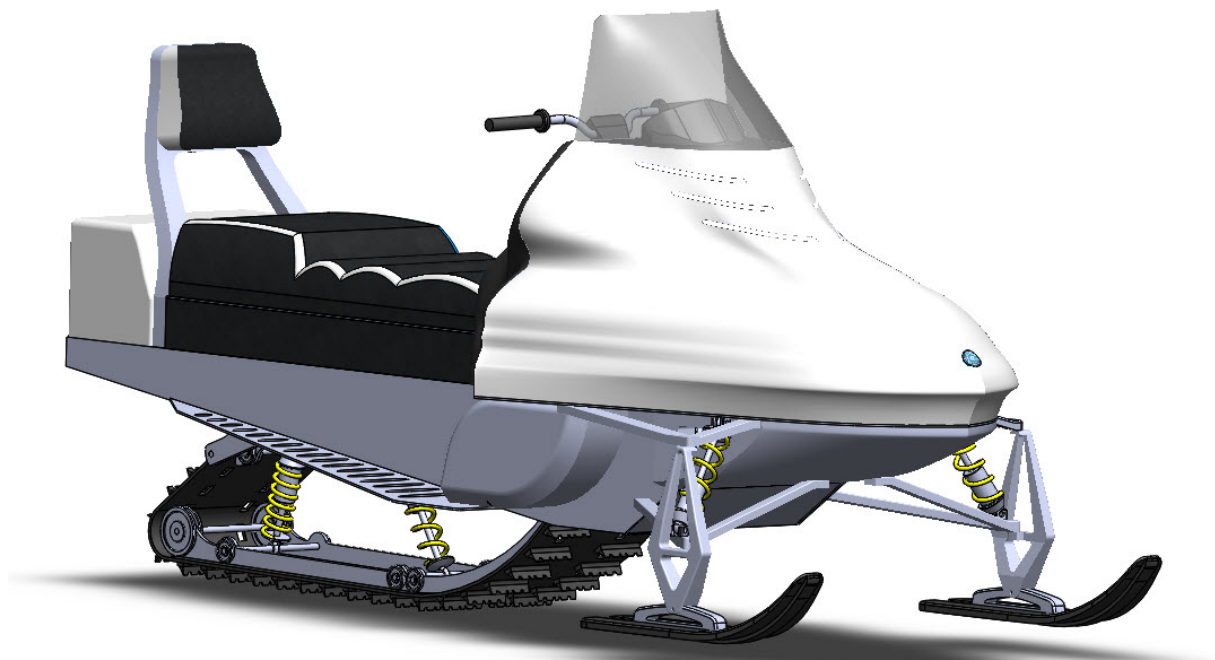


Figur 76: Utsikt fra sjøføres posisjon med digitalt speedometer i sentrum (72)

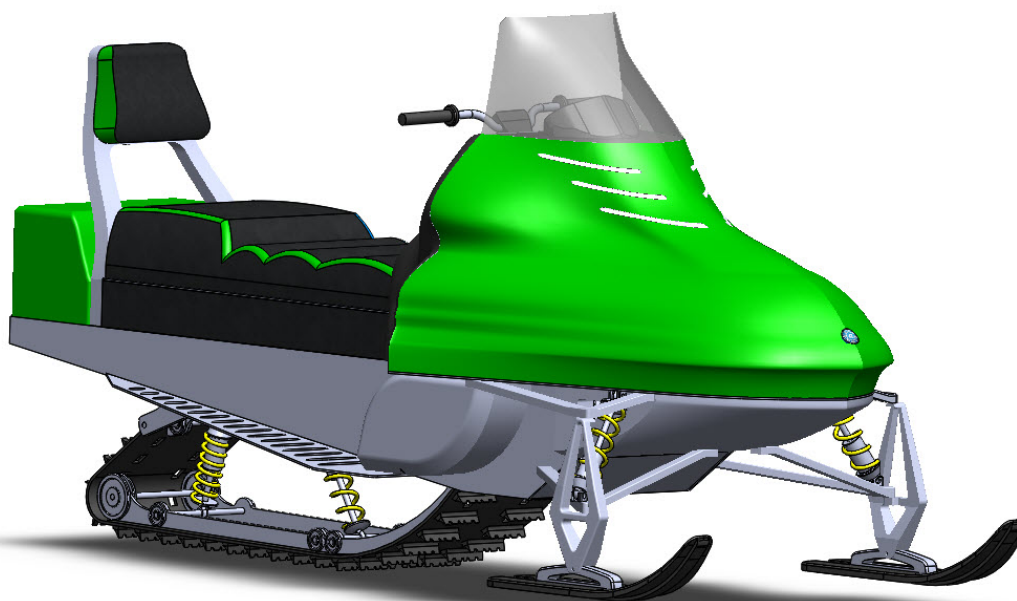
### 9.3. Farge visualisering



Figur 77: Rød gjennomgående design.



Figur 78: Hvit gjennomgående design.



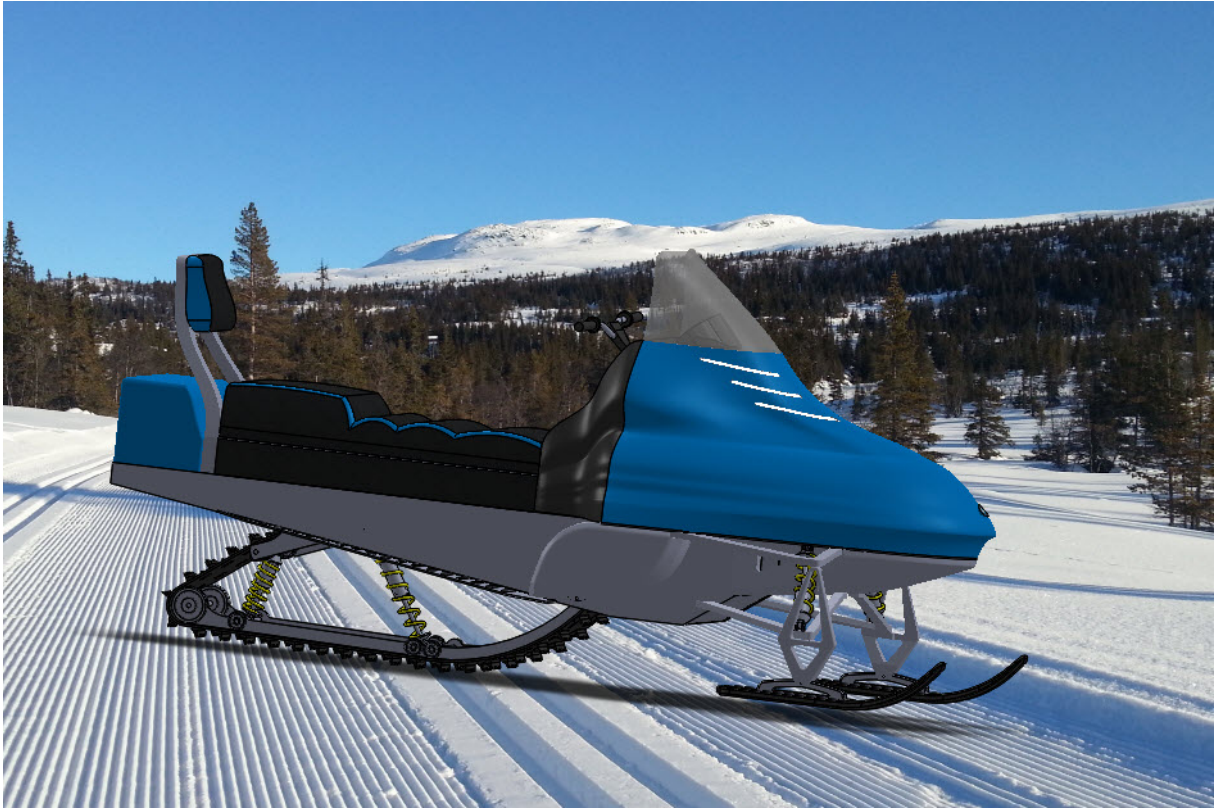
Figur 79: Grønn gjennomgående design.



Figur 80: Design med gull farget front og modul, svart sete.



#### 9.4. Miljøbilder



Figur 81: Roskva Snow parkert i skiløype (72).



Figur 81: Roskva Snow i preparerte løyper (73).





Figur 82: Roskva Snow på tur i skogen (74).



Figur 83: Roskva Snow på tur i solnedgangen (75).

## 10. PROTOTYPEUTVIKLING

### 10.1. Planlegging

Første del av prototypeprosessen vil innebære å få tak i en snøscooter, den trenger ikke være av nyere modell. En 2005 modell Yamaha Venture vil koste fra 30 000 – 50 000 NOK (47).



Figur 84: Yamaha Venture 2005 modell (47)

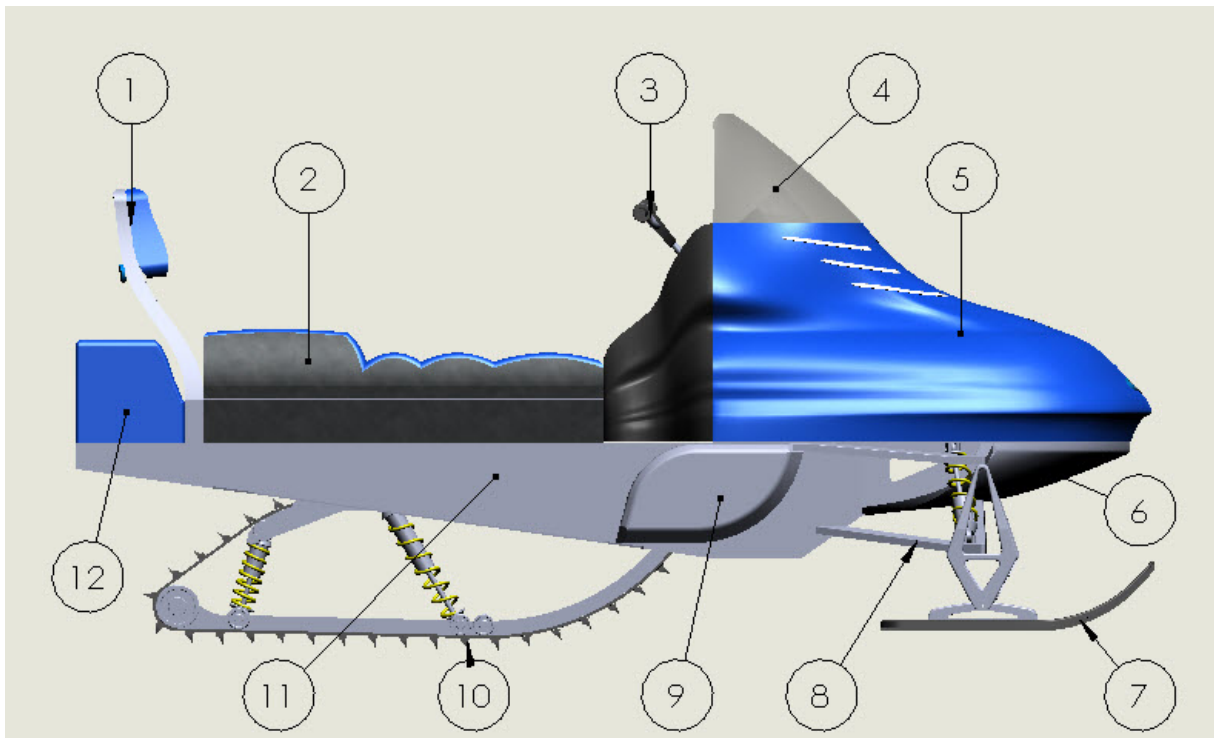
En rekke målinger kan gjøres for å fastsette de forskjellige friksjons og tapsfaktorene. Deretter kan snøscooteren demonteres og det vil bli klart hvor omfattende ombyggingsprosessen vil være. Viktige mål som vekt på ramme og toleranser for størrelse på komponenter vil nå kunne spesifiseres. Med denne informasjonen vil man kunne gå i en grundig utredningsprosess for å finne optimal mengde og plassering av batterier. Når dette er redegjort for må delene bestilles.

På dette tidspunktet et kan det være ideelt å finne et passende styringssystem, om dette ikke er gjort tidligere. I forhold til styringssystemet vil man måtte regne med at mye tid vil gå til å implementering, og det er heller ikke sikkert at det første systemet man finner er det mest optimale, selv om det så slik ut i teorien.

Man må så kartlegge hvilke deler som trengs for montering, og anskaffe disse. En nøye gjennomgang av alle komponentene som skal brukes videre fra "original" snøscooteren må gjøres for å sikre at ingen deler er ødelagt, eller at slitte komponenter vil føre til større energiforbruk. Det kan også være at det bør gjøres oppgraderinger i for eksempel beltesystemet som vil gi mindre friksjonstap.

Til slutt når komponentene skal monteres er det viktig å tilrettelegge slik at eventuelle justeringsmuligheter er lett tilgjengelig.

## 10.2. Hovedelementer og materialbruk



Figur 85: Tegning som viser hovedelementene med nummer.

Tabell 24: Hovedelementer og materialer

Nr.	Element	Materialer
1	Ryggstøtte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aluminium</li> <li>• Sky stoff</li> </ul>
2	Sete	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Skumgummi</li> <li>• Sky stoff</li> </ul>
3	Styre	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stål</li> </ul>
4	Vindskjerm	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pleksiglass</li> </ul>
5	Panser	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Polykarbonat</li> </ul>
6	Bunnplate	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Polykarbonat</li> </ul>
7	Ski	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plast</li> <li>• stålbrakett</li> </ul>
8	Bærearmer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stål</li> </ul>



Tabell 24: Forts.

Nr.	Element	Materialer
9	Motordeksel	• Stål
10	Belte	• Kevlarforsterket gummi
11	Ramme	• Aluminium
12	Modul deksel	• Polykarbonat

### 10.3. Budsjettering

Tabell 45: Kostnadsestimering av utvikling og produksjon av prototype. Alle priser i Norske kroner ekskludert merverdiavgift, valutakurser fra 05.05.14.

Konseptutredning	Antall	Enhet	Enhetspris (kr)	Kostnad (kr)
Utredningsarbeid	500	Timer	600	300 000
Konstruksjon og design	300	Timer	600	180 000
Rapport og presentasjon	100	Timer	600	60 000
<b>SUM</b>	<b>900</b>	<b>Timer</b>		<b>540 000</b>
Prototyping	Antall	Enhet	Enhetspris	Kostnad
Brukt snøscooter	1	Stk.	45 000	45 000
Motor	2	Stk.	9393	18 786
Motorkontroller	2	Stk.	4766	9 532
Batterier	272	Stk.	88,77	24 196
Aggregat	1	Stk.	6999	6 999
Diverse deler				10 000
<b>SUM</b>				<b>108 213</b>
Produksjon og sammenstilling	Antall	Enhet	Enhetspris	Kostnad
Demontering	20	Timer	300	6 000
Tilpasning ramme	35	Timer	300	10 500
Montering	60	Timer	300	18 000
Tilpasse styringssystem og kontrollere	60	Timer	600	36 000
Diverse tilvirkning	20	Timer	300	6 000
<b>SUM</b>				<b>76 500</b>
<b>Totalsum</b>				<b>724 713</b>

### **Kommentar til budsjett**

Usikkerhetene i budsjettet ligger på kostnad for innkjøp av snøscooter og deler, samt produksjon og sammenstillingsprosessen. Seriekostnader vil avhenge av om man får integrert hybridløsningen hos en eksisterende produsent. Må man legge opp til egen produksjon vil dette med stor sannsynlighet kreve produksjon av flere tusen enheter årlig for at det skal være lønnsomt.

## 11. PROSESSDISKUSJON

Det er lagt fram et løsningsforslag for konseptutredningen av en elektrisk-hybrid snøscooter kalt Roskva Snow. Gjennom prosjektgjennomføringen har det hele tiden vært en grunntanke å legge best mulig til rette for videre prosjektering og utprøving. Det var viktig å avgrense prosjektet for å begrense omfanget. Det ble derfor gjort antagelser og tatt beslutninger for å forenkle prosessene i utviklingsarbeidet. Et eksempel er at det gjennom en utvelgelsesprosess ble konkludert med at batteri vil være det beste alternativet som energilager og at elektriske motorer ville bli benyttet for å gjøre om energien fra elektrisk til mekanisk energi. Med det som grunnlag kunne drivlinjen til Roskva Electric brukes. Komponentene var testet og utprøvd både som enkeltkomponenter og som et system, og fungerte godt.

### Konsept

Det ble tidlig fastslått hvilke begrensninger et elektrisk kjøretøy har i forhold til konvensjonelle kjøretøyer med ICE, og at energilagringsskapasiteten var det største problemet. Det var derfor svært viktig å kartlegge de forskjellige bruksforholdene og ulike typer snøscootere som er på markedet i dag, for så å velge hvilke type en hybrid-elektrisk løsning vil kunne implementeres i. Denne delen av oppgaven var forholdsvis rett frem, det viktigste her var å vurdere bruksområdene og velge det riktige utgangspunktet.

### System

Ved å satse på en fullelektrisk drivlinje ville man måtte utelukke en rekke bruksområder, noe som igjen ville ført til færre aktuelle kjøpere. Sikkerhet var også noe som måtte tas hensyn til. Det å stå strandet midt på vidda med tomme batterier er ikke en hyggelig situasjon å komme i. Et hybridsystem var løsningen på dette problemet. Den negative effekten av dette var snøscooteren ikke ville bli så miljøvennlig som i utgangspunktet var ønskelig. I tillegg økte dette kompleksiteten vesentlig på prosjektet.

Alle de viktigste komponentene er redegjort for, det som gjenstår er et styringssystem og en lader. På grunn av tidsmangel ble det ikke funnet noen lader som vil overføre energien fra aggregatet til batteriene. Å finne og tilpasse et styringssystemet er svært viktig, det vi ha mye å si i forhold til effektiviteten til drivlinjen og kjøreopplevelsen.

## Design og konstruksjon

I begynnelsen var det usikkert og uklart hvor omfattende det var realistisk og riktig å gå i designprosessen. Det ene alternativet var et totaldesignkonsept. Det ville innebære et helt nytt design, med nøye tilpassede løsninger, som for eksempel rammeutforming for å ta hensyn til plassering av komponentene. Etterhvert ble det klart at den første prototypen måtte legge til grunn en "ordinær" snøscooterramme og at designet måtte bygge på det som en forutsetning, med fokus på ombygging. Modellen ble tegnet i Solid Works, og det ble gjort forsøk på å finne en ferdig tegnet ramme som en kunne bruke som grunnlag. Det ble ikke funnet. Modellen måtte derfor bli forenklet og mer tjene en hensikt som illustrasjon. Det vil ikke være mulig å foreta noen styrkeberegninger på denne. Det var også ønskelig å ha med en enkel skisse av fremtidens design av Roskva Snow. På grunn av tidsaspektet måtte dette gjøres for hånd.

## Beregninger

Å finne god dyptgående teknisk informasjon angående snøscootere skulle vise seg å være svært vanskelig. Det ble brukt altfor mye tid på dette, uten å sitte igjen med nyttige data. Flere snøscooterprodusenter og selskap som driver med trimming av snøscootere ble kontaktet, men responsen var fraværende. Det var blant annet ønskelig å få tilgang på data på friksjon i beltesystemet. Å få tak i en snøscooter for testing vil være det mest ideelle.

I forhold til hybridløsningen med hjelpemotoren var det viktig å få tak i så realistiske data som mulig. Disse måtte si noe om hvor mye energi en motor med gitte størrelse spesifikasjoner kunne bidra med. Løsningen ble å benytte et aggregat som ga nødvendig informasjon både i forhold til hvor mye energi som kan produseres, men også data om fysiske størrelser som vekt, lengde, bredde, høyde og volum på bensintank.

## 12. KONKLUSJON

Gjennom denne utredningsprosessen har et modulbasert hybrid-elektrisk snøscooterkonsept blitt utviklet. Hovedkomponentene som inngår i drivlinjen har blitt bestemt og spesifisert. Det er blitt redegjort for og gjort en grov plassering av komponenter. Det er gjennomført beregning av drivlinjens kapasitet og snøscooterens antatte rekkevidde. Det har blitt utviklet et designforslag for modifisering av en ordinær snøscooter samt en skissering av hvordan et helt nytt totaldesign kan se ut.

### 12.1. Resultat og anbefalinger

- Drivlinjen vil bestå av et modulbasert hybrid-elektrisk system og vil veie ca. 100 kg.
- To motorer av typen D135RAGS vil drive beltet direkte, noe som vil føre til svært lite tap av energi i overføringssystemer. Motorene vil gi snøscooterens en topp effekt på 92 hk og et maks dreiemoment på 168 Nm.
- Den elektriske delen av energilagringen vil komme fra batteriene av typen Headway 38120p som er et LiFePO<sub>4</sub> batteri. Total energilagringsskapasitet på batteripakkene vil være ca. 7 kWh.
- En hjelpemotor som skal veie fra 15 til 25 kg inklusive energilager(bensintank) og ha en størrelse som gjør at den skal kunne plasseres bak setet på scooteren. Vil kunne forventes å levere en tilføringseffekt på mellom 3,6 kWh og 6,4 kWh.
- Antatt rekkevidde på en snøscooter som veier 350 kg inklusive fører vil bli på ca. 11 mil med en hjelpemotor som leverer 6,4 kWh. Ved ren batteridrift vil snøscooterens ha en rekkevidde på 4,4 mil.
- Det modulbaserte konseptet vil gjøre snøscooterens svært fleksibel og tilpassningsdyktig til mange arbeidsoppgaver.
- Kostnadene med å utvikle en prototype er beregnet til 724 713,- kr. Dette inkluderer kostnader for konseptutredningen, innkjøp, produksjon og sammenstilling.

## 12.2. Videre arbeid

Å utvikle en elektriskbasert snøscooterkonsept er en omfattende oppgave. Det finnes lite tilgjengelige data og kunnskap på området. Relevante data finnes i hovedsak hos de store produsentene som naturlig nok ikke vil gjøre de tilgjengelig av konkurransehensyn. På grunn av begrensninger og tidsperspektiv er følgende utelatt for oppfølging og videreutvikling:

### Utredning

- Detalj prosjektere drivlinje i forhold til plassering og festing av komponenter, samt plassering og dimensjonering av det elektriske kablingsnettet.
- Flere alternative modulbaserte løsninger, som for eksempel ekstra batteripakke.
- Finne egnet lader for strømovertøring fra aggregat til batteri.
- Utvikling av spesialaggregat som er spesielt tilpasset, det må vurderes om dette er lønnsomt.
- Utrede og utvikle styringssystem.
- Varmegjenvinningssystem som varmer opp batterier og andre komponenter slik at de får bedre yteevne. Varmen kan for eksempel komme fra aggregatet.
- Videreutvikling av ramme fra en konvensjonell ramme til en ramme optimalt tilpasset et elektrisk-hybrid konsept.
- Fysisk testing av komponenter.

### Beregninger

- Det må gjøres en omfattende styrke og utmattelsesberegning på ramme, drivverk og komponenter.
- Det må beregnes hvilke last og trekk kapasitet snøscooteren har, og hva dette vil ha å si for rekkevidden.
- Festeordning for komponenter
- Beregne ideell sammenstillingen av batteripakkene.

### Analyser

- Vurdere ergonomi
- Analysere konsekvens for ulike batteriløsninger ved store endringer i temperatur i kaldt klima. Fokus på levetid og effekt.
- Grundig material analyse for å oppnå en mest mulig slitesterk konstruksjon og sammenstilling samt lavest mulig vekt.
- Aerodynamiske forhold
- Grundig markedsanalyse
- Grundig økonomisk analyse

## 13. REFERANSER

### 13.1. Skriftlige kilder

9. *Handlingsplan for elektrifisering av veitransport*. Regjeringen, Oslo, 2009. Antall sider: 52
20. Nielsen, R.H.K.o.M.H., *Introduksjon av elbiler i Oslos drosjenæring*. Bellona, Oslo, 2013. Antall sider: 46
25. *Elektrisk energi lagring*. Internasjonal Electrotechnical Comission, Sveits, 2011. Antall sider: 91. ISBN 978-2-88912-889-1.
35. Bøe, J.K., *Konept og produktrealisering*. Univeristetet for miljø- og biovitenskap, Institutt for matematiske realfag og teknologi, Ås, 2012. Antall sider: 33
46. Norberg, L.J., *Utvikling og optimalisering av drivlinje for et elektrisk motorsykelkonsept*. Univeristetet for miljø- og biovitenskap, Institutt for matematiske realfag og teknologi, Ås, 2012. Antall sider: 162
55. Research, M.I., *Peak Oil, The Electric Vehicle Imperative Market Analysis Technology Assessment*. Meridian International Research, Frankrike, 2007. Antall sider: 207
66. Nordberg, L.J., *Prosjekt Roskva - Motor, energilagring og drivlinje*. Univeristetet for miljø- og biovitenskap, Institutt for matematiske realfag og teknologi, Ås, 2011. Antall sider: 93
69. Baker, J.S., *Traffic Accident Investigation Manual*. Northwestern University, Evanston, 1975. Antall sider: 210

### 13.2. Nettkilder

2. *L'Auto-Neige Bombardier Limitée Is Born*. Bombardier, tilgjengelig fra: <http://www.bombardier.com/>.
4. *Roskva Electric*. Roskva Electirc, tilgjengelig fra: <http://www.roskva-electric.com/>.
5. *Klima*. Miljødirektoratet, tilgjengelig fra: <http://www.miljostatus.no>.
6. *Klimaforandring*. United Nations, tilgjengelig fra: <http://www.un.org/en>.
7. *Er elbiler egentlig miljøvennlige*. Norsk Elbil Forening, tilgjengelig fra: <http://www.elbil.no>.
8. *Utslipp av klimagasser*. Statistisk Sentralberå, tilgjengelig fra: <http://www.ssb.no>.
10. *Elbil til topps*. E24, tilgjengelig fra: <http://www.e24.no>.
12. *Battery technology charges ahead*. McKinsey & Company, tilgjengelig fra: <http://www.mckinsey.com>.
14. *Elbil fakta*. Norsk Elbil Forening, tilgjengelig fra: <http://www.elbil.no>.
15. *How to spread Norways success with electric cars*. The Conversation, tilgjengelig fra: <http://www.theconversation.com>.



16. *Audi A8*. Car and Driver, tilgjengelig fra: <http://www.caranddriver.com>.
  17. *Tesla model S*. Car and Driver, tilgjengelig fra: <http://www.buyersguide.caranddriver.com>.
  18. *Bensin priser*. Bloomberg, tilgjengelig fra: <http://www.bloomberg.com>.
  19. *Kulde og rekkevidde*. Autobild, tilgjengelig fra: <http://www.autobild.de>.
  21. *Grønt valg*. Hafslund, tilgjengelig fra: <http://www.hafslund.no>.
  22. *Vindkraftverk*. Store Norske Leksikon, tilgjengelig fra: <http://www.snl.no>.
  23. *Rene energikilder*. Fornybar.no, tilgjengelig fra: <http://www.fornybar.no>.
  24. *Vannkraft*. Store Norske Leksikon, tilgjengelig fra: <http://www.snl.no>.
  26. *Solenergi*. Fornybar.no, tilgjengelig fra: <http://www.fornybar.no>.
  27. *Solcelle*. Energifakta, tilgjengelig fra: <http://www.energifakta.no>.
  28. *Hvordan fungerer solceller*. physics.org, tilgjengelig fra: <http://www.physics.org>.
  29. *Hvordan solcelle fungerer*. howstuffworks.com, tilgjengelig fra: <http://www.science.howstuffworks.com>.
  32. *eliason snøscooter*. eliasen-snowmobile, tilgjengelig fra: <http://www.eliasen-snowmobile.com>.
  33. *Fakta om snøscooteren*. Snøscooterimportørens Forening, tilgjengelig fra: <http://www.snoscooter.no>.
  34. *Snowmobile*. Wikipedia, tilgjengelig fra: <http://www.en.wikipedia.org>.
  36. *Stats and facts*. International Snowmobile Manufacturers Association, tilgjengelig fra: <http://www.snowmobile.org>.
  37. *Førerkort klasse-S*. Vegvesenet, tilgjengelig fra: <http://www.vegvesen.no>.
  38. *Motorferdsel i utmark*. Miljødirektoratet, tilgjengelig fra: <http://www.miljodirektoratet.no>.
  39. *Ja til snøscooterkjøring i Norge*. underskrift.no, tilgjengelig fra: <http://www.underskrift.no>.
  40. *Bør kommunene selv bestemme hvor det er lov å kjøre snøskuter?* Høyre, tilgjengelig fra: <http://www.hoyre.no>.
  41. *87 kommuner fikk snøscooter ja*. NRK, tilgjengelig fra: <http://www.nrk.no>.
  42. *Yamaha Snøscootere*. Yamaha, tilgjengelig fra: <http://www.yamaha-motor.com>.
  43. *Clean Mobile Challenge*. SAE, tilgjengelig fra: <http://www.students.sae.org>.
  44. *Elmacchina*. advantage-environment, tilgjengelig fra: <http://www.advantage-environment.com>.
  45. *eSled*. eSled, tilgjengelig fra: <http://www.esled.fi>.
  47. *Yamaha Venture Lite*. snowmobile.com, tilgjengelig fra: <http://www.snowmobile.com>.
  48. *Where the Energy Goes: Gasoline Vehicles*. Official U.S. government source for fuel economy information, tilgjengelig fra: <http://www.fueleconomy.gov>.
  49. *Tesla efficiency*. Tesla motors, tilgjengelig fra: <http://www.teslamotors.com>.
  50. *Hybrid Vehicle Drivetrain*. Wikipedia, tilgjengelig fra: <http://www.en.wikipedia.org>.
  51. *Energilagring*. Store Norske Leksikon, tilgjengelig fra: <http://www.snl.no>.
-

52. *Energigærere og lagring*. fornybar.no, tilgjengelig fra: <http://www.fornybar.no>.
53. *Energilagring*. Senter for fornybar energi, tilgjengelig fra: <http://www.sffe.no>.
54. *Batteri - Fysikk*. Store Norske Leksikon, tilgjengelig fra: <http://www.snl.no>.
56. *Battericeller*. Evassemble, tilgjengelig fra: <http://www.evassemble.com>.
57. *Forbrenningsmotor*. Store Norske Leksikon, tilgjengelig fra: <http://www.snl.no>.
58. *Wankelmotor*. Store Norske Leksikon, tilgjengelig fra: <http://www.snl.no>.
59. *Dampmotor*. Store Norske Leksikon, tilgjengelig fra: <http://www.snl.no>.
60. *Stirlingmotor*. Store Norske Leksikon, tilgjengelig fra: <http://www.snl.no>.
61. *Stirling motor*. Wikipedia, tilgjengelig fra: <http://www.en.wikipedia.org>.
62. *Elektrisk maskin*. Store Norske Leksikon, tilgjengelig fra: <http://www.snl.no>.
63. *Hvordan elektriske motorer fungerer*. How Stuff Works, tilgjengelig fra: <http://www.electronics.howstuffworks.com>.
64. *L.M.C. motor*. L.M.C. Ltd., tilgjengelig fra: <http://www.lmcltd.net>.
65. *D135RAGS*. Cloud Electric Vehicles, tilgjengelig fra: <http://www.cloudelectric.com>.
67. *Motorkontroller*. Kelly Controls LCC, tilgjengelig fra: <http://kellycontroller.com>.
68. *Kipor aggregat*. Felleskjøpet, tilgjengelig fra: <http://www.butikk.felleskjopet.no>.
70. *LED*. LED Lighthouse, tilgjengelig fra: <http://www.led-lighthouse.co.uk>.

### 13.3. Illustrasjoner

1. *Aerosani Nkl*. tilgjengelig fra: <http://www.oppositelock.jalopnik.com>.
3. *Modifisert Twin-6*. Wikipedia, tilgjengelig fra: <http://www.en.wikipedia.org/>.
11. *Tesla S. car on white*, tilgjengelig fra: <http://www.caronwhite.com>.
13. *Nissan Leaf*. Cars On White, tilgjengelig fra: <http://www.caronwhite.com>.
30. *Snøscootere på vidda*. scooterutleie.net, tilgjengelig fra: <http://www.scooterutleie.net>.
31. *Beltevogn*. alkunne.no, tilgjengelig fra: <http://www.allkunne.no>.
71. *Transformer*. PC-gamer, tilgjengelig fra: <http://www.media.pcgamer.com>.
72. *Digitalt speedometer*. Weiku, tilgjengelig fra: <http://www.weiku.com>.
73. *Skiløype*. Eggedalsfjellet, tilgjengelig fra: <http://www.eggedalsfjellet.no>.
74. *Skog*. Custompublish, tilgjengelig fra: <http://www.custompublish.com>.
75. *Solnedgang*. Trondheimsportalen, tilgjengelig fra: <http://www.trondheimsportalen.no>.

## **14. VEDLEGG**

Vedlegg:

V01 – Brosjyre for motor

V02 – Datablad motor

V01 – Datablad motor

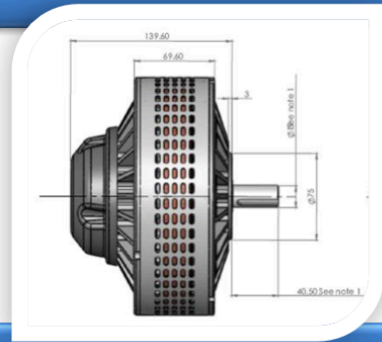


**LEM-200**

**Overview:**

The LEM-200 is an axial gap DC brushed motor suitable for traction and industrial applications such as grass cutters, Go-Karts, motorcycles, golf carts, scissor lifts, lightweight vehicles, boats and generators.

The LEM-200 is available in 126, 127 and 135 strip armatures with magnet grade selection dependant on application.

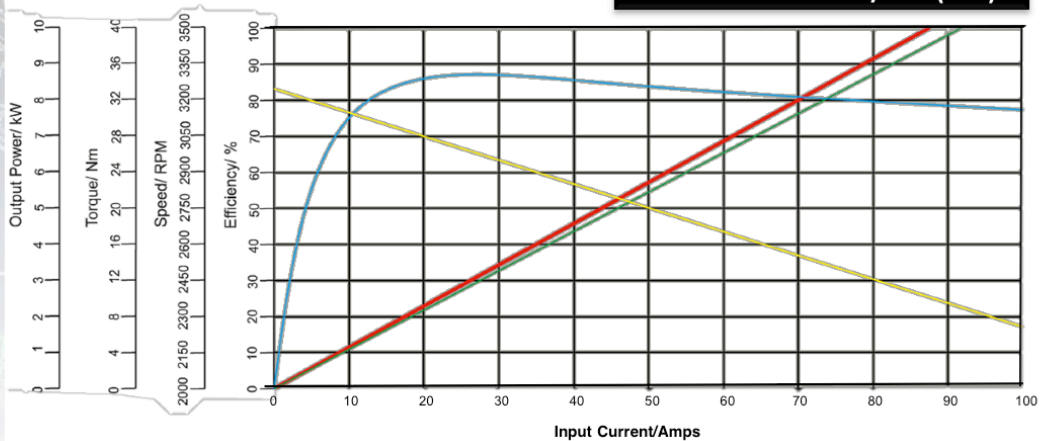


**Features:**

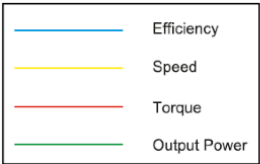
- High efficiency (up to 90%)
- Lightweight design (11kg)
- Simple electronic control
- Long brush Life
- Interchangeable Shaft
- Rugged Construction
- CE Marked
- Ip20 rating
- Available from 12 to 110v
- Speed proportional to voltage

**Typical Technical Data Curve :**

**Data from LEM-200/127 (48V)**



**IMPORTANT:** Any model of the LEM-200 can be made up into the **2X2 version**. This is 2 motors married together on a single shaft see 2X2 installation drawing for details on our [website](#)



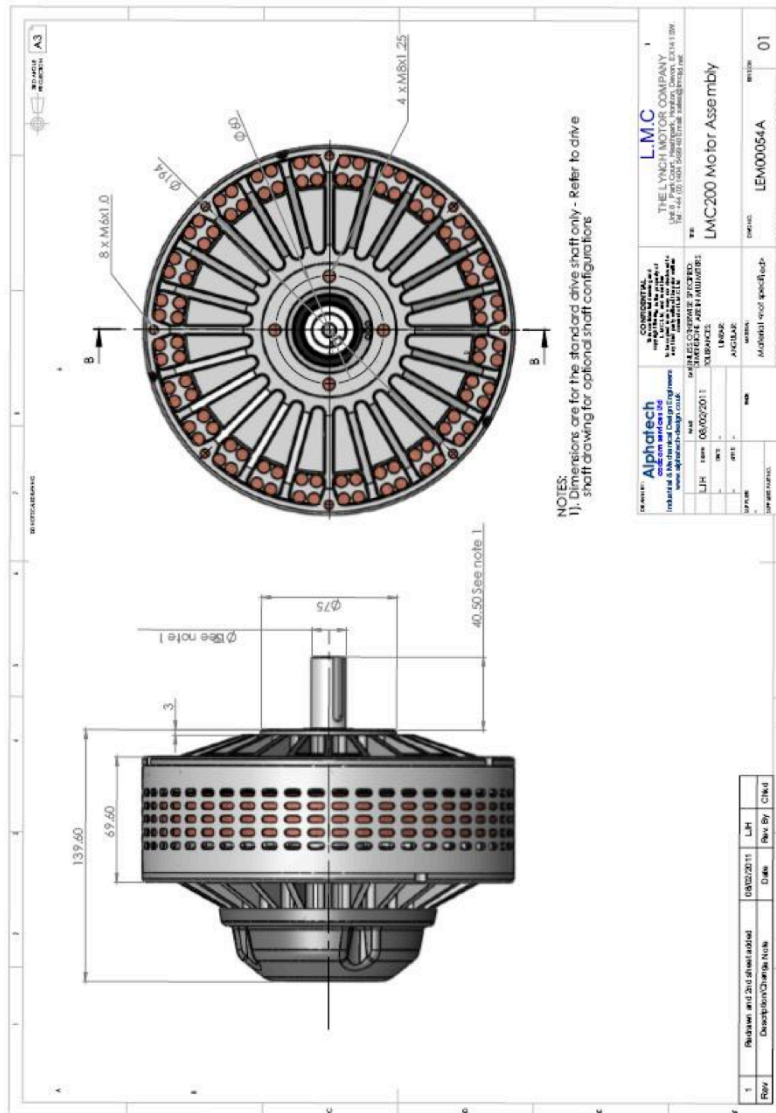
Forts. V01 – Brosjyre fra motorprodusent



Motors

Technical Data:

Motor	No Load Current	Torque Constant	Speed Constant	Armature Resistance DC	Armature inductance @ 15kHz	Armature Inertia	Peak Power	Peak Efficiency	Peak Current	Rated Power	Rated Speed	Rated Voltage	Rated Current	Rated Torque
	A	Nm/A	Rpm/V	mΩ	μH	Kgm*2	kW	%	A	kW	Rpm	V	A	Nm
95	6	0.113	81	21.5	22	0.0238	18	92	400	6	3888	48	175	19
126	10	0.0737	105	175	6	0.0234	7.59	83	400	5.06	2520	24	270	19.2
127	5	0.15	54	22.5	23	0.0236	16.08	89	400	8.55	2592	48	215	31.5
D95B	6	0.14	76	20.5	11	0.0238	28.50	92	400	15.00	6000	72	200	30.0
D126	5	0.0748	100	138	5	0.0234	11.14	81	400	6.91	3600	36	250	18.3
D127	4	0.17	50	17.5	13	0.0236	25.38	92	400	12.56	3600	72	200	33.3
D135	3.5	0.185	45	16.75	16	0.0236	29.04	93	400	14.39	3780	84	200	36.4
D135 RAG	7.36	0.207	42	16.95	16	0.0238	34.32	93	400	16.84	4032	96	200	39.9
D135 RAGS	7.45	0.21	40	16.95	16	0.0238	36.00	93	400	18.00	4400	110	200	42.0



www.lmc.com sales@lmc.com  
Unit 8 Park Court, Heathpark, Honiton, Devon, EX14 1SW.  
Tel: +44 (0)1404 549940 Fax: +44 (0)1404 549546

**LMCLtd**  
Generating Movement Efficiently

ISO 9001  
ISO 14001

V02 – Datablad for motor



**130 Table**

Motor	No Load Current A	Torque Constant Nm/A	Speed Constant Rpm/V	Armature Resistance DC mΩ	Armature Inductance @ 15kHz μH	Armature Inertia Kgm <sup>2</sup>	Peak Power kW	Peak Efficiency %	Peak Current A	Rated Power kW	Rated Speed Rpm	Rated Voltage V	Rated Current A	Rated Torque Nm
95	6	0.0631	138	32.5	14	0.0116	3	82	100	2.27	4968	36	75	4.35
95S	6	0.0631	138	32.5	14	0.0117	4	87	100	3.02	6624	48	75	4.35

**170 Table**

Motor	No Load Current A	Torque Constant Nm/A	Speed Constant Rpm/V	Armature Resistance DC mΩ	Armature Inductance @ 15kHz μH	Armature Inertia Kgm <sup>2</sup>	Peak Power kW	Peak Efficiency %	Peak Current A	Rated Power kW	Rated Speed Rpm	Rated Voltage V	Rated Current A	Rated Torque Nm
126	18	0.055	140	185	8	0.0234	7	76	400	4.30	3360	24	240	12.2
127	5	0.12	68	24	23	0.0236	16	88	400	5.54	3264	48	140	16.2
D127	4	0.134	62	21	15	0.0236	21	88	400	7.10	3720	60	140	18.2

**200 Table**

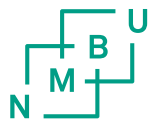
Motor	No Load Current A	Torque Constant Nm/A	Speed Constant Rpm/V	Armature Resistance DC mΩ	Armature Inductance @ 15kHz μH	Armature Inertia Kgm <sup>2</sup>	Peak Power kW	Peak Efficiency %	Peak Current A	Rated Power kW	Rated Speed Rpm	Rated Voltage V	Rated Current A	Rated Torque Nm
95	6	0.113	76	21.5	22	0.0238	18	89	400	6	3200	48	175	19
126	10	0.0737	105	175	6	0.0234	7.59	83	400	5.06	2520	24	270	19.2
127	5	0.15	54	22.5	23	0.0236	16.08	88	400	8.55	2592	48	215	31.5
D95B	6	0.14	66	20.5	11	0.0238	28.50	91	400	15.00	6000	72	200	30.0
D126	5	0.0748	100	138	5	0.0234	11.14	81	400	6.91	3600	36	250	18.3
D127	4	0.17	50	17.5	13	0.0236	25.38	90	400	12.56	3600	72	200	33.3
D135	3.5	0.185	45	16.75	16	0.0236	29.04	90	400	14.39	3780	84	200	36.4
D135RAG	7.36	0.207	42	16.95	16	0.0238	34.32	91	400	16.84	4032	96	200	39.88
D135RAGS	7.45	0.21	40	16.95	16	0.0238	36.00	91	400	18.00	4400	110	200	42.00

Any model of the LEM-200 can be made up into the 2X2 version this is 2 motors married together on a single shaft see installation drawing for details

New V-twin model available for increased power, larger motor in development for mid 2012

Torque Output of Motor; J [Nm] = Kt [Nm/A] \* ( Current [A] - No Load Current [A] )

LMC reserves the right to change this information without prior notice



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
67 23 00 00  
[www.nmbu.no](http://www.nmbu.no)