

Design av helårs el-sykkel for miljøvennlig mobilitet

Henrik Sunde

Industrial Design Engineering

Innlevert: januar 2018

Hovedveileder: Jon Herman Rismoen, ID

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for design

Design av helårs el-sykkel for miljøvennlig mobilitet

Masteroppgave skrevet av Henrik Sunde
Høstsemesteret 2017
Institutt for design ved NTNU

Sammendrag

Bakgrunn

Selv om salget av el-sykler har økt kraftig i Norge de siste årene er andelen som benytter sykkel som primært transportmiddel uendret. På landsbasis er det i underkant av 5% av nordmenn som gjør dette; om vinteren faller andelen til 1.5%. Oppdragsgiver CityTrike AS utvikler et produkt som skal gjøre det mer attraktivt å velge sykkel året rundt. Dette skal gjøres ved å produsere en sykkel som reduserer effektene av to aspekter ved vintersykling: dårlig vær og glatte veier.

I samarbeid med designbyrået Hoos AS utvikler CityTrike en prototype av produktet per høsten 2017.

Mål

Målet med oppgaven er å videreutvikle prototypen i henhold til funksjonalitet, brukeropplevelse og produksjonskostnad.

Metode

Prosjektet er utført etter en designprosessmodell med analyse- og utviklingsfaser. I analysefasen dannes det innsikt relevant til oppgavens problemstilling som sykkelteknologi og brukererfaringer. Utviklingsfasen består blant annet av idégenerering, konseptutvikling og testing og evaluering. Det har vært en iterativ prosess der fasene i mer eller mindre grad har foregått parallelt.

Resultat

Resultatet av prosjektet er forslag til endringer som kan gjøres på prototypen utviklet i betraktning av målene gitt ovenfor. Dette inkluderer enklere rammekonstruksjon, hjuloppheng og drivlinje, ergonomisk seteposisjon, passasjer seter til to barn og plass til last eller bagasje.

Abstract

Background

Although the sale of electric bicycles has been booming in Norway these past years, growth in the usage of bicycles as primary mode of transport is stagnant. The national average is shy of 5%; in wintertime the number drops to 1.5%. The assignment is given by CityTrike AS who is developing a product aiming to make the bicycle a more enticing choice no matter the season.

CityTrike is developing a prototype of this product in cooperation with the design studio Hoos AS in the autumn of 2017.

Goal

The goal of the project is to further develop the prototype in regards to functionality, user experience and production cost.

Method

The project has followed a design model comprised of insight and development phases. Insight is gathered to gain a better understanding of aspects pertaining to the task such as relevant technology and user experiences. The development phase consists among other things of idea creation, conceptualization and evaluation. This has been an iterative process where the phases have been conducted in varying degrees simultaneously.

Result

The project's results consist of suggestions of changes to be made to the prototype developed with the goals stated above in mind. This includes simplified a frame, suspension and powertrain, ergonomic seat position, passenger seats for two children and room for cargo or luggage.

Forord

Denne prosjektrapporten beskriver arbeidet gjort i sammenheng med en masteroppgave utført høsten 2017 ved Institutt for design ved NTNU.

Oppgaven er gjort i samarbeid med den Oslobaserte oppstartsbedriften CityTrike AS, der Ragnar Ek har vært bedriftskontakt. Jon Herman Rismoen ved NTNU har vært hovedveileder i prosjektet.

Jeg vil takke CityTrike og Hoos for samarbeidet og Jon Herman Rismoen for god veiledning. I tillegg vil jeg rekke en takk til de som har deltatt i samtaler, intervjuer og brukerundersøkelser.

Innhold

Sammendrag	2
Abstract	3
Forord	5

Introduksjon

Bakgrunn	10
Oppgavetekst	12
El-sykkelen	14

Analyse

Reglement	18
Test av el-sykkel	20
Komponenter	21
Produktanalyse	25
Lignende produkter	26
Bruksscenario	29
Bruksomgivelser	30
Brukere	32
Forhandlere	35
Seteposisjon	37
Styreposisjon	38
Kravspesifikasjon	39

Utvikling

Setekonfigurasjon	42
Karosseri	43
Ramme	55

Resultat

Funksjoner	64
Komponenter	66
Design	68

Evaluering

Konklusjon	72
Evaluering	73
Veien videre	74
Referanser	76
Vedlegg	78



Introduksjon



Bakgrunn

Siden el-sykkene kom på markedet har salget hatt en voldsom vekst; i 2016 ble det solgt 60% flere sykler enn året før og i 2017 ventes en dobling (Valle, 2017). Selv om andelen reiser som tas med sykkel fremdeles er lav, viser forskning at bruk av el-sykler øker antall reiser og reiselengde betraktelig (Fyhri & Fearnley, 2015). Lavest sykkelandel er det på vinteren når ned mot 1,5% av reiser gjøres med sykkel (Hjorthol, Engebretsen, & Uteng, 2014). I dette prosjektet skal det utvikles et produkt som gjør det attraktivt å velge sykkel året rundt.

Oppdragsgiver

Oppgaven utføres i samarbeid med CityTrike AS. Dette er en bedrift basert i Oslo som startet opp i 2016 og har to ansatte. Siden oppstarten har CityTrike utviklet konsepter av en overbygget el-sykkel med plass til barn som passasjerer og mulighet til transpost av for eksempel dagligvarer. Bedriften har fått støtte fra Innovasjon Norge og har inngått intensjonsavtaler med potensielle kunder. For å utvikle konseptet til et ferdig produkt har CityTrike inngått samarbeid med designbyrået Hoos AS som også holder til i Oslo. Arbeid med bygging av en prototype av produktet pågår.

Produktet

Produktet som utvikles av Hoos AS er en el-sykkel med fire hjul og overbygg som gir beskyttelse for været. I motsetning til en tradisjonell sykkel har den en tilbakeleent sittestilling lik den i en bil. Bak setet til sjåføren er det passasjer seter til barn. På sykkelens tak er det montert solcellepanel for alternativ lading av batteriene.

De som bor i byer og urbane strøk sykler mest, og det er på disse kundegruppene CityTrike fokuserer. Et sentralt konsept er at produktet skal inngå i en delingspool der tilgang følger leie eller eierskap av bolig.





Tidlig konseptmodell utviklet for CityTrike før samarbeidet med Hoos.

Oppgavetekst



Masteroppgave for student Henrik Sunde

Design av helårs el-sykkel for miljøvennlig mobilitet Design of all-weather electric bicycle for green mobility

Dagens økende urbanisering fører til endringer i våre transportmønster og behov. Et skifte til mer energieffektive fremkomstmidler vil ha positive effekter for miljøet, samt menneskers helse og økonomi. CityTrike AS utvikler et produkt som posisjonerer seg i markedet mellom sykkel og bil.

I dette prosjektet skal det utvikles en el-sykkel med værbeskyttelse som gjør den gunstig for helårsbruk, primært tilsiktet urbane områder. Arbeidet baseres på en prototype som skal videreutvikles. Målet med oppgaven er å optimalisere og utvikle prototypen til et konkurransedyktig produkt som er attraktivt med tanke på funksjon, designuttrykk og pris.

Prosjektets arbeidsoppgaver som ivaretar det ovennevnte målet inkluderer blant annet:

- Analyse av relevante eksisterende produkter på markedet
- Konseptutvikling
- Testing og evaluering
- Utvikle CAD-modell som illustrerer endelig resultat

Oppgaven utføres etter ”Retningslinjer for masteroppgaver i Industriell design”.

Ansvarlig faglærer (hovedveileder IPD): Marikken Høiseth

Faglig veileder: Jon Herman Rismoen
Bedriftskontakt: Ragnar Ek, CityTrike AS

Utleveringsdato: 25.08.17
Innleveringsfrist: 18.01.18


Jon Herman Rismoen
Faglig veileder

Trondheim, NTNU, 25.08.17


Ole Andreas Alsos
Instituttleder

El-sykkelen

De første syklene med elektrisk motor ble oppfunnet på slutten av 1800-tallet og er nesten like gamle som sykkelens selv (Morchin & Oman, 2006). Siden den gang har flere varianter basert på ulike prinsipper blitt designet. I dag er el-sykkelen et populært transportmiddel i flere land som Nederland og Kina.

Fordelene med el-sykler er flerfoldige. Fra syklistenes perspektiv kan en sykle lengre og raskere samtidig som en bruker mindre energi. Energibruk har også miljøeffekter; el-sykkelen er det mest energieffektive transportmiddelet som finnes (Morchin & Oman, 2006).

Felles for syklene er en batteridrevet elektrisk motor som, men hvordan den brukes varierer. Noen sykler gir kun assistanse fra motoren når pedalene er i bruk, mens andre har "gasspedaler" som styrer motorkraft uavhengig av brukerkraft. De førstnevnte kalles ofte "pedelecs" og er den eneste typen som er tillatt registrert som sykler i Norge og EU.

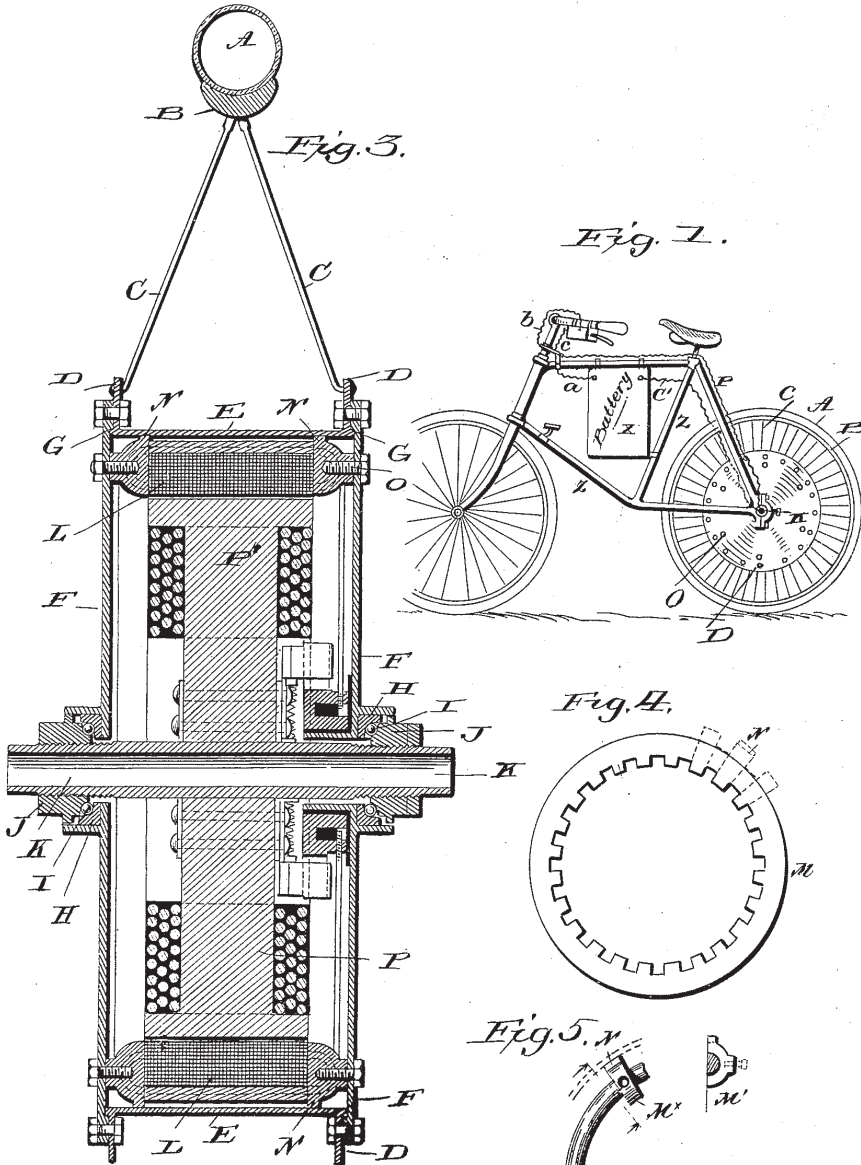
(No Model.)

3 Sheets—Sheet 1.

O. BOLTON, Jr.
ELECTRICAL BICYCLE.

No. 552,271.

Patented Dec. 31, 1895.



Witnesses:
L. C. Hills
W. S. Vauclan

Inventor:
Ogden Bolton Jr.
 by *Franklin H. Hough*
Att'y.

Den første el-sykkelen ble patentert av Ogden Bolton (1895).



Analyse

Dette kapitlet beskriver arbeidet gjort for å samle inn informasjon som danner grunnlaget for videre arbeid. Underkaptitlene konkluderes med implikasjoner for utviklingen av produktet.

Reglement

Reglementet for el-sykler er det samme som gjelder for tradisjonelle sykler, i tillegg til ekstra krav knyttet til motoren. Reglene som regulerer bruk av el-sykler i Norge er tilsvarende de lover som er fastsatt av EU. Det er brukers ansvar at disse reglene følges. Sykler som overskrider spesifikasjonene må registreres som el-moped og kan derfor ikke benyttes på stier og sykkelveier. Følgende er lovfestet i Forskrift om krav til sykkel (1990).

Krav til sykler

- Sykkelen skal være trygg og sikker i bruk.
- Det er krav til tydelig merket fabrikkasjonsnummer.

- Minst to bremses, en på hvert hjul.
- Bremsene skal kunne betjenes uavhengig av hverandre og må kunne brukes med begge hendene på styret.

- Rød refleks skal være montert bak og hvit eller gul refleks på begge sider av pedalene eller pedalarmene.
- I mørket eller ved dårlig sikt skal det være montert hvitt eller gult lys i front og rødt lys bak. Disse kan være blinkende.
- Lyktene skal kunne sees på 300 meter avstand. Blinkende lys skal skal blinke minst 120 ganger i minuttet.

- Ringeklokke skal være montert. Andre varsel er ikke tillatt.

Krav til el-sykler

- Motor kan ikke ha høyere nominell effekt enn 250 W
 - 500 W for sykler med tre eller flere hjul eller flere sitteplasser (Vedtak av Vegdirektoratet (Statens vegvesen, 2016))
- Motorassistanse opptil 25 km/t
 - Motorassistanse kun når syklisten veiver pedalene
 - Oppstartshjelp opptil 6 km/t



Thule Chariot Corsair

Barnesete

For sykler generelt kan en frakte to barn under 6 år eller ett barn under 10 år. Når det brukes barnesete skal barnet ha nakkestøtte, sikring og belte. Hvis sykkeltilhenger brukes kan to barn under 6 år eller ett barn uavhengig av alder fraktes.

For sykler med flere integrerte sitteplasser er lovverket åpnere. For kjøretøy som ikke er registreringspliktige er det opp til fabrikanten å beskrive antall seter. Barn må kunne sikres. Dette er lovfestet i Forskrift om bruk av kjøretøy (1990, § 3-1).

Implikasjoner

Den doblede tillatte motoreffekten som følge av flere hjul eller sitteplasser er svært gunstig med tanke på sykkelens økte vekt.

Flere av punktene legger ansvaret på syklisten. Det er tillatt å selge sykler uten lykter, men siden ettermarked-lykter har festeanordninger tilpasset tradisjonelle sykler må sykkelens leveres med monterte lykter.



Haibike Sduro Trekking RC

Test av el-sykkel

For å bedre forstå opplevelsen ved bruken av el-sykler ble en testet. En Haibike Sduro Trekking RC ble lånt fra Sportsbua i Trondheim og testet fra 14. til 17. september. Under testen ble sykkelen for det meste brukt på asfalterte veier. Ytelse i oppoverbakke var sentral i testen. Sykkelen har en 250 W krankmotor fra Yamaha montert i en tilpasset sykkelramme. Koblet til motoren er et 20 gir Shimano avhoppsgir.

Implikasjoner

El-motoren gjør det mulig å sykle sittende opp bratte bakker som Brubakken i Trondheim. Dette er viktig fordi med en tilbakeleant sittestilling kan en ikke oppnå mer kraft ved å reise seg. På grunn av motorens dreiemoment kan girskifte oppleves som ubehagelig når pedalene trås. Samtidig kan dette øke slitasjen på girsystemet. Et trinnløst girsystem vil ikke ha dette problemet.

Komponenter

Sykler er bygget på en rekke ulike deler og el-sykler har enda flere. Dette delkapitlet beskriver mulige valg for de forskjellige komponentene.



Navmotor



Krankmotor

Motor

Motoren er el-sykkelens mest karakteristiske komponent. Størsteparten av motorene til salgs kan deles i to hovedgrupper; motorer montert i nav på hjulet og motorer montert i bunnbraketten ved kranken. En krankmotor roterer kranken sammen med pedalene mens en motor montert i navet roterer hjulet direkte. En annen type motor roterer hjulene ved bruk av friksjonsruller på hjulets dekk eller felg, men disse er lite utbredt.

Dette gir krankmotoren muligheten til å utnytte sykkelens girsystem, noe som blant annet øker sykkelens evne til å klatre i motbakke betraktelig. I "riktig" gir kan motoren rotere med mest effektiv hastighet og dermed yte optimal effekt. I tillegg vil en krankmotor gi gunstigere vektfordeling enn en navmotor (montert på en tradisjonell sykkel). Til gjengjeld er krankmotorer mer komplekse og derfor ofte dyrere. Produsenter som Bosch og Yamaha har lenge produsert slike enheter, men i senere år har rimeligere kinesiske motorer kommet på markedet og populariteten har økt.

Navmotorer erstatter og fungerer som hjulets nav. Disse monteres oftest på bakhjulet men kan også benyttes fremme eller på begge hjulene. Fordelene med denne typen motor er lavere pris og bedre utvalg, spesielt for hjemmebyggere.

Motorens hastighet styres ved hjelp av kontrollere montert på sykkelens styre eller ved å måle syklistens aktivitet. For å gjøre dette benyttes sensorer som måler hjulhastighet, syklistens veivehastighet eller dreiemoment. De mest sofistikerte systemene bruker flere av disse målingene for å gjøre opplevelsen av motorassistansen intuitiv og naturlig. Når sykkelen når fartsgrensen (25 km/t i Norge og EU) slås motoren av.

El-sykkelmotorer selges med oppgitt effekt på opptil flere tusen watt. Dette tallet beskriver nominell effekt og er det motoren kan yte kontinuerlig under spesifikasjonene. Maksimal ytelse er ofte høyere i kortere perioder. Motkrefte for fremdrift er rullemotstand, luftmotstand og gravitasjon (klatring). For å finne hvor sterk motor som kreves må effekten for å overkomme disse kreftene estimeres.

For prototypen under utvikling estimeres 350 W effekt for å sykle i 25 km/t på flat mark. Dette forutsetter en total vekt på 155 kg og 3 m/s motvind. Ved 20% stigning (Brubakken i Trondheim på sitt bratteste) kreves 2434 W i 25 km/t og 900 W i 10 km/t (Vedlegg 1). En syklists ytelse varierer blant annet med alder, kjønn og fysisk form. En "frisk mann" yter maksimalt kontinuerlig 300 W i 5 minutt og 200 W i 60 minutt (Wilson, 2004).

Gir

Gir gjør det mulig å utnytte effekten fra motor og muskler på mest mulig effektiv måte. Riktig gir er viktig for å oppnå høyest hastighet med lavest energibruk. Det er to typer gir, avhoppsgir og navgir, der førstnevne er vanligst. Avhoppsgir har høyest girforhold men krever mer vedlikehold. Navgir er montert i hjulets nav og har ingen ytre deler noe som gjør det vedlikeholdsfritt. De har ofte 3, 5 eller 8 gir. Med navgir har en også muligheten til å bruk remdrift i stedet for kjede, som videre reduserer behovet for vedlikehold. Trinnløst navgir har også kommet på markedet.

Formler

Formel for påkrevd effekt for å klatre oppoverbakker er $P = 9.81Mv_gG$, der M er total masse, v_g er hastighet og G er stigningsgraden.

Formel for luftmotstand er $R = C_d \rho A v_r^2 / 2$, der C_d er luftmotstandskoeffisienten, A er overflateareal, ρ er lufttetthet og v_r hastighet. Koeffisienten beskriver hvor strømlinjeforment den samlede geometriske formen til sykkel og syklist er. Lufttetthet settes ved 15 moh.

Formel for rullemotstand er $P = 9.81C_r M v_g$. C_r , rullemotstandskoeffisienten, har en gjennomsnittsverdi lik 0.007.

(Morchin & Oman, 2006)



Avhoppsgir



Navgir

Hjul

Hjulene er en av de mest sentrale komponentene i sykkel-design, og er kanskje det visuelle elementet som i høyest grad identifiserer produktet som en sykkel. Det er flere aspekter ved hjulene som må tas hensyn til når en sykkel skal designes.

Antall

Kommersielle sykler bygges med ett til fire hjul. Siden flere hjul fører til høyere stabilitet, er det i dette prosjektet aktuelt med tre eller flere hjul. Den nært beslektede velomobilen har ofte tre hjul og kan brukes til å illustrere fordeler og ulemper med tre eller fire hjul.

Kolibay og Neuss (1) beskriver disse forskjellene. Fire hjul gir bedre stabilitet, spesielt i svinger, samt bedre veigrep på grus og glatt føre. På den andre siden vil et ekstra hjul øke rullemotstanden og kompleksitet i designet. Kolibay og Neuss konkluderer med at hvis fokus er sikkerhet er fire hjul ideelt. Hvis det brukes to hjul fremme og ett bak bør det benyttes krenkning for å oppnå best mulig stabilitet.

Når et kjøretøy med flere hjulspor svinger må de indre hjulene rotere saktere enn de ytre for å unngå skrensing. Dette er et problem som oftest løses med en differensial. Samagaga produserer differensialer ment til trehjulssykler som kan benyttes. Et annet alternativ er å drive kun ett hjul. I dette tilfellet vil sykkelen ofte trekke mot en side, spesielt når en trækker hardt.

Størrelse

De to aktuelle størrelsene er 20" og 24", eller 406 mm og 507 mm. Størrelsen på hjulet kan også påvirke høyden på sykkelen da navet er høyere over bakken. Mindre hjul krever mindre energi for å rotere men har til gjengjeld høyere rullemotstand. Disse små variasjonene sees bort i fra. 406 mm er mer populær enn 507 mm og er derfor enklere å finne butikkene.

Nav og eiker

Hjulene festes fra én side og derfor vil hjul med vanlig nav ikke kunne brukes. Eikene kan være standard i metall eller bygget i som én del med navet og felgen.

Batteri

Batterier brukt i el-sykler varierer blant annet i spenning, kapasitet, vekt og levetid. Det er flere typer batterier basert på ulike kjemi som blysyrebatterier og nikkell-metallhydridbatterier. Den mest brukte typen i dag er basert på lithium.

Lithium-batterier består av titalls battericeller koblet i serie or parallell for å nå ønsket spenning og kapasitet (amperetimer) for å nå mål for effekt og rekkevidde.

Eksempel på batterikapasitet

Spenning (motor): 48 V

Hastighet: 25 km/h

Rekkevidde: 50 km

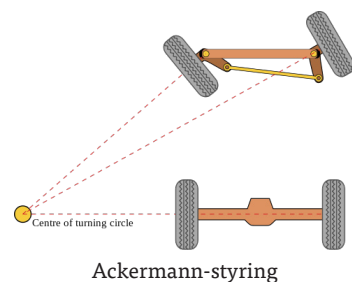
Gjennomsnittseffekt: 600 W - 150 W (bruker) = 450 W

For å oppnå 50 km rekkevidde i dette eksempelet trenges det et batteri med 18,75 Ah kapasitet.

Gjennomsnittseffekten er estimert effekt ved 25 km/t med 3 m/s i motvindi kupert terreng (Vedlegg 1).

Styremekanisme

Med to hjul i front må hjulene svinge ulikt for å ikke skrense. Dette problemet løses med en styremekanisme kalt Ackermann-geometri.



Produktanalyse

Per høsten 2017 arbeider Hoos AS med utvikling av en prototype av produktet. Prosjektet beskrevet i denne rapporten baseres på status i utviklingen den 10. oktober 2017. Denne vil heretter bli referert til som "prototypen".

Den har et karosseri som dekker hele sykkelen utenom sidene. Dette er bygget på en omfattende ramme i stål. Sykkelen har ett passasjer sete bakerst, men sete til syklist er ikke ferdig. Styret har flere håndposisjoner og kan håndteres som et sykkelstyre eller et ratt. Styremekanismen har flere ledd som kompliserer konstruksjonen. Sykkelen har også et dashbord.

Motoren er en 500 W enhet fra Bafang som er koblet til et trinnløst NuVinci girsystem med belter i to ledd. Giret er montert mellom bakhjulene og koblet til dem med universalledd for å kompensere for støtdemping. Alle hjulene bruker et kompleks hjuloppheng med "double wishbone suspension". Felgen til hjulene er spesiellagd i en aluminumslegering. Størrelsen på hjulene er 20".

Sykkelen måler 2258 mm i lengden, 1547 mm i høyden og 843 mm i bredden. Akselavstanden er 1550 mm. Bredden til karosseriet er mellom 521 mm og 677 mm.

Illustrasjon kan ikke gjengis grunnet konfidensialitetsavtale.

Implikasjoner

Designet har noen komplekse og kostbare løsninger som kan ha forenklingspotensiale. Eksempler på dette er rammen, hjuloppheng og styremekanismen.

Dimensjonene vil bli tatt videre som et grunnlag men kan justeres hvis nødvendig. Setet som CityTrike utvikler vil bli brukt, derfor vil utvikling av sete ikke bli en del av oppgaven.

Lignende produkter

Relevante konkurrenter er produkter i markedsnisjen mellom sykkelen og bilen. Dette er el-sykler med overbygg for værbeskyttelse de fleste har mulighet til å frakte passasjerer eller annen last.

Dette er et nytt markedssegment og produktene har ulik grad av industrialisering. Noen av de nevnte er i salg, men ingen i masseproduksjon. Andre er på prototypestatiet. I tillegg finnes et utall konseptmodeller.

Egenskaper

Værbeskyttelse

Alle syklene har overbygg, men graden varierer fra en minimal skjerm til full innskjerming. I disse tilfellene er de mest tildekte syklene de som er nærmest bilen i utseende. PodBike er ett eksempel som er heldekkende. Sykler som Velometro Veemo, ELF og PEBL er i stor grad tildekket med unntak av åpninger på sidene. Med helt et innelukket karosseri er dugg et større problem.

Bagasje- og sitteplass

Antall mulige passasjer og bagasjeløsninger skiller også produktene. De enkleste fokuserer på pendling mens andre rommer opptil to barn eller 12 bærepøser. Noen har bagasjerom med luke lik en bil. Schaeffler Bio-Hybrid har ingen passasjer seter og et lite bagasjerom.

Hjuloppsett

Syklene har fra to til fire hjul, der to hjul fremme og ett bak er vanligst. Produsenten av PodBike valgte fire hjul fordi det gir bedre stabilitet på bekostning av kompleksitet. Reglement spiller også inn på valg av antall hjul; i følge amerikansk lov kan kjøretøy registrert som sykler ikke ha flere enn tre hjul.

Sittestilling

De fleste syklene har en sittestilling lik den i en bil. I PodBike ligger man som i en liggesykkel eller velomobil. Virtue Pedalist har en oppreist sittestilling som en tradisjonell sykkel. Sttestillingen påvirker designet, spesielt høyden. Høyere sittestilling gir også bedre oversikt i trafikken.



Schaeffler Bio-Hybrid



ELF



PodBike



Velometro Veemo



PEBL



Virtue Pedalist

Utforming og konstruksjon

Syklenes formspråk bærer preg av ulik grad av industrialisert design. Schaeffler Bio-Hybrid og PodBike har i stor grad et helhetlig og høyteknologisk design. Dette står i kontrast til PEBL og ELF som er bygget på relativt enkle paneler i plast og ekponert rammeverk.

Flere av syklene har karosseri som etterligner biler i egenskaper og linjer. Eksempler på dette er takstolper, hjulbrønner, bakluker og lamper. Schaeffler Bio-Hybrid skiller seg ut med sitt minimalistiske design.

PEBL og ELF har rammer laget av sveisede hulprofiler i ubehandlet aluminium. PodBikes ramme er også laget i aluminium, men i større grad i form av plater og paneler. Virtue Pedalists ramme er konstruert av stålrør lik en tradisjonell sykkelramme.

Drivverk

Syklene bruker forskjellige metoder for elektrisk fremdrift. Som beskrevet tidligere er det flere typer motorer som blir brukt på ulike måter. Virtue Pedalist og PEBL benytter krankmotorer, men kun på Pedalist er den montert i kranken. PEBL har en løsning der motoren er montert nærmere hjulet og er koblet til kranken med et kjede. Også navmotorer blir brukt, blant annet av ELF og PodBike. På førstnevnte er ikke motoren plassert i navet, men er koblet til girsystemet og fungerer dermed lik en krankmotor. PodBike har en mer kompleks løsning som benytter én navmotor for hvert bakhjul. Disse er ikke mekanisk koblet til pedalene. I stedet driver pedalene en elektrisk generator som sammen med batteriet leverer strøm til motorene. Med denne løsningen er en differensial unødvendig, fordi motorene kan rotere uavhengig av hverandre.

Motorenes effekt avhenger av gjeldende lover og regler. De sterkeste motorene har en nominell effekt på 750 W. Hvordan motorene kan brukes er også regulert. Sykler myntet på det europeiske markedet kan kun gi assistanse når brukeren trækker. De amerikanske leveres med "gasspedal" som kan opereres fritt. Når det gjelder gir er navgir normen, med tre eller åtte gir. Trinnløst gir blir også brukt.

Batteriene som brukes er stort sett lithium-ion-varianter. Spenning og kapasitet varierer, men de fleste produsentene oppgir rekkevidder på 50-75 km. Noen tilbyr også muligheten til å installere flere batteripakker samtidig.

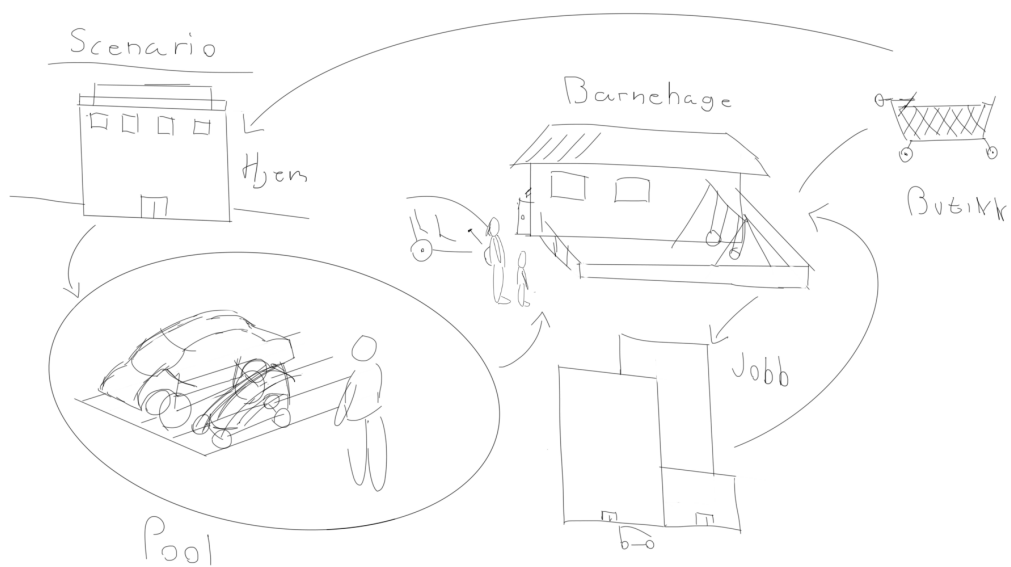
Implikasjoner

Markedsposisjon

Produktet skal posisjonere seg i markedet nærmere sykkelen enn bilen. Av utvalgte konkurrenter er det Schafflers Bio-Hybrid som er minner mest om en sykkel. Den har minimalt med værbeskyttelse og tydelig synlige pedaler og sykkelstyre. Hjulbrønner er karakteristiske trekk på mange av produktene som bidrar til et bilpreg. Fire av syklene har også vindusstolper.

Grad av industrialisering

Flere av konkurrentene i dette segmentet er lav-volum produktet som bærer preg av lavere grad av industrialisering. Dette inntrykket skapes blant annet av ubehandlede aluminiumsrammer og bruk av statiske flater. Målet er å unngå et sliks uttrykk.



Bruksscenario

Sykkelen skal primært brukes som en del av en mobilitetspool i boligkomplekser. Tiltente bruksområder er pendling til og fra jobb, barnehage og dagligvarebutikker.

Implikasjoner

Når produktet er en del av en pool legger det andre føringer for designet enn hvis det var et privateid produkt. Det kan for eksempel være høyere krav til holdbarhet og nivå av vidlikehold som trengs.



Sykkelfelt i Klæbuveien

Bruksomgivelser

Produktets primære bruksområde er urbane omgivelser. Dette betyr bruk av asfalterte veier og sykkelfelt men også gruslagte stier. Bruksområdet setter krav til designet og hensyn må tas til de en deler veien med.

Implikasjoner

På grunn av sykkelens størrelse er et design som ikke virker aggressivt sentralt for å bidra til aksept i sykkelfeltet.

Et av selgepunktene for produktet er bruk om vinteren. Siden sykler trenger ekstra vedlikehold er løsninger som bidrar til enklere vedlikehold sentrale.

Brukere

For å få bedre innsikt i potensielle brukeres erfaringer og tanker ble en brukerundersøkelse gjennomført. Bruksmønster og hva brukerne verdsatte mest ble vektlagt

Disse er brukere av el-sykler med transportkasser eller barneseter med to eller tre hjul; sykler som nærmest deler egenskaper med produktet som utvikles. Frem brukere ble kontaktet ved å henge forespørsler på sykler parkert ved NTNU Gløshaugen. I tillegg ble én bruker av liggesykler kontaktet direkte. Undersøkelsen ble utført gjennom møter, telefonsamtaler og e-post. Svarene er anonymiserte.

Mette, 36

Mette har en Butchers & Bicycles MK1-E. Dette er en el-sykkel med tre hjul som krenger i svingene. Denne varianten har en kasse i front med kalesje som har plass til to barn. Sykkelen har en krankmotor fra Bosch og et trinnløst navgir.

Mette bruker til vanlig sykkelen til og fra jobb samtidig som hun leverer barn i barnehage. Sykkelen blir også brukt til handling, turer inn til sentrum og lengre turer med familien.

Mette er fornøyd med sykkelen og påpeker hvordan den forbedrer rekkevidde og mobilitet i hverdagen; i motsetning til en vanlig sykkel blir en ikke svett, og det er enklere å finne parkering enn med en bil. Den gode værbeskyttelsen gjør at å ta med barn trenger mindre forberedelser. Opp bratte bakker med last oppleves sykkel som tung.

God kontakt med passasjerene utpekes som det mest sentrale aspektet ved sykkelen. Her har syklisten god mulighet til å kommunisere med barna og har god oversikt over hvordan de har det. Andre nevnte punkt er trygghet, kontroll og enkelt vedlikehold. Forslag til forbedringer er enklere støtte, enklere tilgang til batteri og speil.



Butchers & Bicycles MK1-E



Riese & Müller Packster 60

Sverre, 41

Sverre har en Riese & Müller Packster 60. I likhet med Butcher & Bicycles-modellen er dette også en lastesykkel med mulighet for ulike kasser. Packster har to hjul og styret i midten av sykkelen. Lastekassen er plassert mellom framhjulet og styret.

En sykkel med to hjul ble valgt grunnet enklere manøvrering, spesielt opp fortauskanter. Sykkelen blir brukt til og fra jobb og levering i barnehage. For det sistnevnte bruksscenarioet oppleves kalesjen som lav, spesielt når barnet bruker hjelm. På den andre siden gir den lave kalesjen god oversikt. Enkelt vedlikehold fremheves som viktig, og da spesielt på vinterstid; sykkelen har trinnløst gir og remdrift som hjelper på dette. Sikkerhet er et annet aspekt som trekkes frem, der gode bremses er nevnt som bidragsyter. For ytterligere trygghet kunne Sverre tenke seg å ha blinklys.

Tiril, 44 år

Tiril og mannen har syklet på el-sykler i flere år og har byttet ut begge bilene med el-sykler. De bruker syklene til og fra jobb, levering av barn på skole og handling. De har tidligere brukt sykkelvogn. En av syklene er en tohjulet longtail med kasse foran og brett bak med plass til passasjerer. Den andre sykkelen er en trehjuling med kasse og kalesje.

Sammenlignet med bruk av sykkelvogn gir syklene en bedre opplevelse, blant annet på grunn av kontakt med barna og enklere manøvrering i trafikken. På den andre siden er syklene større og tyngre, noe som kan by på problemer på for sykkelstier. Tiril fortalte om en gang hun trengte hjelp for å komme seg over en brøytekanal. Hun nevner også at sykkelen blir tung ved mye last (for eksempel flere poser dagligvarer) og påpeker viktigheten av lav vekt og en kraftig motor. Siden syklene brukes av mer enn en person, er det viktig at de enkelt lar seg justere. Aspekter ved vedlikehold er materialvalg, kjederust og bytte til av sommer- og vinterdekk.

Når barn skal være med nevnes fotstøtte, dobbel sykkelstøtte som viktig. På sykkelen med kalesje nevnes det at den for lav.

Julie, 38

Julie har en Riese & Müller Load med kalesje til barnesettene. Sykkelen brukes daglig til og fra jobb og for å levere to barn i barnehage. Julie og mannen har tidligere brukt sykkeltilhenger.

God kontakt med barna er en stor fordel mot å bruke sykkelvogn. Sykkelen oppleves tryggere i trafikken og kan holde en høyere hastighet. I tillegg synes barna det er artigere å sitte foran. Å få barna til å ønske å sykle i stedet for å kjøre bil var en av hovedgrunnene til kjøp av sykkelen.

Siden sykkelen har to hjul og er kompakt kommer den opp i høy fart. Da er det spesielt viktig med gode seler for barna. Sykkelen er tung, og med to hjul oppleves den som vanskelig å balansere. På grunn av dette er hun tvilende angående vinterbruk. Dette er forverret ved at fronthjulet ikke har standardstørrelse og vinterdekk er derfor vanskelig å finne.

Selv om kassen sitter lav har den en høy kant som gjør at barn og last må løftes høyt. Sitteplassene er enkle og tilbyr lite komfort. Den rette ryggen gjør det vanskelig å sove. Plass til bagasje som ryggsekker er også savnet.

Camilla, 32

Camilla og mannen har en Riese & Müller Load i tillegg til en vanlig el-sykkel og bil. Sykkelen blir brukt hver dag til jobb og barnehage. Den brukes også til handling men til ukentlig dagligvarehandel brukes bilen da posene må stables for å få plass i sykkelen.

Førsteprioritet for Cecilie er å kunne kommunisere med barna og ha oversikt over dem. Solide fempunktsseler med individuelle justeringsmuligheter er en annen grunn til at sykkelen ble valgt. Setene er trukket, men disse er vanskelige å ta av for vask og blir for kalde om vinteren. Kalesjen kunne hatt bedre festemekanismer og være enklere å ta av og på. Støtten er dobbel og gjør at sykkelen står helt i ro når barn og varer skal løftes inn.

En tohjuling ble valgt fordi den er smalere. I trafikken med til deler smale sykkelfelt føles dette tryggere da en kan holde større avstand til bilene. Gode hydrauliske bremses



Riese & Müller Load



Liggesykel

som gir kort stopplengde bidrar også til sikkerhet. Sykkelen har også et ettermontert speil. Siden sykkelen regelmessig benyttes av både Camilla og mannen settes det pris på at sete og styre enkelt kan justeres.

Terje, 65

Terje er en ivrig tilhenger av liggesykler og bruker en daglig til jobb. Liggesyklens sittestilling byr på utfordringer som at man ikke klarer å snu seg for å se bak og at en blir mindre synlig i trafikken. De

Implikasjoner

Stabilitet og trygghet samt oversikt og kommunikasjon med passasjerene er de mest sentrale aspektene. Antall hjul, dobbel støtte bidrar til det førstnevnte. Videre er god plass til barn og bagasje viktig. Flere brukere sier også at enkelt vedlikehold er viktig for dem der flere velger systemet med remdrift navgir. Enkelt justerbart sete og styre er også viktig.

Forhandlere

I tillegg til brukere ble forhandlere av el-sykler og lastesykler i Trondheim kontaktet. Disse har god innsikt i hva kundene kundene etterspør og verdsatt samt erfaring med produktene. Tre forhandlere stilte opp på møter.



Trondheim Elsykkel

Trondheim Elsykkel er en spesialbutikk for el-sykler beliggende i Midtbyen i Trondheim. Butikken har eget verksted og fører lastesykler samt vanlige el-sykler. Butchers & Bicycles og Riese & Müller er en del av sortimentet.

I følge ansatte er er 95% av kundene av lastesykler familier som bruker sykkelen sammen med barna og bytter gjerne ut en av bilene. Disse kundene er opptatt av stabilitet og sikkerhet samt romslig kasse med god høyde under kalesjen.

Vekt nevnes som et viktig punkt i designet av en slik sykkel. Det samme er solide materialer og komponenter, spesielt med tanke på vinterbruk i Norge; sykler har kommet inn til reparasjon etter skader. Syklens bredde kan ha problemer med å komme seg inn boddører eller til og med butikken.

Sykkelsentralen og Trøndelag Elsykkel

Innehaverne av Sykkelsentralen og Trøndelag Elsykkel møtte til et samlet møte. Sykkelsentralen er importør av Christiana Bikes-sykler og driver butikker i Oslo og Trondheim. Trøndelag Elsykkel selger el-sykler i ulike varianter til private og institusjonelle aktører i Trøndelag.

Begge opplever kundene av lastesykler som personer i 30-årsalderen som gjerne er miljøbevisste. Kundene opplever syklene som praktiske i arbeidslivet og mer effektive enn bilen i byene. Kundene er opptatt av seter med seler og vanntette kalesjer samt god plass til bagasje. Kundene er interessert i komplett utstyrte sykler med lite vedlikeholdsbehov. Flere kunder måler døren til boden for å se om sykkelen passer. Forhandlerne nevner sykler med lite vedlikehold som populære.

Implikasjoner

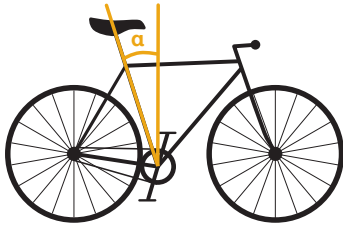
Forhandlerne bekrefter det brukerne sier, som viktigheten av sikkerhet og trygghet og lavt vedlikehold.



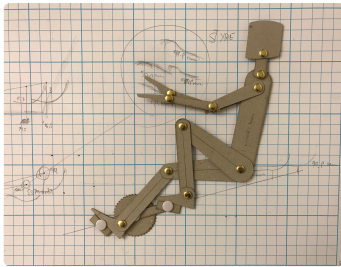
ETABL 2008

**SYKKE
SENTRALEN**

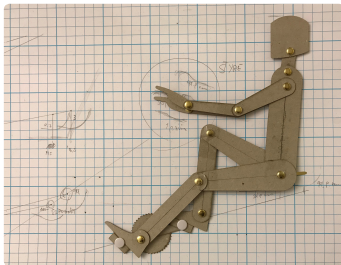
Seteposisjon



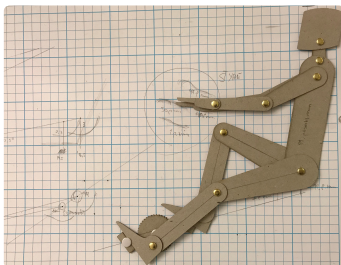
Sittestilling på en tradisjonell sykkel.



1. persentil kvinne. Vinkelen til kneleddet er for liten.



50. persentil menn.



99. persentil menn.

Sittestillingen er det som skiller sykkel fra andre sykkeltyper. Sittestillingen er tilnærmet den i en bil og minner om den til liggesykler, men mer oppreist.

Siden sykkel potensielt skal brukes av en mengde ulike mennesker er det viktig den har fleksible justeringsmuligheter for sittestilling. Korrekt sittestilling er viktig for å optimalisere ytelse og redusere risiko for skader.

På tradisjonelle sykler justeres sittestillingen ved å justere høyden på setet samt frem og tilbake i lengderetning. Setet justeres langs et plan med en vinkel til normalplanet. Denne vinkelen optimaliserer tråkkingen og avhenger av sykkeltype. Sykler leveres normalt med rammer i ulike størrelser som passer til ulike kroppsstørrelser. Siden dette er ikke et alternativ i dette tilfellet må justeringsmulighetene være bredere.

Optimal sittestilling

En sykkel sittestilling bestemmes av setets avstand og vinkel til kranken og pedalene. Det finnes flere metoder for å finne ideell sittestilling som baseres på biomekanikk der riktig vinkel mellom ledd er sentralt. Nyere forskning antyder en 25 graders knevinkel ved maksimal fotutstrekning for optimal muskelytelse.

Too (1990, 1991 i Too & Landwer (2008)) fant at maksimal ytelse genereres ved 75° vinkel mellom seterøret og normalplanet til kranken. Dette resulterte i knevinkler mellom 65 og 142 grader. 75° er vinkelen til seterøret og ikke setet i seg selv. Too spesifiserer ikke hvor høyt setet er montert.

For å finne et justeringsområde som passer mest mulig brukere ble kroppsdimensjoner fra 1. persentil kvinne til 99. persentil mann brukt. Disse varierer i kroppshøyde fra 148 cm til 192 cm (Tilley, 2002). Testen benyttet krankarmer med 165 mm lengde.



Trenings sykler med tilbakeleent sittestilling har ofte setejustering etter en vinkel.

Resultatene fra disse testene viser rekkevidden som trengs; for 1. persentil kvinner er hoftelddet 525 mm fra krankens senter. For 99. persentil menn er tallet 800 mm. Testene demonstrerte også at én setevinkel og krankarm lengde ikke er optimalt for alle brukere. For kvinner i 1. persentil vil denne setevinkelen gi knevinkler som er ugunstige.

Implikasjoner

75° vinkel på seterøret benyttes. Selv om dette ikke vil være optimalt for alle brukere passer den for majoriteten. Justeringsrekkevidden gitt av testen er 275 mm. Slingringsmonn legges til.

Styreposisjon

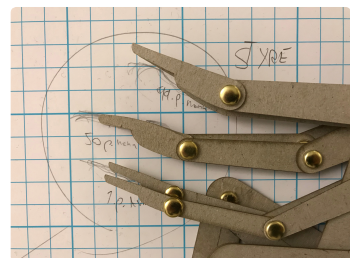
I samme test som for seteposisjonen ble posisjonen til styret funnet. Styret på en tradisjonell sykkel bærer mye av syklistens vekt. Dette er ikke tilfellet ved en tilbakeleent sittestilling og derfor er det ikke tatt hensyn til optimal belastning av armer og hender når styreposisjon ble bestemt.

Implikasjoner

Styret plasseres ved koordinatene 675 mm, 200 mm med origo i krankens senter.



Bilde fra testing av sittestilling.



Bilde fra testing av posisjon til styret.

Kravspesifikasjon

På bakgrunn av analysen er det satt krav som designet skal etterfølge.

Dimensjoner

- Akselavstand 1550 mm
- Bredder opptil 850 mm
- Høyde opptil 1600 mm

Primæregenskaper

- Værbeskyttelse som ikke skaper en innelukket følelse lik den til en bil.
- Passasjer seter til to barn opptil 6 år.
- Rom til passasjerbagasje (barns ryggsekker eller ekstra tøy).

Brukeropplevelse

- Speil

Ergonomi

- Setet skal kunne justeres etter brukerens behov. 15 graders vinkel og minst 275 mm rekkevidde.
- Bagasjeplassen skal være enkelt tilgjengelig.
- Mulighet for barn å klatre inn selv.

Utforming

- Design som får aksept i sykkeltrafikken.

Vedlikehold

- Sykkelen skal ha lavt vedlikehold
 - Hjul i standardstørrelse 406 (20")
 - Navgir
 - Remdrift



Utvikling

Dette kapitlet omhandler utviklingen av designet. Siden arbeidet har inkludert flere komponenter og aspekter presenteres prosessen med disse separat i stedet for samlet kronologisk rekkefølge for hele produktet.

Setekonfigurasjon

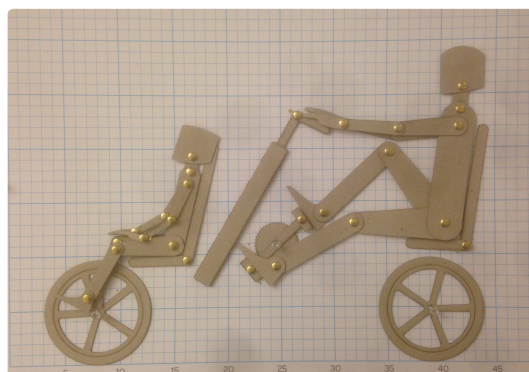
Et av de første valgene som ble tatt i utviklingsfasen var å bestemme hvor sykkelens seter skulle plasseres. Det er mange muligheter her. Et alternativ er å dele de to barnesetene og plassere dem på rekke i lengderetningen. Dette ble tidlig forkastet fordi lengden ville overskredet sykkelens akselavstand.

De gjenstående mulighetene er å plassere barnesetene enten foran eller bak syklisten. Majoriteten av syklene til brukerne som deltok i brukerundersøkelsen har barnesetene foran.



Bak

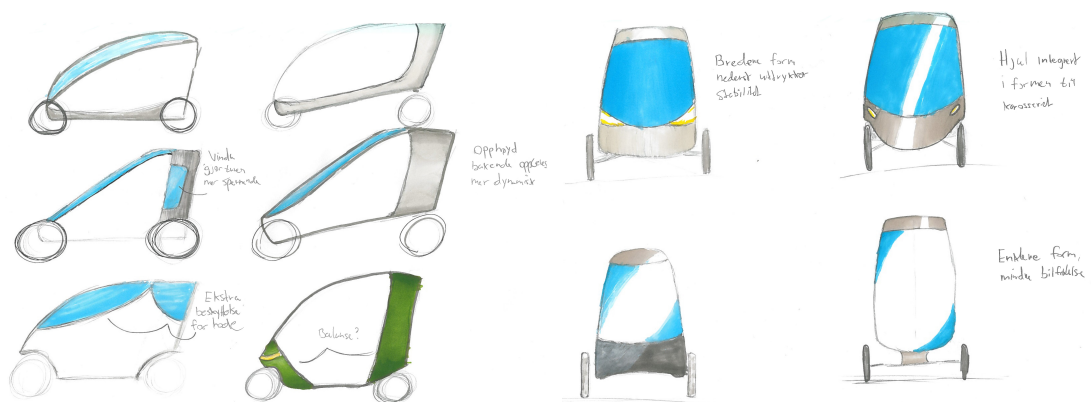
- ⊕ Oversikt over trafikken.
Tyngdepunkt uten last.
- ⊖ Tyngdepunkt langt bak med tung last.



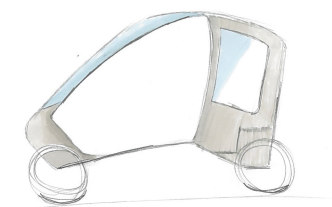
Foran

- ⊕ Oversikt over passasjerer.
Kortere drivlinje.
- ⊖ Mer komplisert styremekanisme.
Passasjerer mer utsatt ved ulykker.

Plassering av passasjersetene bak syklisten vurderes som det beste alternativet. Den store fordelen med plassering foran er oversikt over og kontakt med passasjerene (som uttrykt av brukerne). Dette valget er et kompromiss, men en har likevel bedre oversikt med barna bak på sykkel sammenlignet med en sykkeltilhenger.



Tidlige idéskisser



Karosseri

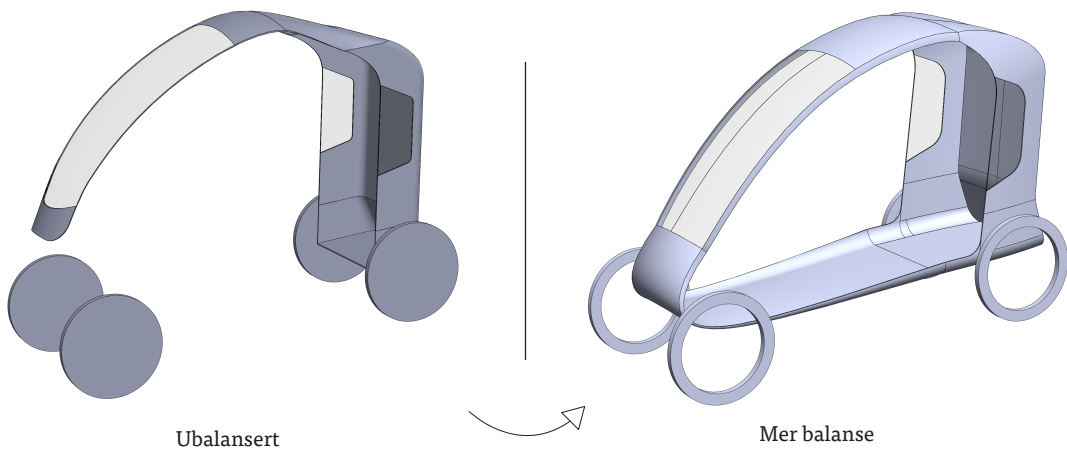
Karosseriet er komponenten som påvirker sykkelens designuttrykk mest. Målet med utformingen av karosseriet har vært et design som har et uttrykk nærmere en sykkel enn en bil og som samtidig ikke oppleves for aggressiv og dominerende i sykkeltrafikken.

Karosseriet er også det som gir syklisten beskyttelse for været. I utviklingen har det vært en balansegang mellom grad av værbeskyttelse og et design som har trekk til en sykkel.

Siden utviklingen har pågått parallelt er de ulike karosseriene presentert her tilpasset ulike løsningene for sitteplasser/bagasje og ramme. Disse løsningene presenteres individuelt.

Materialer og produksjon

Materialer og produksjonsmetoder følger prototypen. Det betyr vakuumformet for karosseriet og polykarbonat for ruten. Produksjonsmetoden har hatt påvirknings på designutviklingen med tanke på dens begrensninger.

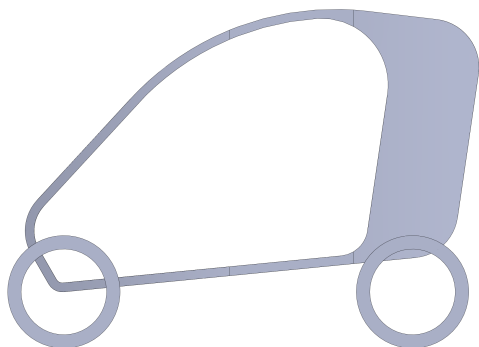


Ubalansert

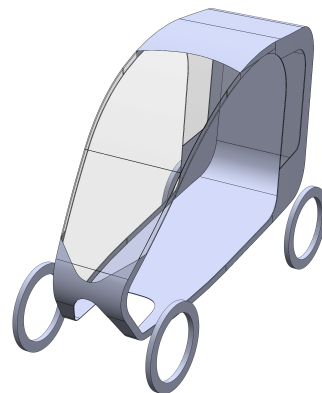
Mer balanse

Utviklingsprosess

Prosesen startet med et minimalt karosseri i tråd med målene beskrevet ovenfor. Her blir "kassen" bak som beskytter passasjerene/bagasje veldig dominerende og designet virker ubalansert som vist i modellen oppe til venstre. Designet har avrundene former for å unngå et aggressivt uttrykk.

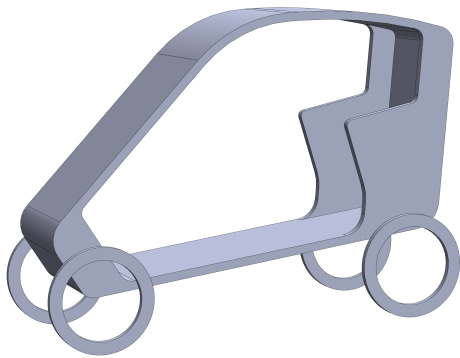


Avrundede former

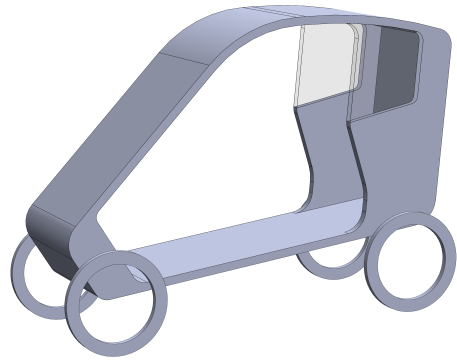


Åpning for pedalene

Passasjerene sitter beskyttet mellom veggene bakerst, med vinduer for gjøre turen mer spennende. For å unngå at sykkelen blir høyere enn ønsket plasseres pedalene nærmere bakken. På grunn av dette er det ikke mulig for karosseriet å omkranse pedalene og en åpning er nødvendig. Denne åpningen forhindrer også at snø og grus havner inne i sykkelen

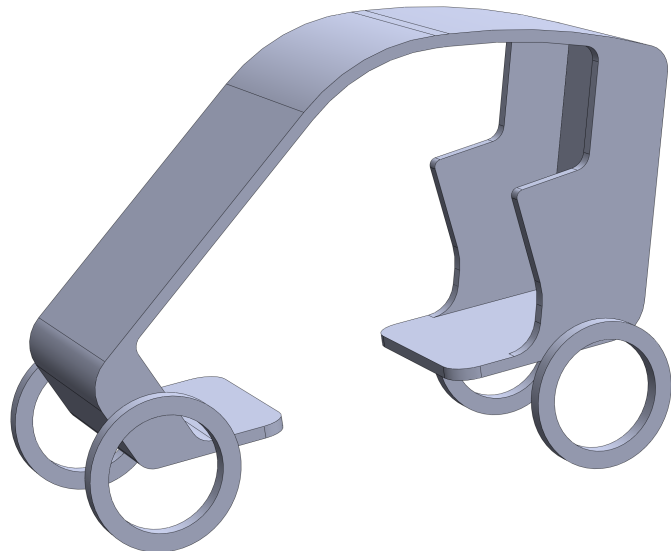


Vinkel på passasjervegg



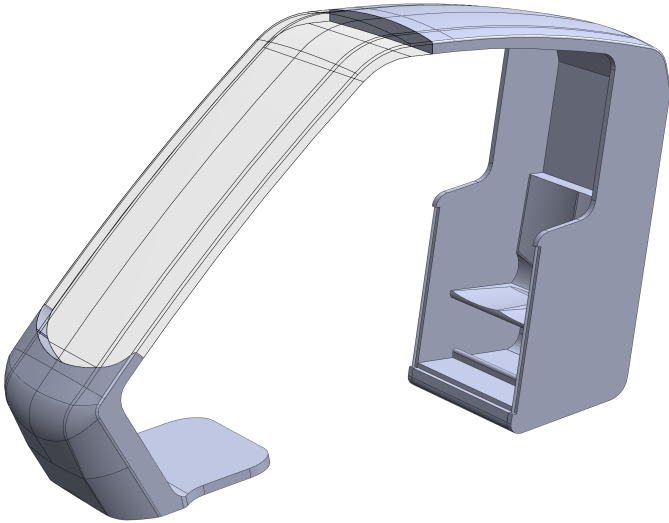
Med vindu

For å gi bedre plass til passasjerer og bagasje er sidene av karosseriet vinklet. Grunnlinjen er vinklet for å skape et mer dynamisk designuttrykk.



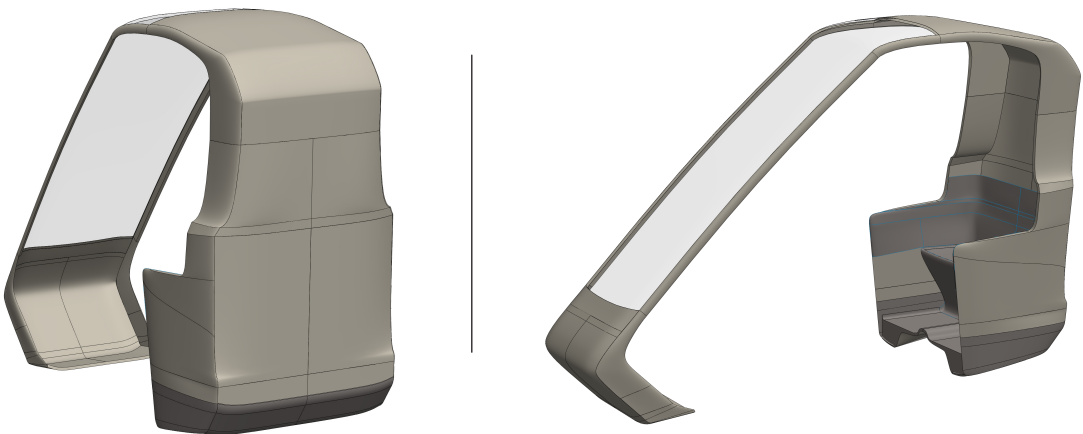
Vinkel på passasjervegg

Gulvet er redusert for å gjøre designet enklere. Samtidig gjør dette det enklere å sette seg inn og betjene passasjeretene og bagasjeplassen. Dette gjør det også mulig å reversere sykkelen med føttene uten å gå ut.

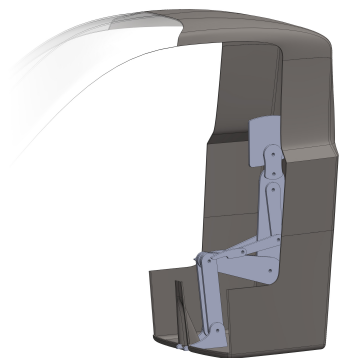


Designet utvikles

Disse bildene viser videre raffinering av designet. Linjer og flater legges til, noe som gjør designet mindre flatt og livløst. Karosserier snevres inn mot toppen for å gjøre det mindre monolittisk. Varianten nedenfor har aspekter som senere ble utbedret. Blant annet er ruten for rett. Dette gir et design som oppleves for angulært og samtidig gir for lite rom til rotering av styret.



Designet nærmer seg endelig iterasjon



Test med passasjer

Testing viste at punktet der karosserier svinger inn var for lavt når to barn er med. Testen gjort med gjennomsnittlig kroppshøyde for barn på 6 år (Tilley, 2002).

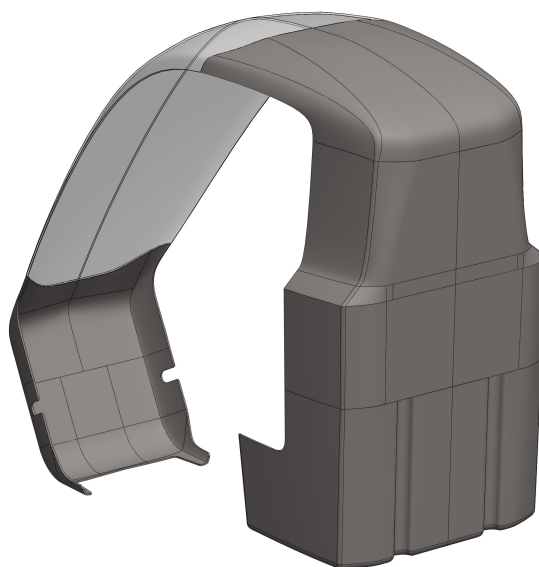


Rundere former

Formen er mer avrundet på bakgrunn av årsakene beskrevet på forrige side. Samtidig er karosseriets front heist opp for å gi bedre plass til styret. Ruten er krummet for å gi noe bedre værbeskyttelse fra sidene. Designet er blitt forenklet for å sannsynliggjøre enklere produksjon.

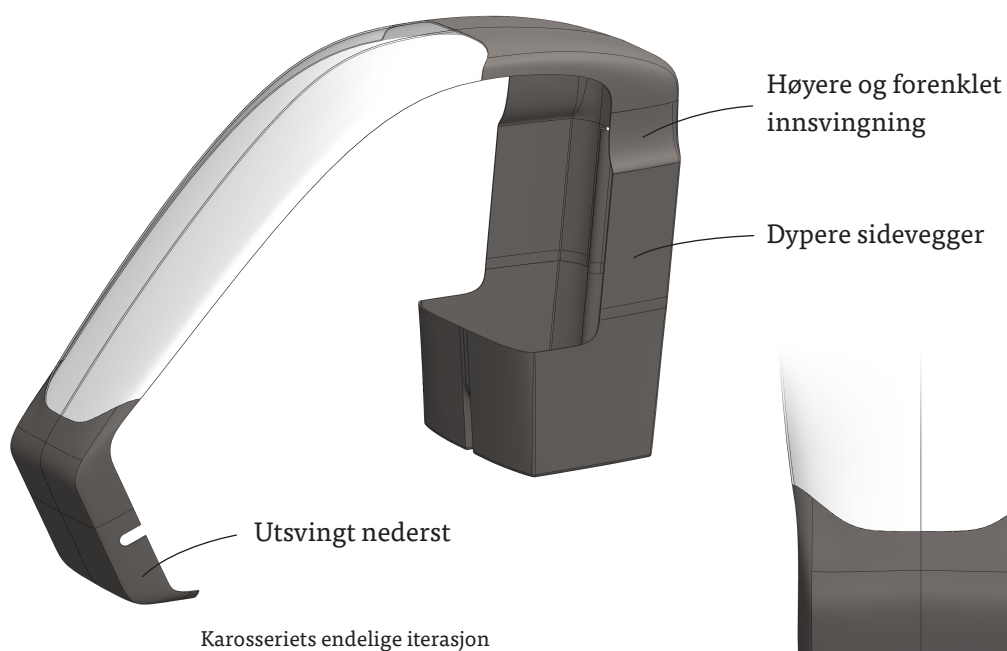


Rutens bredeste punkt er ved syklistens hode.

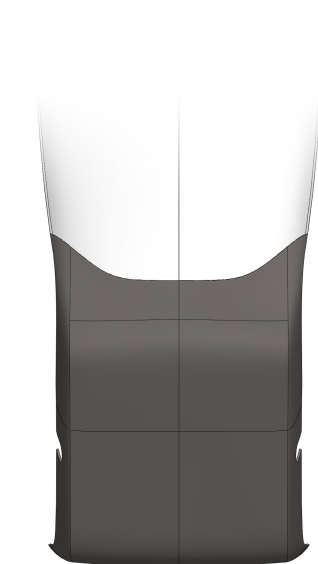


Eksponert ramme

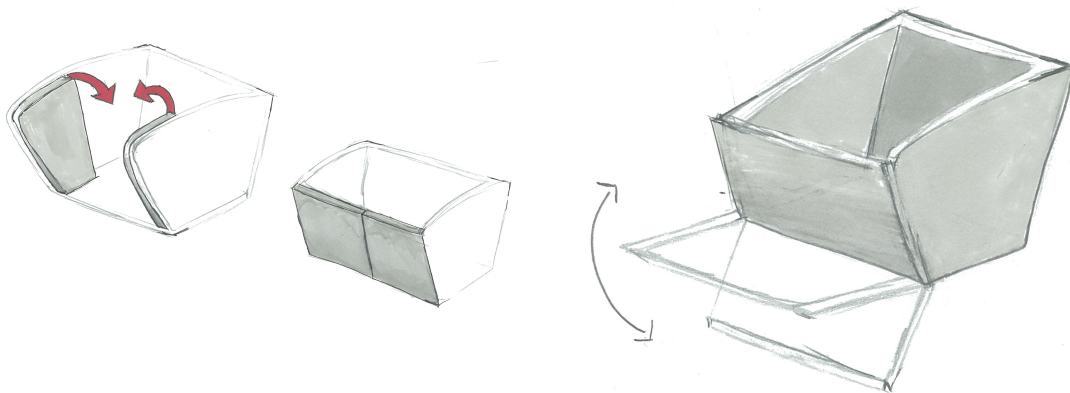
Rammen er delvis eksponert. På denne måten støttes delen av rammen som bærer toppen av karosseriet av kassen. Samtidig bidrar dette til et design som spiller på sykkelkarakteristikker.



Endringer gjort til siste iterasjon består detaljer som måtte justeres. Innsvingningen bak plasseres høyere i henhold til testen på forrige variant. I tillegg er sidene dypere for å gi økt værbeskyttelse og trygghet for passasjerene. Samtidig er formen på denne forenklet der skarpe kanter er redusert. I front svinger karosseriet ut nederst for å gi bedre plass til pedalene.



Karosseriet svinger ut nederst for å gi plass til pedalene. Dette danner også en mer symmetrisk form.



Idéskisser

Passasjer seter/oppbevaring

Passasjer sete og plass til oppbevaring er det andre aspektet som gir sykkelen et fortrinn over tradisjonelle sykler. Tanken har vært å lage et rom som kan fungere godt til begge formålene. Samtidig var det sentralt at mulighet for oppbevaring fantes med passasjerer til stede.

Designprosessen har i hovedsak vært fokusert på hvordan de to formålene best kan samkjøres, samt hvordan rommet kan lukkes eller sikres. Som tidligere nevnt har utviklingen av de ulike komponentene foregått parallelt; gjennom denne prosessen har designet av karosserier føyet seg etter løsningene beskrevet her.

Setene er dimensjonert med hensyn til opptil to barn på 6 år. Kroppsstørrelser tatt fra Tilley (2002).

Materialer og produksjon

Materialene og produksjonsmetodene beholdes fra prototypen. Det vil si at komponentene skal vakuumentrekkes i ABS-plast.

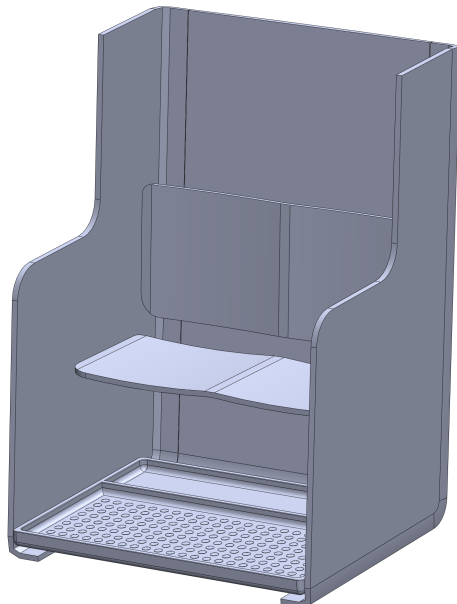
Utviklingsprosess



Prosessen startet med idégenerering av prinsipielle løsninger isolert fra sykkelens andre komponenter. Eksempler på dette er kasser som vippes for å skape et volum til lagring og seter som flyttes på ulike måter.

Funksjonene passasjer seter og oppbevaring

Forslagene til varianter der hele kassen roteres ble raskt forkastet på grunn av kompleksitet og mangel på oppbevaringsplass når setene brukes. Andre vurderte løsninger er å bruke rommet under sete til oppbevering med tilgang ved å vippe ned setene eller ved hjelp av dører foran, bak eller på sidene.

Produksjonsmetoder, materialer og kompleksitet har sammen med brukeropplevelse påvirket valgene som ble tatt. Flere prinsipper har blitt utforsket samt variasjoner av disse. Disse har ulike fordeler og ulemper i henhold til produksjon, styrke og bruksopplevelse.



-  Uavbrutt volum til oppbevaring
-  Feste- og vippe mekanismer må utvikles
Tre eller flere deler

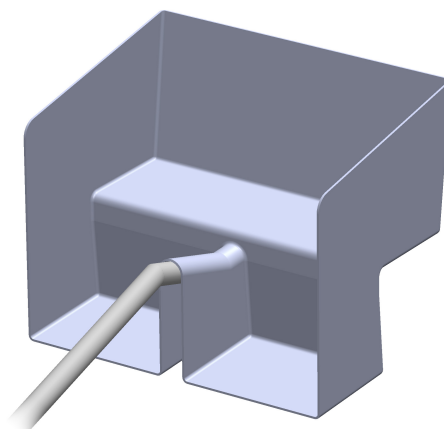
Denne varianten baseres på et ytre skall kombinert med individuelle deler for sete, rygg og gulv. Her kan setet vippes for å skape et uavbrutt volum til oppbevaring. Når passasjerer er med kan bagasje lagres under setet.



Én del
Sterke seter



Liten plass til bagasje
Utfordringer ved vaku-
umtrekking



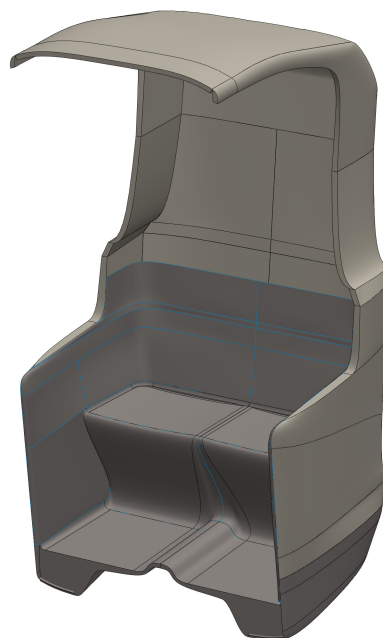
Her er setet, gulvet, sidene og ryggstøtten én del. Her er det liten mulighet til oppbevaring av bagasje når setene er i bruk. En slik form kan være utfordrende å produsere ved vakuumforming på grunn av den komplekse formen.



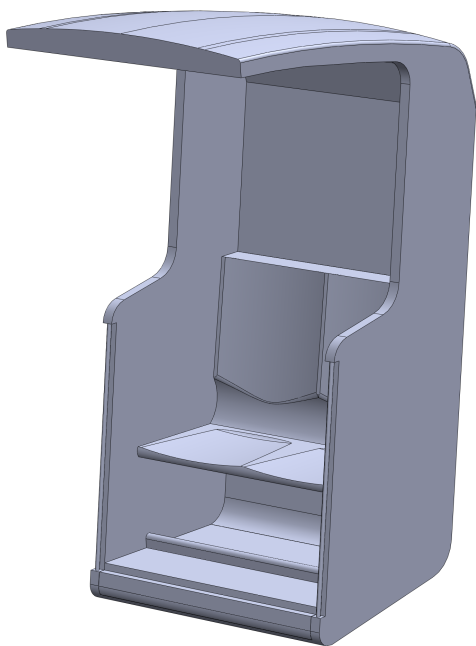
Styrke
Mulighet for bagasje plass



To deler



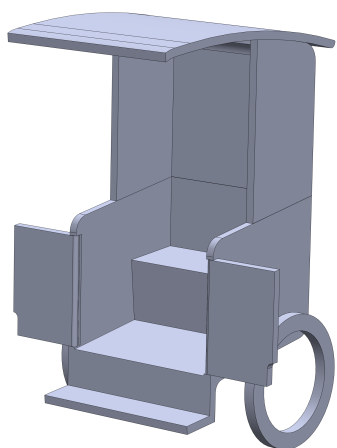
Tilsvarende variant som over men med et ytre skall i tillegg. Dette gir ekstra styrke for sidene og gjør det mulig å lagre bagasje i det ytre skallet



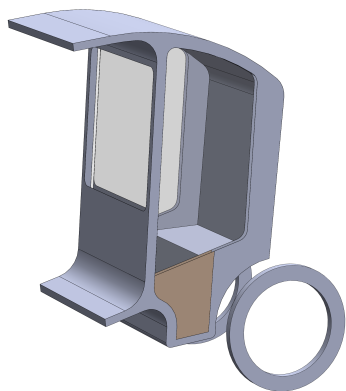
- ⊕ Økt styrke for sete og rygg
- ⊖ To deler

Denne varianten består av et ytre skall med én del for sete og rygg. Også her har en plass til bagasje under setet. En list bidrar til å holde bagasjen på plass.

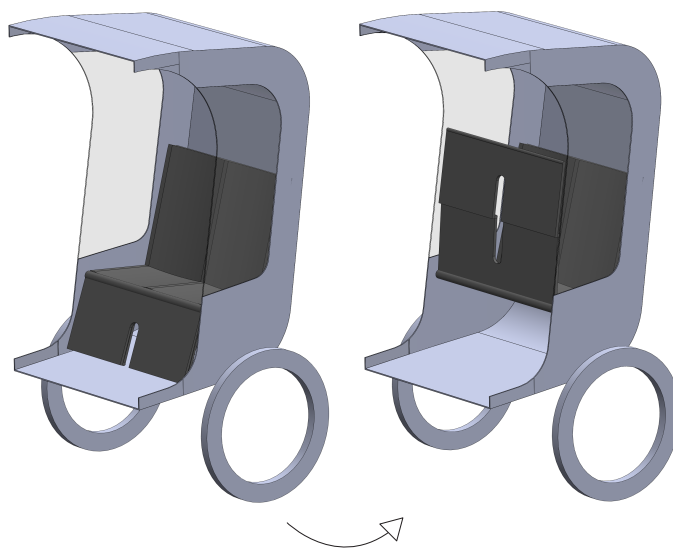
Dette er prinsipper som til slutt ble valgt. Det har liten kompleksitet samtidig som det oppnår målene om bagasje og oppbevaring på en god måte.



Dører som svinger utover



Dører på sidene ble også vurdert. På grunn av hjulene skaper plasseringen av hjulene problemer med plassering av syklistsete..



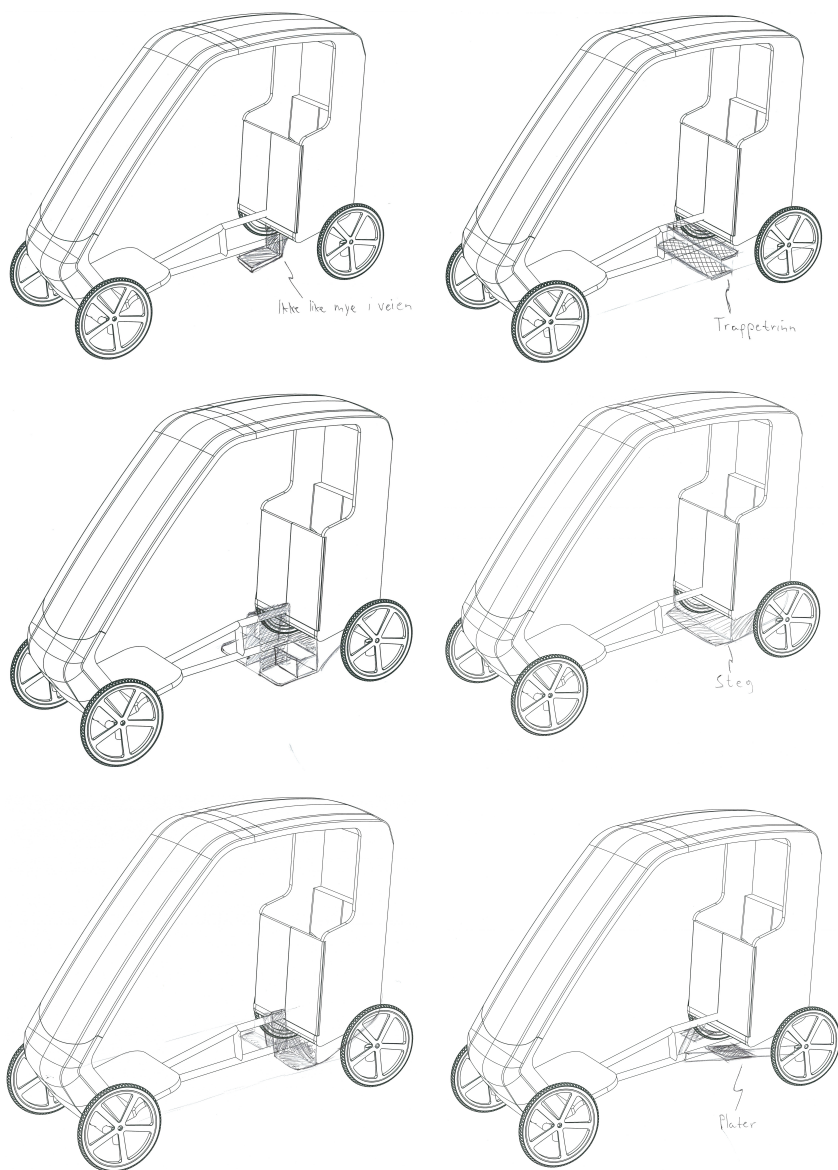
Dører som vippes ned festet til setet.

Lukking

Rommet skal kunne lukkes for å gi økt sikring til passasjerene og skape større volum for oppbevaring. Flere måter for å oppnå dette er utforsket.

Dører som svinger utover ble vurdert først. Både én og to dører viste seg å gi problemer med plassen som trengs for å åpne dem. Resultat av dette er at syklistsetet midlertidig må justeres, en løsning som oppleves lite brukervennlig. En annen løsning er leddede dører, men disse er mindre rigide og det økte antallet deler øker kompleksiteten. Plater som vippes nedover ble også vurdert. Denne løsningen deler de samme problemene, i tillegg til at døren må ha åpninger for rammen.

Løsningen som ble valgt er skyvedører, én på hver side av sykkelen. Denne løsningen resulterer i minst mulig bortkastet volum.



Innsteg

Et av kravene satt i kravspesifikasjonen er at barn skal ha mulighet til å sette seg uten hjelp. For å få plass til bagasje under setene er gulvet plassert over drivverkkomponentene. På grunn av dette kan innsteget bli for høyt.

Denne utfordringen ble forsøkt løst ved å integrere et innsteg i karosseriet. Styrkeberegninger viste at dette ikke var mulig uten støtte fra en ramme under. Når rammen uansett måtte utvides som en støtte ble enklere løsninger favorisert som plater festet til støtterør på rammen.

Ramme

På en tradisjonell sykkel er rammen kanskje den mest sentrale komponenten. Rammens geometri og utseende beskriver sykkelens type og egnet bruk; for eksempel er en ramme til en landeveissykkel forskjellig fra den til en offroadsykkel. Rammen til en tradisjonell sykkel utformes etter nødvendigheter og ikke designtrykk.

Utviklingen av rammen har foregått parallelt med resten av komponentene da den må være kompatibel med de andre løsningene. På ulike punkter i prosessen har rammen blitt tilpasset komponenter eller omvendt.

Prototypen har en omfattende ramme som støtter et karosseri rundt hele profilen samt et komplisert hjulopp-heng. Målet med utviklingen var en forenklet ramme som gir fortjenester ved lavere vekt og pris med tanke på produksjons- og materialkostnad.

Materiale

Sykelrammer har blitt konstruert med materialer som tre og støpt plast, men de oftest brukte er stål, aluminium og karbonfiber. Sistnevnte ble ekskludert umiddelbart grunnet høy pris og krav til ekspertise ved design. Ulike typer stål brukes, fra lavkarbonstål på billigere sykler til 4130-legering (chromoly) for sykler av høyere kvalitet. De vanligste aluminiumslegeringene er 6061 og 7005. Disse har sammenlignbare materialegenskaper men 6061-legering krever varmebehandling etter sveising.

Aluminiums tetthet er omtrent tre ganger lavere enn stål samtidig som det svakere. Materialets høyere styrke til vekt-forhold betyr likevel ikke at det er et selvfølgelig valg. Stål har fordeler som lavere pris og er enklere å sveise. I tillegg er aluminium mer utsatt for tretthetsbrudd ved gjentatte lastsykluser under flytegrensen.

I løpet av designprosessen ble 4130-stål valgt grunnet dens høyere styrke. Vektfordelene til aluminium ble vurdert ikke tilstrekkelig.

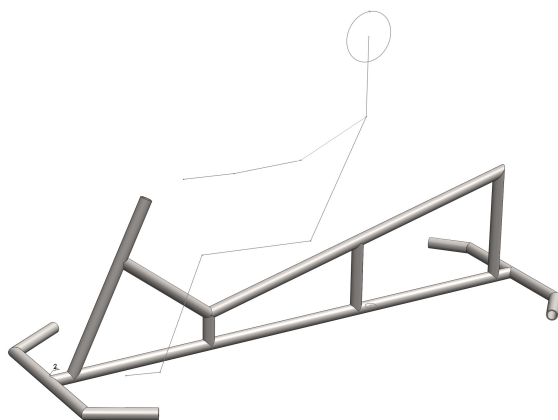
Last

Lasten en sykkelramme utsettes for under bruk er vanskelig å definere (Wilson, 2004). Denne lasten vil avhenge av blant annet nyttelast, brukområde og -type. For eksempel vil sykling offroad påføre større spenninger enn sykling over flat asfalt.

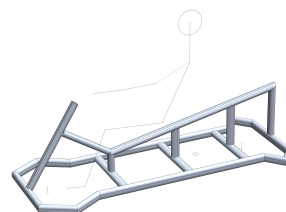
Rammen er designet med en tenkt statisk last på 2000 N, eller i overkant av 200 kg. Under bruk vil rammen utsettes for dynamiske krefter som er vanskelige å estimere uten kompetanse og avansert programvare. På bakgrunn av dette er det brukt en sikkerhetsfaktor på 10 for å sannsynliggjøre rammens holdbarhet (se vedlegg 2)

Utviklingsprosess

Tidlig konsept for rammen har ett rør i lengderetning. Dette gjør det mulig å redusere antallet belter eller kjeder mellom kranken og giret. Røret der setet er montert er parallelt med justeringslinjen til setet. Rammen er tilpasset bruk av MacPherson-fjæring, et hjuloppheng som er enklere enn prototypens doble kontrollarmer. Røret som støtter dette opphenget i front er buet for å gjøre plass til pedalenes rotasjon.



Tidlig rammekonsept



Eksempel på mer omfattende ramme



Rammer med vinkel på grunnlinje ble vurdert for å gi et mer dynamisk uttrykk. Dette ble til slutt forkastet fordi det økte antallet vinkler var antatt å komplisere produksjonen.

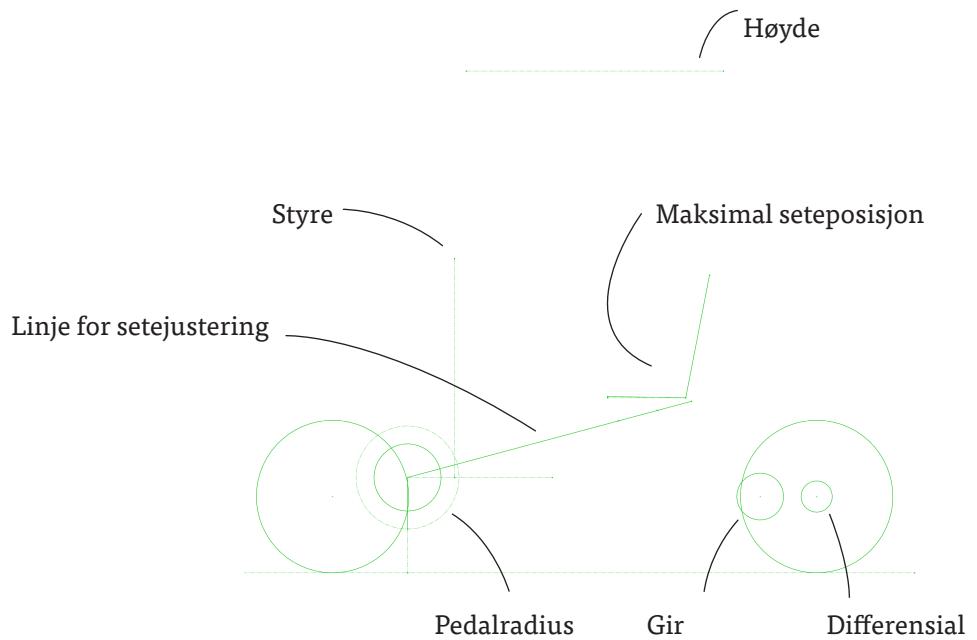
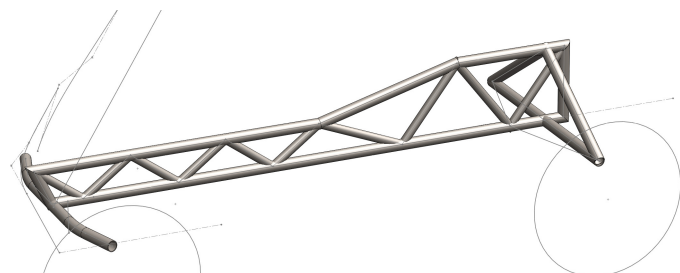


Diagram over sykkelens komponenter.

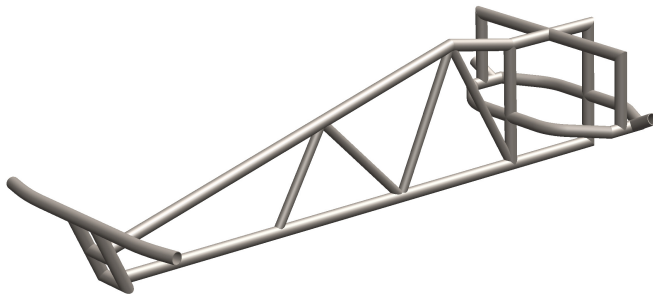
Trekanten er den sterkeste geometriske formen fordi den fordeler kraften jevnt over sidene. Det er slik sykkelrammer oppnår styrken sin og derfor er dette prinsippet også benyttet her. Det er tidligere nevnt at sykkelrammer primært er utformet av pragmatiske årsaker; i dette tilfellet bidrar rammens utforming til produktets semantikk og designuttrykk som sykkel.

De tidligere variantene er resultater av idégenerering uten hensyn til dimensjoner og plassering av komponenter.



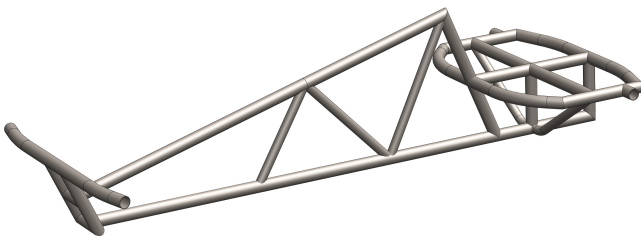
Ramme konstruert med trekanter.

Bildet over viser første iterasjon konstruert med trekanter. Flere runder har blitt gjort for å finne nødvendig antall rør for rammen samt rørenes diameter og vekttykkelse. Her er driverkkomponentene montert under og utenfor rammen for å redusere den totale størrelsen.



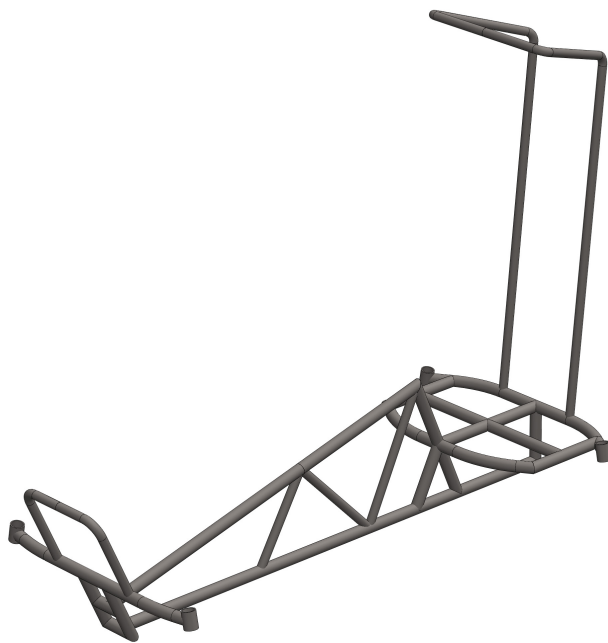
Tilpasset passasjer seter.

Bildet over viser neste steg i prosessen med som bedre utnytter trekantprinsippet. Hjulopphengrøret i front er ett rør for å øke styrken. De doble rørene i front gir plass til styremekanismen. Konstruksjonen bak gir støtte for passasjer setene. Drivverket monteres i rammen for beskyttelse. Senter av kranken er i topprøret.



Ramme tilpasset kasse.

Forrige iterasjon er basert rundt passasjer seter produsert i flere deler montert direkte på rammen. Dette ble endret til å være en kasse og denne versjonen av rammen reflekterer dette. Røret til hjulopphenget er horisontalt, noe som gjør det sterkere.



Endelig versjon av rammen.

Endelig variant av rammen. Støttestag er optimalisert og Hjulopphenget bak støttes av ett rør lik det fremme. Rør for å støtte karosseriet er lagt til. Rørene bak blir støttet av kassen for passasjeretene. Anlegg for hjulopphenget er også lagt til.



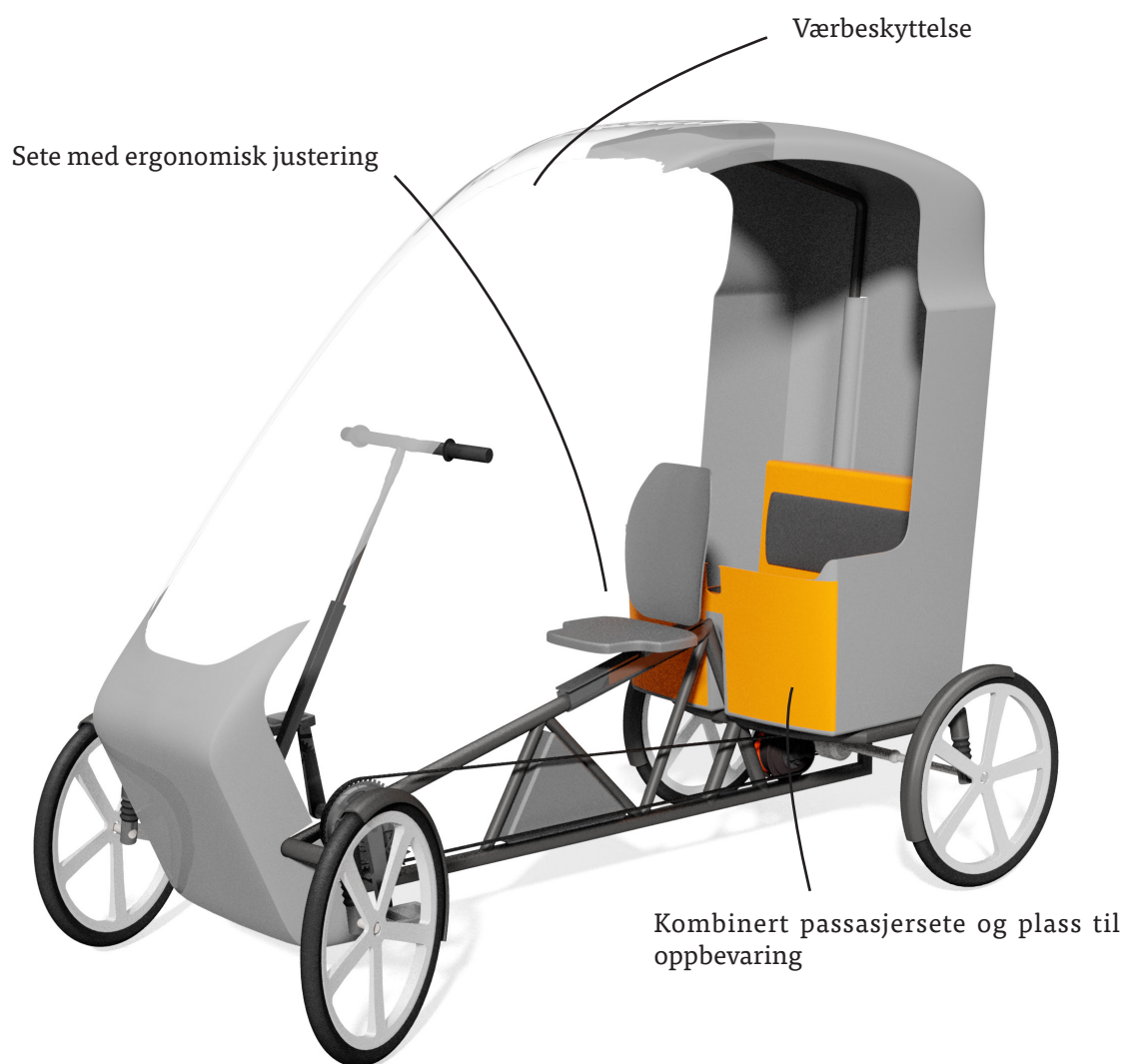
Resultat

I dette kapitlet presenteres resultatet av prosjektoppgaven.
Det endelige produktets design og funksjonalitet beskrives.





Funksjoner

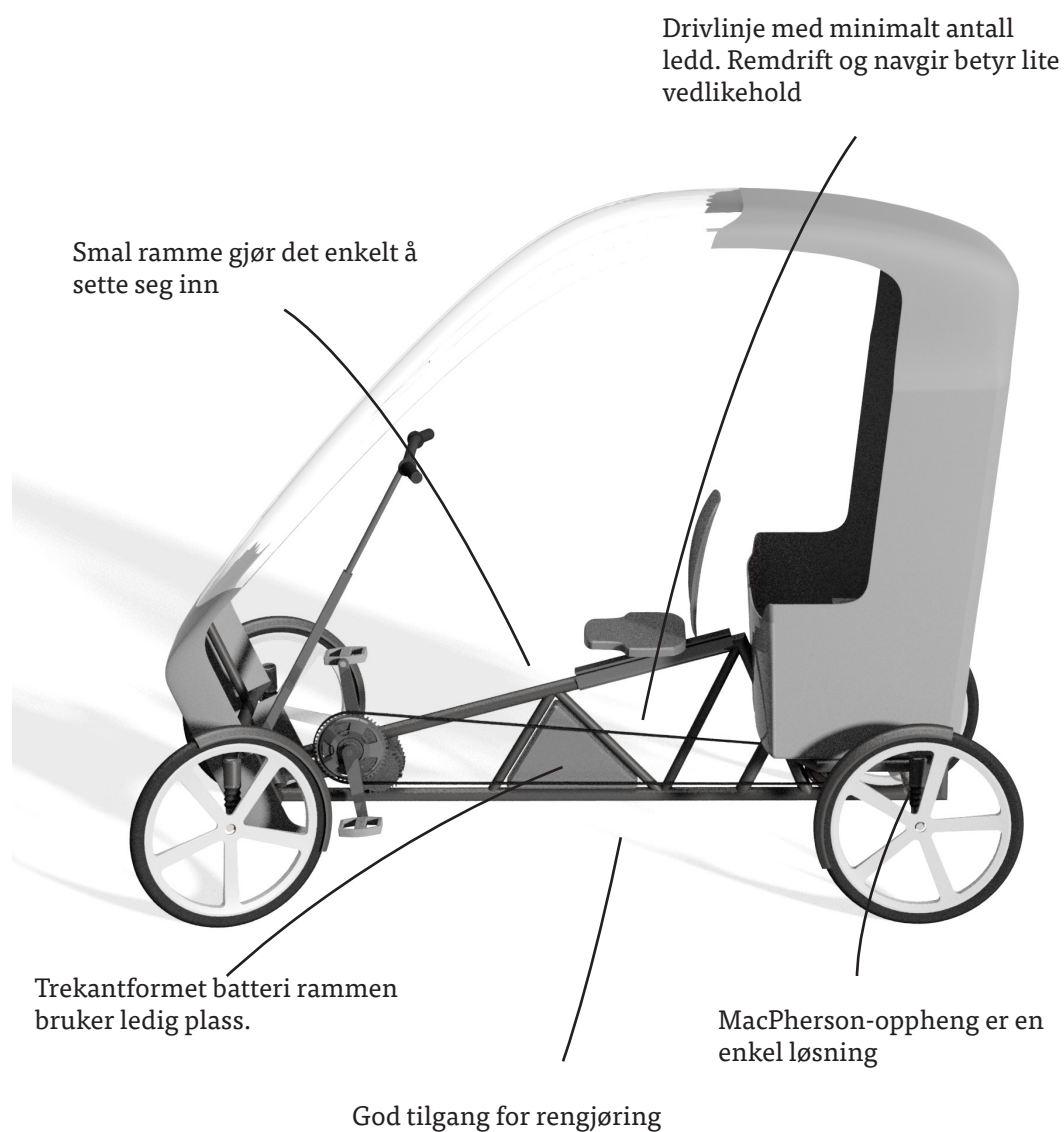


Passasjer seter/oppbevaring

Sykkelen har passasjer seter for opptil to barn på 6 år. Rommet kan også brukes til last og under bruk kan bagasje plasseres under setene. Skyvedører brukes for å lukke.



Komponenter



Design



De runde formene gjør designet appellerende og bidrar til å redusere aggressiviteten en så stor sykkel kan ha i sykkelfeltet.



Designet er ment å ha trekk til tradisjonelle sykler. Dette oppnås ved å ha et minimalistisk karosseri samt eksponert ramme konstruert av trekanter lik en vanlig sykkelramme.



Evaluering



Konklusjon

Formålet med prosjektet var å videreutvikle en prototype et steg nærmere produksjon. Målet var å finne bedre funksjonelle løsninger for blant annet plassering av passasjerer og bagasje samt til slutt komme opp med en samlet løsning som ville redusere utsalgsprisen på produktet samt øke interessen blant potensielle brukere. I likhet med prototypen (ved prosjektsoppstart) representeter ikke resultatet et komplett produkt da det fortsatt gjenstår utvikling av enkelte komponenter som sete og styre. Også deler av kravspesifikasjonen forbli uoppfylt, som utvikling av styre og enklere innsteg til passasjeretene.

Sammenlignet med prototypen har forslaget enklere løsninger (hjuloppheng, drivverk) og mindre omfattende materialbruk (ramme og karosseri) som forventes å gi en lavere produksjonskostnad selv om dette ikke er estimert nøyaktig.

Brukersentriske resultat er mer ergonomisk setejustering, mer plass til passasjerer og bagasje. Løsningen har et designtrykket som ikke dominerer i sykkeltrafikken og den uttrykker en balanse mellom trygghet og ytelse. Enkelt vedlikehold ved blant annet remdrift og lett tilgjengelig komponenter.

Evaluering

I ettertid er det enkelt å se at prosjektet på enkelte områder ble så krevende at utvikling av hele sykkelen ble for omfattende. Det kunne med fordel ha blitt gjort flere avgrensninger av oppgaven tidligere i prosjektet. På grunn av dette har jeg ikke fått arbeidet like mye med alle delkomponenter som ønskelig. Samtidig ble det utfordrende å modellere et så komplekst produkt, slik at dette arbeidet tok mer tid enn ønskelig.

Selv om ikke alle målene som ble definert i oppstartfasen ble like godt oppfylt vil resultatet være et viktig bidrag og innspill til CityTrike sitt videre arbeidet med utviklingen av sykkelen.

Veien videre

CityTrike er i januar 2018 fortsatt ikke ferdig med byggingen av sin første prototyp som egentlig skulle ha vært utgangspunktet for dette prosjektarbeidet. Etter at prototypen er ferdig og testet kan mitt bidrag til blant annet sittestilling og setejustering, passasjer seter og bagasjeløsning bli nyttige innspill til utvikling av neste prototyp på veien til framtidig prøveproduksjon og uttesting i større skala i en mobilitetspool i et boligkompleks.



Referanser

Referansene er organisert etter kapittel.

1 - Introduksjon

Bakgrunn

Fyhri, A., & Fearnley, N. (2015). Effects of e-bikes on bicycle use and mode share. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 36(Supplement C), 45-52. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.02.005>

Hjorthol, R., Engebretsen, Ø., & Uteng, T. P. (2014). Den nasjonale reisevaneundersøkelsen 2013/14. Retrieved from https://www.toi.no/getfile.php/1340010/mmarkiv/Bilder/7020-TOI_faktaark_sykkelreiser-7k.pdf

Valle, M. (2017). Stadig flere vil ha elsykkel: I fjor ble det solgt 35.000 – i år ventes en dobling. *Teknisk ukeblad*. Retrieved from <https://www.tu.no/artikler/stadig-flere-vil-ha-elsykkel-i-fjor-ble-det-solgt-35-000-i-ar-ventes-en-dobling/394964>

Elsykkelen

Morchin, W. C., & Oman, H. (2006). *Electric Bicycles: A Guide to Design and Use*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

Bolton, O. (1895). *Electrical bicycle*: Google Patents.

2 - Analyse

Reglement

Forskrift om krav til sykkel. (1990). 1 april 1990. Hentet fra <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1990-02-19-119>

Statens vegvesen. (2016). El-sykkel. Retrieved from <https://www.vegvesen.no/kjoretoy/Eie+og+vedlikeholde/elkjoretoy/El-sykkel>

Thule Chariot Corsair - URL: https://www.xxl.no/thule-chariot-corsaire-2-cycling-kit-sykelvogn/p/1139249_1_style

Forskrift om bruk av kjøretøy. (1990). 1 april 1990. Hentet fra <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1990-01-25-92>

Komponenter

Morchin, W. C., & Oman, H. (2006). *Electric Bicycles: A Guide to Design and Use*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

Wilson, D. G. (2004). *Bicycling Science* (3rd ed.). Cambridge, MA: MIT Press.

Avhoppsgir - URL: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/93/Shimano_xt_rear_derailleur.jpg

Navgir - URL: <https://www.montaguebikes.com/folding-bikes-blog/2011/05/why-use-an-internal-gear-hub/>

Ackermann-styring - URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Ackermann_steering_geometry#/media/File:Ackermann_turning.svg

Seteposisjon

Too, D., & Landwer, G. E. (2008). Maximizing Performance in Human Powered Vehicles: A literature review and directions for future research. *Human Power Journal*(5).

Tilley, A. R. (2002). *The Measure of Man and Woman: Human Factors in Design*. New York: John Wiley & Sons.

Brukere

Liggesykkel - URL: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2f/NazcaFuego.JPG>

3 - Utvikling

Passasjer seter/oppbevaring

Tilley, A. R. (2002). *The Measure of Man and Woman: Human Factors in Design*. New York: John Wiley & Sons.

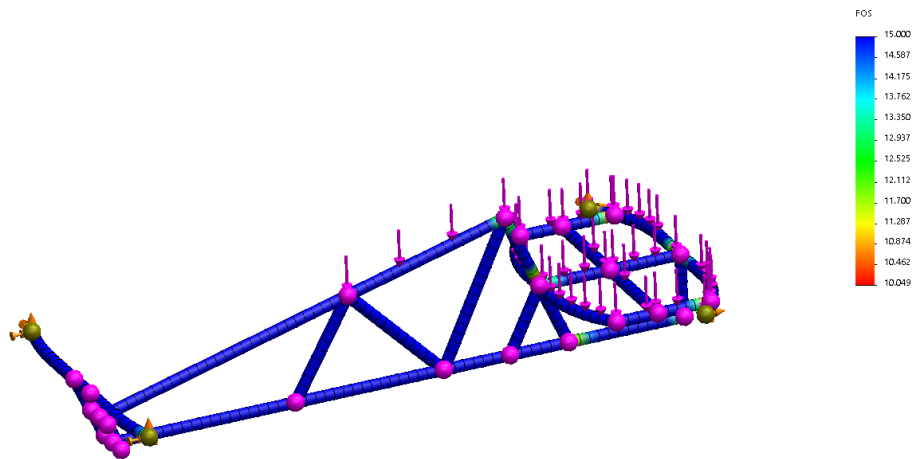
Vedlegg

Vedlegg 1 - Effektbehov

1	Effekt					
2						
3	Vekt syklist + last	75	kg			
4	Vekt sykkel	80	kg			
5	Hastighet	25	km/t			
6	Vindhastighet	3	m/s			
7	Høyde over havet	0,015	kmoh	Høyde		1
8	Stigningsgrad	0,19739556		Lengde		5
9						
10	Luftmotstandskoeffisient	0,7				
11	Lufttetthet	1,19742876	kg/m ³			
12	Areal	0,96	m ²			
13						
14	Rullemotstandskoeffisient	0,007				
15						
16						
17	Luftmotstand	276,304222	W			
18	Rullemotstand	73,915625	W			
19	Stigningsgrad	2084,37374	W			
20						
21						
22	Flat mark	350,219847	W			
23	Klatring	2434,59359	W			
24						
25						
26						
27						
28						
29		9,94444444				
30						
31						
32						

Vedlegg 2 - Styrkberegning ferdig ramme

Model name: Kasseramme 2 (Kasse 2)
Study name: Static 1: Dns Felle: 8: Machine (p-)
Plot type: Factor of Safety Factor of Safety1
Criterion: Automatic
Factor of safety distribution: Min FOS = 10



SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only.