



CHALMERS



Pendlarcykeln

En ändamålsenlig kategorisering:
Avsedd för långa sträckor i trafik, utrustad med lämpliga
tillbehör i form av packningslösningar och stöldskydd.

Kandidatarbete PPUX03-17-01

THOMAS ERIKSSON
JONATAN GOTTFRIDSSON
EDVIN MARTINSSON
ANDREAS MATTIASSON
JONATAN NILSSON
SEBASTIAN SALINDER

Institutionen för Produkt- och produktionsutveckling
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Gothenburg, Sweden 2017

KANDIDATARBETE PPUX03-17-01

Pendlarcykeln

En ändamålsenlig kategorisering:

Avsedd för långa sträckor i trafik, utrustad med lämpliga tillbehör i form av packningslösningar och stölskydd.

THOMAS ERIKSSON
JONATAN GOTTFRIDSSON
EDVIN MARTINSSON
ANDREAS MATTIASSON
JONATAN NILSSON
SEBASTIAN SALINDER



CHALMERS

Institutionen för Produkt- och produktionsutveckling

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2017

Pendlarcykeln

En ändamålsenlig kategorisering: Avsedd för långa sträckor i trafik, utrustad med lämpliga tillbehör i form av packningslösningar och stölskydd.

THOMAS ERIKSSON

JONATAN GOTTFRIDSSON

EDVIN MARTINSSON

ANDREAS MATTIASSON

JONATAN NILSSON

SEBASTIAN SALINDER

© THOMAS ERIKSSON, JONATAN GOTTFRIDSSON,
EDVIN MARTINSSON, ANDREAS MATTIASSON,
JONATAN NILSSON, SEBASTIAN SALINDER, 2017.

Handledare: Erik Hulthén, *Docent vid institutionen för Produkt- och produktionsutveckling*
Examinator: Lars Almfelt, *Universitetslektor vid institutionen för Produkt- och produktions-
utveckling*

Kandidatarbete PPUX03-17-01

Institutionen för Produkt- och produktionsutveckling

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Telefon 031 772 1000

Försättsblad: Rendering av slutgiltigt koncept, *supercykeln*.

Typeset in L^AT_EX

Göteborg, 2017

Abstract

This paper presents a product development project regarding commuting bicycles. The bicycle market of Sweden (Svensk Cykling, 2014) is progressive and about 20 percent of the population consists of bicycle commuters (Svensk Cykling, 2011). The choice of commuter bicycle is far from obvious and highly personal. This project aims to identify and address problems with existing products by development of suitable solutions. The project covers an interview study that explores the user perspective and intends to determine the characteristics of a good commuter bicycle. The following methods and tools have been used to develop a conceptual commuter bicycle:

- Morphological matrix to combine subsystems into commuter bicycle concepts.
- Decision-matrix methods in terms of Pugh and Kesselring to evaluate alternatives.
- Sketching and CAD-modelling to visualize solutions.
- Finite element method for structural analysis of the bicycle frame.

The result consists of a commuter bicycle concept, intended for long distances in traffic and offers a slightly more upright position than a conventional racer bicycle. It is belt-driven and has a planetary gearbox centralized at the crankset. Integrated lights, brake light, blinkers and rear view mirrors makes it suitable for traffic. It is also equipped with practical solutions for anti theft and luggage. The main conclusions are:

- Commuter bicycle is a task oriented category of bicycles that are intended for long distances in traffic and equipped with suitable accessories such as solutions for anti theft and luggage.
- Existing products fail to adapt and include many seemingly obvious accessories for a commuter bicycle.
- The final concept will likely be a well composed product if it gets launched on the market.

Keywords: bicycle, bicycle commuting, commuter bicycle, reliable bicycle, product development

Sammanfattning

I rapporten presenteras ett produktutvecklingsprojekt kring temat pendlarcykel. Allt fler cyklar säljs i Sverige (Svensk Cykling, 2014) och cirka 20 procent av befolkningen cykelpendlar (Svensk Cykling, 2011). Valet av cykel för pendling tycks vara högst personligt och långt ifrån självklart. Projektet syftar till att identifiera problem kopplade till cykeln som produkt samt generera konkreta lösningsförslag. Målet är att kunna presentera ett genomarbetat produktkoncept. Arbetet omfattas bland annat av en intervjustudie med syfte att fånga användarperspektivet och ämnar besvara vad som karakteriserar en bra pendlarcykel. Vid framtagningen av en konceptuell pendlarcykel har i synnerhet följande metoder och verktyg tillämpats:

- Morfologisk matris för generering av helhetskoncept.
- Urvalsmatriser i form av Pugh och Kesselring för utvärdering av olika alternativ.
- Skissning och CAD-modellering för att visualisera lösningar.
- Finit-elementmetod för analys av cykelramens hållfasthet.

Resultatet utgörs av konceptet supercykeln, avsedd för långa sträckor i trafik och erbjuder en något mer upprätt körställning än en konventionell racercykel. Drivlinan innefattar tandrem samt en planetväxellåda vid vevpartiet. Integrerade lysen, bromsljus, blinkers och backspeglar gör den rustad för trafik. Vidare är den försedd med praktiska stölskydd och packningslösningar. De viktigaste slutsatserna är att:

- Pendlarcykel är en ändamålsenlig kategorisering av cyklar som är avsedda för långa sträckor i trafik och utrustade med lämpliga tillbehör i form av bland annat packningslösningar och stölskydd.
- Befintliga produkter är bristfälliga med avseende på att många till synes självklara tillbehör varken är inkluderade eller anpassade till cykeln.
- Det slutgiltiga konceptet supercykeln kan sannolikt utgöra en bra och välkomponerad produkt inom kategorin pendlarcyklar om den lanseras på marknaden.

Nyckelord: cykel, cykelpendling, pendlarcykel, tillförlitlig cykel, produktutveckling

Förord

Rapporten utgör dokumentationen av författarnas kandidatarbete vilket genomfördes under våren 2017 på Chalmers Tekniska Högskola vid institutionen för Produkt- och produktionsutveckling. Arbetet omfattar 15 högskolepoäng och utfördes av totalt sex civilingenjörstudenter från programmen Maskinteknik samt Teknisk design. Vi vill tacka vår handledare Erik Hulthén och examinator Lars Almefelt. Vidare vill vi tacka de respondenter som ställt upp på intervjuer och i synnerhet Jonas Andersson, VD på Skeppshult AB som dessutom bjöd på en trevlig rundtur i cykelfabriken.

Projektgruppen, Göteborg, maj 2017

Innehåll

Figurer	xiii
Tabeller	xvii
1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	2
1.3 Mål	2
1.4 Frågeställningar	3
1.5 Avgränsningar	4
2 Cykelteori	5
2.1 Konventionella cykeltyper	6
2.2 Cykeln som mekaniskt system	7
2.3 Motverkande krafter och mekaniska förluster	9
2.4 Mekaniska transmissioner	9
2.4.1 Konventionella lösningar för drivlinor	10
2.4.2 Tester av verkningsgrader	11
2.5 Bromsar	12
2.5.1 Bromstyper	12
2.6 Hjulkonstruktion	12
2.7 Ramkonstruktion och materialval	13
2.7.1 Korrosion	14
2.7.2 Laster på ramen	15
3 Metodöversikt	17
3.1 Förstudie och probleminentifiering	17
3.1.1 Intervjuer	18
3.1.2 KJ-metoden	18

3.1.3	Konkurrentanalys	18
3.1.4	HTA - Hierakisk uppgiftsanlys	18
3.1.5	Persona	19
3.1.6	Moodboard	19
3.1.7	Funktionsanalys	19
3.1.8	Kravspecifikation	19
3.2	Konceptframtagning	20
3.2.1	Brainstorming	20
3.2.2	Skissning	20
3.2.3	Morfologisk matris	20
3.2.4	Pugh-matris	20
3.2.5	Kesselring-matris	21
3.3	Vidareutveckling av valt koncept	21
3.3.1	CAD - Computer Aided Design	21
3.3.2	FEM - Finit-elementmetod	21
4	Genomförande och resultat	23
4.1	Förstudie och problemformulering	24
4.1.1	Genomförande av intervjuer och KJ-anlys	24
4.1.2	Kundens röst - Resultat från intevjuer och KJ-anlys	25
4.1.3	Konkurrentanalys inklusive HTA	28
4.1.4	Verktyg inför konceptgenerering - Ett avstamp från förstudien	30
4.2	Konceptframtagning	34
4.2.1	Samverkans effekter	35
4.2.2	Delsystem	35
4.2.3	Helhetskoncept - sammansatta delsystem	48
4.3	Vidareutveckling av det valda konceptet - Supercykeln	59
4.3.1	Konceptuellt övervägande - alternativ till pneumatiska kevlardäck	60
4.3.2	Ramkonstruktion	62
4.3.3	Övrigt stölskydd	66
4.3.4	Planetväxellåda fram	69
4.3.5	Tillbehör till packningslösningen lilla bron	71
4.4	Slutgiltigt koncept - Specifikation av supercykeln	72
5	Diskussion	75
5.1	Slutresultatet - En bra pendlarcykel?	76
5.2	Resultatets trovärdighet	77
5.2.1	Förstudien - Rättvisande problembild?	78

5.2.2	Utvärdering av lösningar - objektiva och rimliga bedömningar? . . .	79
5.2.3	Ramkonstruktion - Är konstruktionen rimlig?	80
6	Slutsats	81
7	Rekommendationer	83
	Bilagor - Innehåll	93

Figurer

2.1	Cykelns evolution. <i>Källa Wikimedia (u.å)</i>	5
2.2	Olika typer av cyklar (<i>Svensk Cykling, 2011</i>)	6
2.3	Cykelns delar (anpassad från <i>Cykeltidningen Kadens, 2008</i>)	7
2.4	Castervinkel & försprång	8
2.5	Cykelns dynamik	8
2.6	Schematisk friläggning av transmission	9
2.7	Principen för 3-växlad navväxel. Växel 1-3 med start uppifrån. Samman- koppade komponenter har samma färg	11
2.8	Fälg med radiella ekrar	13
2.9	Fälg med tangentiella ekrar	13
2.10	Principiell skiss av elektrokemisk korrosion	14
2.11	Lastfall för cykelram	15
3.1	Flödesschema för genomförande	17
4.1	Flödesschema för genomförande	23
4.2	Flödesschema för förstudien	24
4.3	Genomförande av KJ-analys	25
4.4	HTA för en cykelpendlare	29
4.5	HTA för en cykelpendlare, med fokus på införskaffandet	29
4.6	Johan, 39 år. <i>Källa Pexels (u.å)</i>	31
4.7	Moodboard som uttrycker önskat formspråk (se bildreferenser för bildkällor)	32
4.8	Schematisk bild över konceptframtagningsfasen	34
4.9	Schematisk friläggning av drivlina	37
4.10	Schematisk friläggning av drivlina	37
4.11	Enbent lösning	38
4.12	Konceptlösningar för drivlina	39
4.13	Konceptlösningar för lås	41
4.14	Konceptskiss för raka rör	42

4.15	Konceptskiss för lilla bron	42
4.16	Konceptskiss för stora bron	42
4.17	Konceptlösningar för packning	43
4.18	Konceptlösningar för stöd	43
4.19	Stöd och packning	43
4.20	Konceptlösningar för däck	45
4.21	Olika lösningar för strömförsörjning och trafiksäkerhetstillbehör.	46
4.22	Olika typer av bromsar	46
4.23	Olika typer av lösningar för styre	46
4.24	Olika typer av lösningar för sadelstolpe	47
4.25	Olika typer av lösningar för sadel	47
4.26	Olika typer av material för ram	47
4.27	Morfologisk matris för komponenter	48
4.28	Morfologisk matris för tilläggsutrustning	49
4.29	Morfologisk matris för komponenter med tre nya konceptframtagningar	53
4.30	Morfologisk matris för tilläggsutrustning med tre nya konceptframtagningar	53
4.31	Konceptskiss för <i>futuristisk</i> pendlarcykel	54
4.32	Konceptskiss för <i>praktisk och trafiksäker</i> pendlarcykel	55
4.33	Konceptskiss för <i>Supercykeln</i>	56
4.34	Resultatet av en estetisk utvärdering av de tre kvarstående koncepten.	57
4.35	Estetisk uppfyllnadsgrad	57
4.36	Flödesschema över vidareutvecklingsprocessen	59
4.37	3D-modellerade ramar	62
4.38	3D-modellerad ram med gaffel och lilla bron	63
4.39	Lastfall	63
4.40	Deformation under normal belastning	64
4.41	Deformation under normal belastning med mindre godstjocklek	65
4.42	Deformation under normal belastning	66
4.43	3D-modellerat sadellås med quick release	67
4.44	Sprängningsvy av sadelstolpe med quick release	67
4.45	Hexlox lösning för låsning av skruvar (HiConsumption, 2016)	68
4.46	Quick caps (<i>Quick caps, 2017</i>)	68
4.47	Modell av hjullås för quick release	69
4.48	Sprängningsvy av planetväxel	70
4.49	Genomskärningsvy av planetväxel	70
4.50	Tillbehör till packningslösning <i>lillabron</i>	71
4.51	Slutligt koncept, vy 1	73

4.52 Slutgiltigt koncept, vy 2	74
4.53 Slutgiltigt koncept, vy 3	74

Tabeller

2.1	Materialegenskaper för ram	14
4.1	Första kravspecifikationen	33
4.2	Tabell med lösningar för drivlina	38
4.3	Lösningsskoncept lås	40
4.4	Lösningsskoncept däck	44
4.5	Pugh-matris med nio koncept från morfologisk matris samt referenscykeln	50
4.6	Andra pugh-matris med helhetskoncept från morfologisk matris samt referenscykeln som referens	51
4.7	Kesselring-matris med de tre koncepten jämfört med ideal	58
4.8	Testkrafter	63
4.9	Specifikation över <i>supercykeln</i>	72

1. Inledning

Rapporten utgör dokumentation av ett produktutvecklingsprojekt kring temat pendlarcykel. Inledningsvis motiveras behovet av projektet under avsnittet bakgrund. Därefter följs formuleringar av projektets syfte, mål, frågeställningar och avgränsningar. Vidare ges relevant teori om cyklar och tillämpade metoder. Därefter presenteras projektets genomförande och resultat. Projektet omfattas av en förstudie där bland annat intervjuer genomförts för att identifiera problemområden med avseende på existerande produkter. Arbetets senare delar omfattar framtagande och utveckling av en konceptuell pendlarcykel. Slutligen presenteras arbetets diskussion, slutsats och rekommendationer.

1.1 Bakgrund

Under de senaste åren har det sålts allt fler cyklar i Sverige (Svensk Cykling, 2014). Cykling är ett miljövänligt och ekonomiskt transportsätt som i många avseenden även kan vara tidseffektivt och sjukdomsförebyggande (Svensk Cykling, 2011). Enligt Svensk Cykling (2016) cykelpendlar cirka 20 procent av Sveriges befolkning dagligen under sommarhalvåret och ungefär hälften så många under vinterhalvåret. Utöver de som pendlar dagligen finns det även många som väljer att ta cykeln någon dag i veckan. Samtidigt som cykelpendlandet bidrar till många positiva faktorer som exempelvis bättre hälsa, ekonomi och miljö, ställer det också höga krav på produkten. En bra pendlarcykel bör vara snabb, tillförlitlig, säker och bekväm. Det finns många olika typer av cyklar och vid valet av pendlarcykel görs avkall på några produktgenskaper till förmån för andra. Många cykelguider bistår med bra vägledning, men valet tycks dock vara högst personligt och långt ifrån självklart.

Cykling kan ofta vara relaterat med mer eller mindre allvarliga olyckor. Viss data pekar till och med på att cykelolyckan är den vanligaste typen av trafikolyckor (Svensk maskinprovning [SMP], 1998). Däribland utgörs drygt 70 procent av singelolyckor. Av dem kan en signifikant andel relateras till cykelns utformning och prestanda. Många olyckor beror på dåligt väggrepp, men en betydande del beror även på bromsegenskaper och andra tekniska brister (Staten Väg- och Transportinstitut, 2009). Andra vanligt förekommande fel är exempelvis kedjebrott, växelhaveri och framhjul som lossnar (SMP, 1998). Utöver tekniska fel som leder till skador känner nog många igen sig i mindre fel som ger upphov till

stor irritation. Det kan röra sig om missljud från kärvande växlar, skavande skärmar eller andra otillfredsställande komponenter. Cykelpendlare som väljer att investera både tid och pengar i sitt pendlande bör kunna förvänta sig högre kvalitet och säkerhet än vad många produkter erbjuder idag.

Väldigt få cyklar tycks uppfylla de krav som en bra pendlarcykel bör tillgodose. Relevanta tillbehör behöver ofta införskaffas separat och de är sällan anpassade till cykeln. Införskaffandet är alldeles för mödosamt med avseende på informationsinsamling, prioriteringar och komponerande av utrustning. Med tanke på det ökande intresset kring cykelpendling anser projektgruppen att det är högst aktuellt med ett produktutvecklingsprojekt av en tillförlitlig och välkomponerad pendlarcykel.

1.2 Syfte

Det övergripande syftet med projektet är att förenkla och främja cykelpendlande. Projektet syftar till att identifiera problem och förbättringspotential kopplade till cykeln som produkt samt generera konkreta lösningsförslag. Arbetet ämnar även bidra till förståelse för cykeln som transportmedel och mekaniskt system.

1.3 Mål

Det övergripande målet är att kunna presentera ett genomarbetat produktkoncept. Projektet är även förknippat med ett antal effektmål. I synnerhet avses att arbetet bör:

- Bidra till säkrare och mer komfortabla cykelresor.
- Minska användarens tidsbehov för underhåll och reparation.
- Leda till förbättrad hälsa hos individer.
- Leda till minskad klimatpåverkan från individer.
- Förhöja upplevelsen av cykelpendling.
- Öka kunskap inom ämnet hos både projektmedlemmar och andra intressenter.

1.4 Frågeställningar

Projektet ämnar förenkla och främja cykelpendlande med ett genomarbetat produktkoncept. Tidigare nämndes också att det tycks vara långt ifrån självklart vad som utmärker en bra pendlarcykel. Med projektet vill projektgruppen bringa klarhet i detta. För att kunna utveckla ett attraktivt produktkoncept behöver projektgruppen analysera rådande användningsförhållanden och produkter. Det är också viktigt att utveckla förståelse för marknadens nuvarande och potentiella kunder. Med projektets förstudie ämnar projektgruppen besvara följande frågeställningar:

- Hur långt och under vilka förhållanden cyklar pendlarna?
- Vilka produkter är aktuella för cykelpendlare idag?
- Vad är existerande lösningars fördelar respektive nackdelar och brister?
- Vilka problem möter en tilltänkt användare som är relaterat till cykeln?
- Vilka behov, krav och önskemål har cykelpendlare idag och vilka kan de tänkas ha i framtiden?
- Vilka funktioner och vilken prestanda innefattar nuvarande lösningar inom problemområdet?

Med resultat från förstudien avser projektgruppen kunna beskriva vilka egenskaper som utmärker en bra pendlarcykel. Senare delar av arbetet är betydligt mer lösningsorienterade och syftar till att besvara följande frågeställningar:

- Vilka funktioner och vilken prestanda bör en bra pendlarcykel innefatta?
- Vilka alternativa dellösningar medger de önskade funktionerna?
- Hur kan nya och befintliga dellösningar kombineras till en attraktiv produkt?

Målet är emellertid att kunna besvara vad som utgör en bra pendlarcykel på ett mer konkret plan via ett genomarbetat produktkoncept.

1.5 Avgränsningar

Projektet avser snarare att leverera en konceptuell lösning än att behandla detaljerade tillverkningsmetoder och försäljningsplaner. Konceptet som utvecklas bör dock med rimliga förändringar kunna tillverkas. Den skall därmed vara rimligt utformad för att passa konventionella tillverkningsmetoder.

Projektet begränsas till de resurser i form av tid, pengar och kunskap som finns tillgängliga. Arbetet omfattas av totalt 17 veckor varav cirka 4 utgörs av planering och upplägg. Med hänsyn till tidsramen begränsas omfattningen av intervjustudien till totalt 33 intervjuer och urvalet till personer som finns tillgängliga med rimliga medel.

Arbetet avser att fokusera på cykelns utformning och hur den används. Förändringar av yttre faktorer såsom trafikplanering och infrastruktur beaktas inte. Däremot beaktas yttre faktorer såsom trender, förväntningar och framtida förhållanden då de kan påverka produktens utformning.

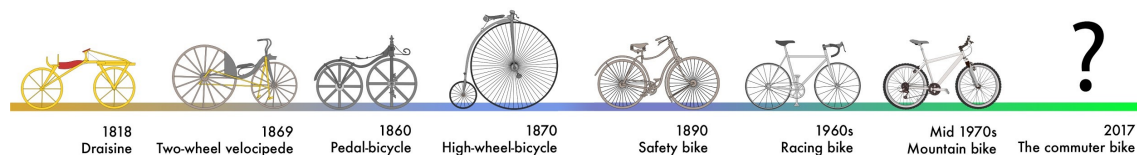
Arbetet avgränsas från att djupare analysera eventuella patentintrång. Det lämnas till företag som vill applicera lösningarna.

Utöver ovan nämnda presenteras ytterligare avgränsningar som beror av delresultat löpande i rapporten. I synnerhet avgränsas projektet till utveckling av en säkerhetscykel med konventionell pedalrörelse utan eldrift eller annan drivhjälp.

2. Cykelteori

I det här avsnittet presenteras ett axplock om cykelns historia, olika cykeltyper samt konventionella tvåhjulingars mekaniska egenskaper. Vidare presenteras relevant information om olika delsystem och existerande lösningar.

Det har konstruerats otaliga antal cykelvarianter de senaste 200 åren. Figur 2.1 nedan åskådliggör en förenklad bild av den konventionella tvåhjulingens evolution.



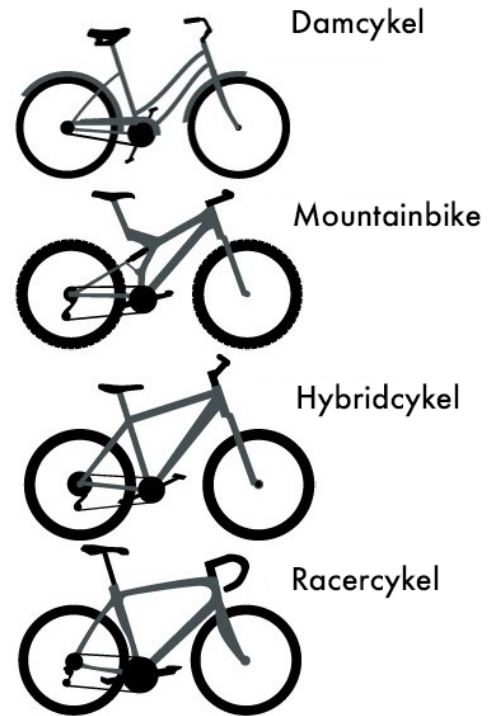
Figur 2.1: Cykelns evolution. Källa Wikimedia (u.å)

Omkring år 1818 tog utvecklingen fart. Den så kallade draisinen kom till. Det var ett tvåhjuligt fordon där cyklisten satt på en sadel och sparkade sig fram. Draisinen var även utrustad med en sorts styre för att kunna svänga (Hadland Lessing, 2014). Senare sattes vevstakar på bakhjulet som drevs med trampor framtill (Sidwells, 2003). Därefter infördes pedaler för direkt drift av framhjulet. År 1870 patenterades höghjulingen av brittiska James Starley. Det var därmed den första serietillverkade cykeln och dessutom tillverkad helt i metall. Framhjulet var omkring 150 centimeter i diameter och gav fördelaktig utväxling i de populära cykeltävlingarna (Nationalencyklopedin, u.å.c).

År 1885 uppfann brittiska John K. Starley den så kallade säkerhetscykeln med utförande likt konventionella cyklar. Säkerhetscykeln utrustades med kedjedrift till bakhjulet och innebar en stor förbättring ur ett säkerhetsperspektiv i jämförelse med dess föregångare. Via storleksförhållandet mellan kedjehjul och krans erhöles utväxling i storleksordning av höghjulingens (Nationalencyklopedin, u.å.a).

2.1 Konventionella cykeltyper

Bland konventionella cyklar har inga radikala förändringar i grundutförandet gjorts sedan säkerhetscykeln. Vissa principiella skillnader finns dock. Figur 2.2 åskådliggör några exempel på konventionella varianter. Cykelramar består ofta av två trianglar eftersom det ger en styv konstruktion (Glaskin, 2012). Damcykeln utgör dock ett undantag. Den låga ramen förenklar på- och avstigning men utförandet fordrar mycket material för tillräcklig styvhet. För terrängcykling rekommenderas mountainbikes då de är försedda med bland annat kraftiga däck, stötdämpare och många växlar. Racingcyklar är byggda för fart. De är avskalade från onödiga komponenter, har låg vikt och tillgodoser god aerodynamik genom en framåtlutad körställning. Hybridcyklar utgör en kombination mellan mountainbike och racer. De är stabilare än racingcyklar och erbjuder en mer upprätt sittställning. Växlarna är i regel lika många som på en mountainbike medan de smala hjulen kommer från racern (Svensk Cykling, 2011).

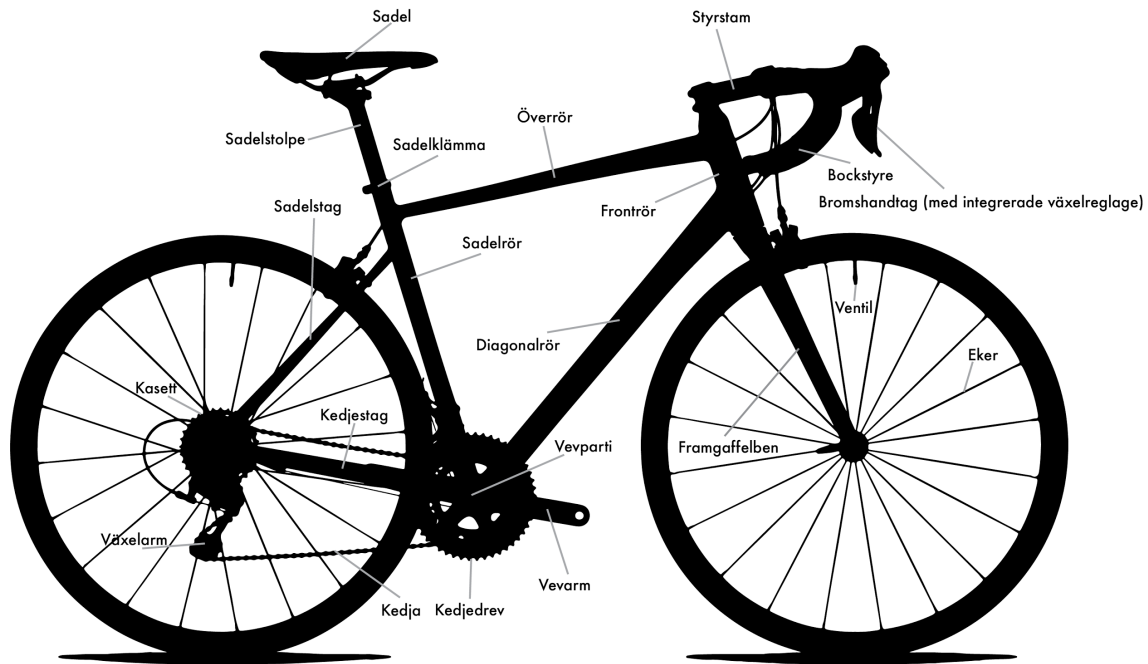


Figur 2.2: Olika typer av cyklar
(Svensk Cykling, 2011)

På senare tid har vissa cyklar utrustats med elmotor och benämns elcyklar. De är ofta elastiserade vilket innebär att motorn endast ger fart då pedalerna rör sig. I Sverige får elcykelmotorer maximalt generera 250 W och endast assistera vid hastigheter upp till 25 kilometer per timme (Nationalencyklopedin, u.å.b).

2.2 Cykeln som mekaniskt system

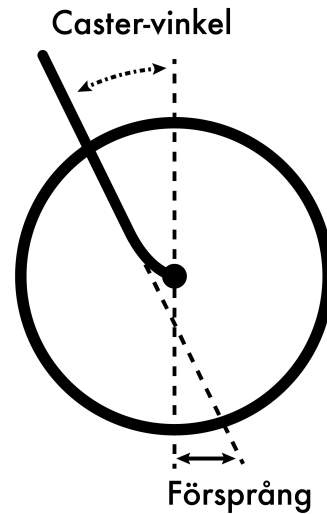
Konventionella cyklar har som tidigare nämnt i princip samma utförande som den så kallade säkerhetscykeln från 1885. Således föreligger inga radikala skillnader mellan konventionella tvåhjuliga cyklar. I figur 2.3 nedan presenteras en typisk konstruktion med benämning på viktiga komponenter.



Figur 2.3: Cykelns delar (anpassad från Cykeltidningen Kadens, 2008)

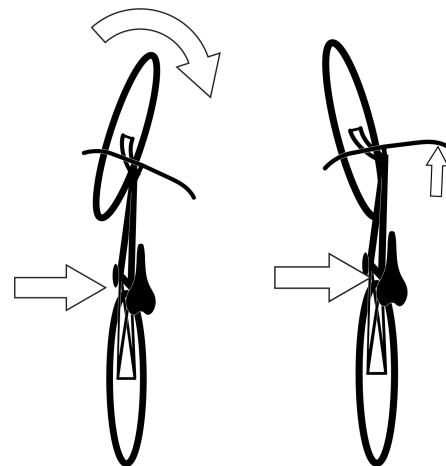
Tänkbara undantag kan naturligtvis förekomma. De flesta bygger dock på samma principiella utseende som säkerhetscykeln. Likheterna tillåter att ett stort antal cyklars egenskaper kan förklaras utifrån samma fysikaliska effekter. Tvåhjuliga stillastående cyklar utgör ett instabilt mekaniskt system. Utan reglering eller annat stöd faller den till marken. Under rörelse kan cyklar dock utgöra ett stabilt system. Enligt Glaskin (2012) kan dynamiska effekter hålla förarlösa cyklar i upprätt läge vid tillräckligt höga hastigheter (ofta cirka 14 km/h). Ofta nämns gyroskopeffekter på grund av hjulens rörelsemängdsmoment som en bidragande, men försumbar faktor till stabiliteten. Styrningen av framhjulet har högst inverkan på fenomenet (Schwab, 2011a).

Castervinkeln är vinkeln mellan styraxeln och den vertikala linje som skär hjulets kontaktpunkt med underlaget (linjen skär även navet). En positiv castervinkel verkar för ett så kallat försprång (se figur 2.4). Cykeln i figuren utgör även ett utmärkt exempel på hur försprånget kan minskas för given castervinkel. Genom att låta gaffeln vara krökt framåt ner mot navet erhålls mindre försprång och därmed lättare styrning. Försprånget bidrar emellertid till stabilitet i framhjulets styrning under rörelse (Glaskin, 2012). En liten avvikelse i styrningen rätas upp eftersom friktionskrafter från vägen verkar med ett tillbakavridande moment på styraxeln. I kontrast kan kundvagnshjul samt hjul på kontorsstolar nämnas som exempel. Vid rörelse är ett sådant hjul instabilt så länge styraxeln ligger bakom navet i färdriktningen. Minsta avvikelse leder till att hjulet vänder runt. Stor positiv castervinkel och försprång leder till stabilare styrning.



Figur 2.4: Castervinkel & försprång

Försprånget verkar även för att framhjulet svänger åt samma håll som cykeln lutar (se figur 2.5 a). I fall där cykeln verkar självstabiliserande leder svängningen till att hjulets kontaktpunkter med underlaget förflyttas till ett stabilt läge. Försprånget och den svängande gyroskopeffekten bidrar till att cykeln styr åt rätt håll, men forskning inom ämnet visar också att det finns andra faktorer som påverkar styrningen (MinutePhysics, 2015). Enligt Schwab (2011b) kan även cyklar utan försprång verka självbalanserande genom styrning.



(a) Självstabilisering: Cykeln svänger mot lutningen. Styrningen förflyttar hjulen så att cykeln rätas upp.
 (b) Motstyrning: Tryck höger för att luta och svänga åt höger.

Figur 2.5: Cykelns dynamik

Det är åtminstone styrningen som motverkar lutningen och rätar upp cykeln. Så kallad motstyrning bygger på samma principer (se figur 2.5 b). Vid svängning med en tvåhjulig cykel utgör lutning in mot kurvans krökningscentrum en nyckelfaktor. Cyklisterna styr ofta omedvetet i motsatt riktning vilket ger lutning inåt kurvan (Glaskin, 2012).

2.3 Motverkande krafter och mekaniska förluster

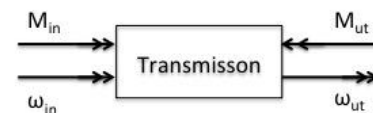
Pendlarna är tyvärr inte förskonade från motverkande krafter som bromsar dem och bidrar till längre restider och kämpigare färd. Glaskin (2012) lyfter fram fyra typer av krafter som verkar bromsande på cyklisterna:

- Luftmotstånd
- Mekaniska friktionsförluster
- Rullmotstånd
- Gravitation

Vid relativa lufthastigheter över cirka 15 kilometer per timme är det i huvudsak luftmotståndet som utsätter cyklisten för mest arbete. Det finns aerodynamiska komponenter som används vid tävlingar men sittställningen har störst inverkan. Mekaniska friktionsförluster är kopplade till drivlinans verkningsgrad och beror på typ av drivlina samt dess skick. Rullmotstånd beror framförallt på hysteres i däcken (när däcken kommer i kontakt med vägen sker en deformation och de återfjädrar inte med samma energi som det gick åt till deformationen). Gravitation möjliggör cykling genom upprätthållandet av kontakt med marken men bidrar till hårt arbete i uppförsbackar (Glaskin, 2012).

2.4 Mekaniska transmissioner

Transmissioners huvudfunktion är att omvandla hastighet och belastning (Mägi & Melkersson, 2014). På cyklar avses oftast anpassning av moment och varvtal (se figur 2.6). Transmissioner karakteriseras ofta av utväxling och verkningsgrad. Mägi och Melkersson (2014) definierar begreppen enligt följande:



Figur 2.6: Schematisk friläggning av transmission

$$i = \frac{\omega_{in}}{\omega_{ut}} \quad (2.1)$$

$$\eta = \frac{P_{ut}}{P_{in}} = \frac{\omega_{ut}M_{ut}}{\omega_{in}M_{in}} \quad (2.2)$$

Det bör dock nämnas att växeltillverkare som exempelvis Shimano tillämpar en annorlunda definition av utväxling. Nämligen inversen av uttrycket ovan (Shimano American Corp. 2017).

Konventionella cykeltransmissioner karakteriseras av att vara formbetingade. Med formbetingad avser Mägi och Melkersson (2014) transmissioner utan hastighetsförluster. Det vill säga utväxling som är geometriskt bestämd av exempelvis kuggar eller liknande. I kontrast kan slirande flatremmar nämnas som ett exempel. Med den formbetingade cykeltransmissionen fås för varje växel en given, geometriskt bestämd, utväxling mellan rotationen på vevaxeln och rotationen på det drivande hjulet. Förlusterna som uppstår kan då modelleras som momentförluster på grund av friktion. Vid stationär drift och formbetingad transmission gäller följande:

$$M_{ut} = i\eta M_{in} = \frac{\omega_{in}}{\omega_{ut}}\eta M_{in} \quad (2.3)$$

Under acceleration bör respektive massas yttröghetsmoment och vinkelacceleration även beaktas (om de inte är försumbara).

2.4.1 Konventionella lösningar för drivlinor

Drivlinan innefattar ofta en rullkedja som löper över två kransar. Olika utväxlingar uppnås vanligtvis genom utanpåliggande kransväxlar eller navväxlar (Glaskin, 2012). I kombination med navväxlar återfinns även tandrem och drivaxel som substitut till kedjan (Hadland, Lessing, 2014).

Utanpåliggande kransväxlar innebär att användaren kan få kedjan att byta krans via en växelförare. Utväxlingen sker helt enkelt genom att anpassa storleksförhållandet mellan främre och bakre krans på vilka kedjan löper. Lösningen innefattar även extra mekanismer på växelföraren som håller kedjan spänd (Glaskin, 2012).

De minst komplicerade navväxlarna består av en planetväxel där solhjulet är fixerat (se figur 2.7) Utväxlingen ändras sedan genom att skifta vilka komponenter som fixeras med varandra. Varvtal och moment kommer in i växeln från bakre kedjekrans och går ut vid hjulnavet. På treväxlade navväxlar kan första växeln erhållas genom att låsa kedjekransen

till ytterringen och planeterna till hjulnavet, den andra växeln genom att låsa kedjekransen med hjulnavet och tredje växeln genom att låsa kedjekransen med planeterna och ytterringen med hjulnavet (Archer, 2012). Det finns dock mer avancerade lösningar som tillgodoser fler växlar och innefattar då oftast ett system av planetväxlar (Burkhart, 2017).

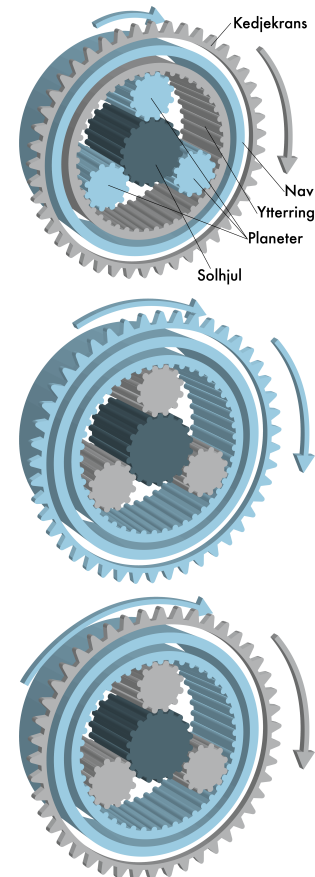
Axeldrift innefattar ofta en konisk snedkuggväxel i vardera ände av axeln som förenar bakre hjulnav med pedalernas vevaxel (Glaskin, 2012). Främsta anledningen till att snedkuggshjul används är generellt för att reducera vibrationer och ljudnivå (Mägi & Melkersson, 2014). Axeln kallas ofta felaktigt för kardanaxel vilket skulle innebära att kraftöverföringen innefattar universalkopplingar. Axeldrift har signifikant lägre verkningsgrad än kedjedrift (Glaskin, 2012). En del tillverkare hävdar dock att verkningsgraden är så hög som 94 procent (McLaren, 2006), dock har inga bekräftande resultat från oberoende tester hittats och Glaskin (2012) menar att verkningsgraden är cirka 90 procent. Anledningen till den lägre verkningsgraden är för att den medför två extra kuggväxlar där rotationsriktningen vrids cirka 90 grader båda gångerna. Med sneda kuggar erhålls även ett böjande moment på axeln vilket ger ytterligare bidrag till energiförlusterna.

Tandremmen har ungefär samma verkningsgrad som rullkedjan men den totala transmissionen erhåller ofta lägre verkningsgrad än utanpåliggande kransväxlar då remdriften kombineras med en navväxel vilken ofta har något sämre verkningsgrad. I övrigt är tandremmen ofta tystgående, har lång livslängd och är i princip underhållsfri (Glaskin, 2012).

Bakdrev (krans/kassett eller remhjul) är ofta placerade på insidan av kedjestaget. Placeringen ger en fördelaktig kraftbild och stagen skyddar drivlinans komponenter. Vid remdrift innebär det dock att ramen måste vara separabel för att remmen skall kunna monteras (till skillnad från kedjan kan remmen inte tas isär).

2.4.2 Tester av verkningsgrader

Ett test visar att kedjan har en genomsnittlig förlust på cirka 3 W medan remmen har en förlust på cirka 4 W. Vid effekter över dryga 200 W är remmen dock effektivare (Huang,



Figur 2.7: Principen för 3-växlad navväxel. Växel 1-3 med start uppifrån. Sammankopplade komponenter har samma färg

2013). Om det existerar en skillnad som beror på valet mellan kedja och rem tycks den vara så pass liten att skillnaden inte är signifikant för en pendlarcykel. Verkningsgraderna beror på effekt och förhållanden. För en kedja vid 200 W ligger verkningsgraden på cirka 97 procent (Hoogstrate, 2016). Testet var genomfört med en rigg under förhållanden som kan anses likvärdiga med en underhållen kedja under verkliga förhållanden. Remmens verkningsgrad uppskattas till ungefär detsamma men det skall tilläggas att kedjans verkningsgrad sjunker signifikant om underhållet är bristfälligt med avseende på rengöring och smörjning. Under samma test erhöll den 11-växlade navväxeln Shimano Alfine en verkningsgrad på cirka 87-94 procent beroende på effekt.

2.5 Bromsar

Huvudfunktionen för bromsar är att retardera rörliga maskindelar genom energiupptagning (Mägi & Melkersson, 2014). På cyklar används de för att minska hjulens rotationshastighet. Det vanligaste är att den kinetiska energin omvandlas till termisk energi genom friktion. Vissa elcyklar är emellertid utrustade med regenererande bromsar där kinetisk energi omvandlas till elektrisk energi för att senare kunna omvandlas till kinetisk energi på nytt (Hicks, 2013).

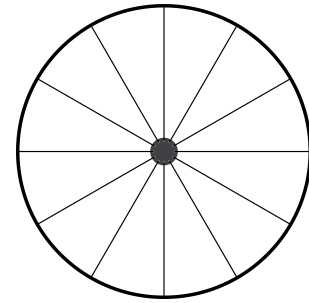
2.5.1 Bromstyper

Det finns många typer av fälgbromsar. De utgörs bland annat av V-bromsar och Cantilever-bromsar (Hallett, 2014). De skiljer sig åt med avseende på mekanismer för applicering av bromskraft. Gemensamt är att bromskraften appliceras ute på fälgen. På många andra bromstyper appliceras bromskraften istället närmare navet. Skivbromsar är vanligt förekommande på cyklar och ger god bromsförmåga. Skivan är fixerad till hjulnavet och bromskraften appliceras på skivan via ett bromsok som är fixerat på ramen. Kraften överförs från bromsreglaget till oket med vajer eller hydraulik. Trumbromsar fungerar genom att backar trycks mot de inre väggarna av trumman (Hallett, 2014). Nu för tiden erbjuds trumbromsar framförallt i form av antingen rullbroms eller navbroms. Rullbroms är en typ av trumbroms från Shimano som är lättare än traditionella trumbromsar (Billings-Smith, 2011) och navbromsar är samma sak som konventionella fotbromsar.

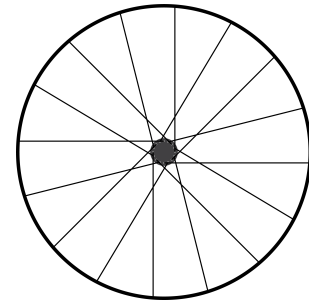
2.6 Hjulkonstruktion

Hjulens huvudfunktion är att tillgodose rullning. Konventionella cykelhjul består av nav, ekrar, fälg och pneumatiska däck. Det ligger ofta en slang i däcket som inkapslar luften. Vridmoment överförs mellan nav och fälg via ekrar. Däck tillgodoser friktion mellan fälg och underlag, de bidrar även till högre komfort.

Ekrarna är utformade för att belastas i drag (Glaskin, 2012). Det är alltså snarare så att cykeln hänger i ekrarna än att ekrarna skulle vara belastade i kompression. Under kompression skulle de snabbt utsättas för knäckning. De första ekrarna var så kallade radiella ekrar (se figur 2.8) vilket innebär att de endast går i radiell riktning. Konstruktionen är sämre på momentöverföring mellan nav och fälg än tangentiella ekrar (se figur 2.9) vilka kan överföra moment under draglast utan att utböjning är nödvändig (Hadland & Lessing, 2014). Tangentiella ekrar är därmed att föredra om höga moment skall transporteras mellan nav och fälg. Det gäller såväl vid drivning som inbromsning. Ekrarna utsätts i regel för något högre belastningar med bromstyper som applicerar bromskraften vid navet (jämfört med fälgbromsar) eftersom momentet behöver överföras från nav till fälg (Jobst, 1993).



Figur 2.8: Fälg med radiella ekrar



Figur 2.9: Fälg med tangentiella ekrar

Det bör dock nämnas att radiella ekrar återfinns på många racer-cyklar än idag då de medför något lägre vikt. De lämpas dock i regel bara till framhjul i kombination med fälgbroms. Viktreducering på hjulen är viktigt eftersom roterande massor med högt yttroghetsmoment är trögare att accelerera (Glaskin, 2012). Det finns även ett intresse för aerodynamisk utformning av cykelhjul, framförallt i tävlingssammanhang (Glaskin, 2012).

2.7 Ramkonstruktion och materialval

Materialval är viktigt eftersom det har inverkan på många faktorer. Det påverkar framför allt vikt och pris men även andra faktorer som exempelvis komfort (Glaskin, 2012). Som rammaterial lyfts ofta följande fyra fram:

- Stål
- Aluminium
- Titan
- Kolfiber

Stål är ett material som använts länge för sina fjädrande egenskaper och styrka. Det medför lågt pris i både inköp och tillverkning. Stållramar tillverkas framför allt i krommolybdenstål eller mildt stål (Glaskin, 2012). Aluminiumlegeringar är ett prisvärt alternativ som är lätt, starkt och styvt. De vanligaste är 6061 och 7005. Den förstnämnda är mer formbar vilket

2. Cykelteori

ökar möjligheterna att ge önskad form på ramen till ett lägre kostnad (Bike Advisor, 2016). De innehåller många legeringsämnen, däribland magnesium, kisel och zink (CES, 2017). Titanlegeringar erbjuder goda materialegenskaper överlag. Nackdelen är framför allt högt pris. Ramar av titan är typiskt legerat med lite aluminium och vanadium (BikeExchange, 2016). Kolfiber är en komposit bestående av en polymer som är förstärkt med kolfiber. Materialets slutgiltiga styrka och brottseghet beror på hur långa fibrerna är. Långa fibrer ger bättre materialegenskaper men är svårarbetade och därmed dyrare. Eftersom det finns flera olika sätt att kombinera kolfiber så har även detta material väldigt skilda materialegenskaper. För vanlig användning används en kolfiber med medelhög E-modul och medelhög hårdhet (Bicycling, 2014). Kolfiber erbjuder styrka, styvhet, låg vikt och dessutom dämpning men till ett väldigt högt pris. Kolfiber karakteriseras liksom keramer för att vara spröda material.

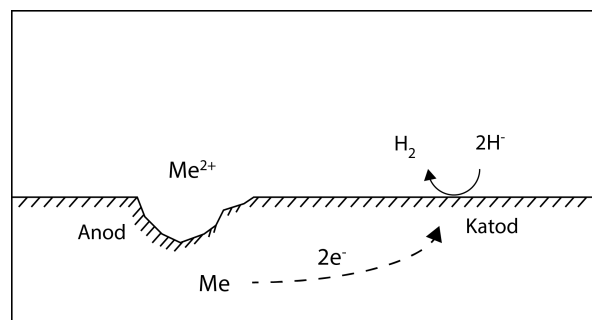
Från datorprogrammet CES EduPack (2016) hämtades värdena på materialegenskaperna för nämnda material. I bilaga A åskådliggörs hur de nämnda materialens styvheter respektive densiteter förhåller sig till varandra och i tabell 2.1 nedan listas viktiga mekaniska egenskaper för respektive material.

Tabell 2.1: Materialegenskaper för ram

Materialegenskaper cykelram					
Beteckning	Densitet [kg/m ³]	E-modul [GPa]	Sträckgräns [MPa]	Brottseghet [MPa]	Pris [SEK/kg]
Milt stål (AISI 1020)	7850	210	330	390-450	5,02
Krommolybdenstål (AISI 4130)	7850	209	360	560	5,54
Aluminiumlegering (6061 T6)	2700	71	193-290	241-320	20,6
Titan (3Al2.5V)	4480	93	483-620	621-750	182
Kolfiber (high modulus, 5 micron,f)	1825	380	1910-2110	2405	395

2.7.1 Korrosion

Vid korrosion sker en elektrokemisk nedbrytning av anodytan (se figur 2.10). Anoden utgör ytan där elektroner avges och oxidation sker medan katoden utgör ytan där elektroner tas upp och reduktion sker (Mattson & Norell, 2012). Vid kombinationer av olika rammaterial kan det finnas risk för galvanisk korrosion. Enligt Mattson &

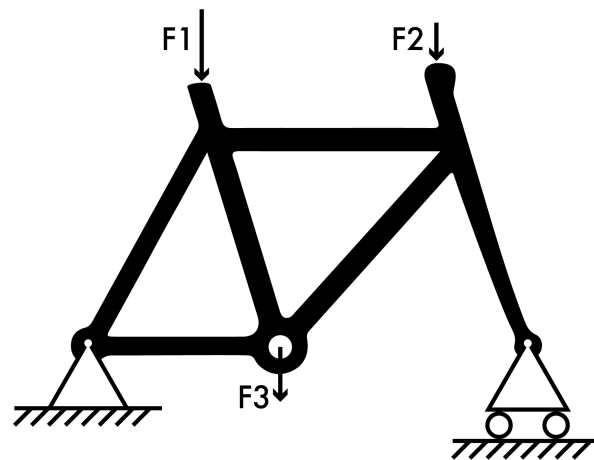


Figur 2.10: Principiell skiss av elektrokemisk korrosion

Norell (2012) kan korrosionstypen uppstå vid metallisk kontakt mellan två ytor där den minst ädla blir anod och korroderar. Är katodytan större än anodytan kan korrosionen gå mycket snabbt. Då denna korrosionstyp beror av den elektriska ledningen mellan metaller kan fenomenet förebyggas genom att använda isolering mellan materialen. Material med liknande ädelhet har mindre risk för galvanisk korrosion, exempelvis så kan syrafasta eller förzinkade stålskruvar användas i aluminiumramar för att minimera aluminiumets erodering (Classic motor, 2013). Atmosfärisk korrosion är den korrosionstyp som sker på material i luft (Mattson & Norell, 2012). Cyklar med dåligt korrosionsskydd kan råka ut för atmosfärisk korrosion, exempelvis om de lämnats utomhus och elektrolyt i form av regn tillsätts. För passiverbara metaller finns det även risker för spaltkorrosion. Uppstår en spalt mellan två metaller där en liten vätskevolym tränger in kan oxidationsmedlet förbrukas och passiveringen i spalten upphöra. Det kan då bildas en liten anodyta i spalten medan omgivande passiverade metallytor bildar en stor katod (Mattson & Norell, 2012).

2.7.2 Laster på ramen

Guan et al. (2011) menar att tre standardlaster ofta används för att testa ramars hållfasthet. Lastfallet visas i figur 2.11 nedan och innefattar tre vertikala krafter.



Figur 2.11: Lastfall för cykelram

Randvillkoren är ekvivalenta med två stela och lätttrullade hjul som endast kan rulla ifrån varandra i längsled. Enligt Guan et al. (2011) belastas sadelröret med 500 N (F_1), frontröret med 100 N (F_2) och vevpartiet med 250 N (F_3) enligt standard. Enligt ett test som genomförts av Guan et al. (2011) underskattas ofta lasten på vevparti och frontrör medan den på sadelröret överskattas. Testet genomfördes för sex olika förhållanden varav medeltalen för lasterna var cirka 236 N på sadelröret (F_1), 330 N på frontröret (F_2) och 374 N på vevpartiet (F_3). Med avseende på de lasterna blir ramstyvheten ofta dimensionerande. Dock är det

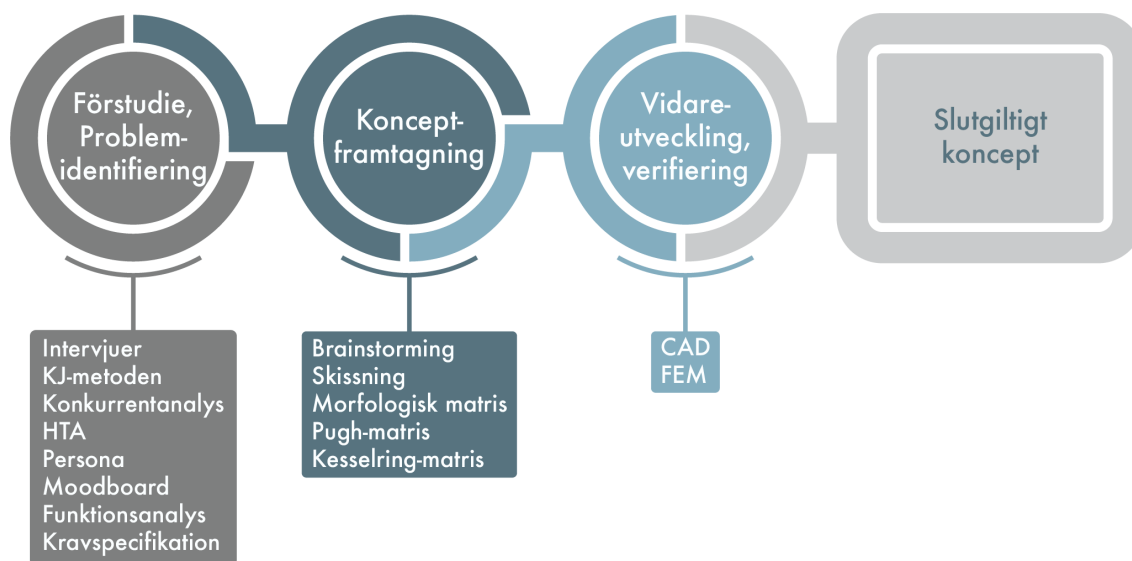
2. Cykelteori

emellertid praxis att ligga inom sträckgränsen vid laster som är fyra gånger så stora som de cyklisten normalt applicerar.

3. Metodöversikt

I följande avsnitt beskrivs valda metoder för projektet allmänt utifrån litteraturen. De presenteras efter arbetets struktur vilket innefattar tre huvudfaser. Projektets förstudie omfattas av metoder för informationsinsamling samt analys av information. Konceptframtagningsfasen av metoder för konceptgenerering och utvärdering. Vidareutvecklingsfasen av metoder för konstruktion och verifiering.

Arbetsgången kan beskrivas med ett flödesschema enligt figur 3.1 nedan.



Figur 3.1: Flödesschema för genomförande

De tre huvudfaserna; *förstudie*, *konceptframtagning* och *vidareutveckling* ämnade resultera i en eller flera leverabler vardera. För att nå dit tillämpades de metoder och verktyg som finns nämnda under respektive fas.

3.1 Förstudie och problemidentifiering

Förstudien syftade till att etablera en problembild för projektet. Nedan beskrivs metoder för informationsinsamling och analys av information. Vidare presenteras verktyg i form av persona, moodboard och kravspecifikation vilka utgör viktiga underlag till konceptframtagningsfasen och bidrar till konkretisering av problembilden.

3.1.1 Intervjuer

Intervjuer anses vara en lämplig metod för informationsinsamling eftersom det ger en bild över hur användaren tänker runt och upplever handhavandet av en produkt. Intervjuer kan delas upp i strukturerade, semistrukturerade och ostrukturerade intervjuer (Wikberg Nilsson, Ericson & Törlind, 2015). Strukturerade intervjuer består av förberedda frågor och är bäst lämpade när kvantitativ data efterfrågas. Vid ostrukturerade intervjuer är frågorna öppna och det finns utrymme för eventuella följdfrågor, vilket är att föredra då kvalitativ information söks. Semistrukturerade intervjuer utgör ett mellanting och är det som tillämpats i det här projektet.

3.1.2 KJ-metoden

KJ-metoden (efter upphovsmannen Jiro Kawakita) eller Affinity diagram är en metod som används för att organisera idéer eller data under olika teman. Den kan användas som en kontextuell analys av insamlad kvalitativ data från intervjuer, observationer eller andra metoder. Proceduren inleds med att skriva ned den aktuella datan (till exempel citat från intervjuer) på post-it-lappar, för att sedan sortera dem under olika identifierade kategorier. Blir kategorierna stora kan även underkategorier användas (Wendell, 2004, Tague, 2004).

3.1.3 Konkurrentanalys

Benchmarking eller konkurrentanalys är en metod vilken ämnar identifiera olika lösningar som tillfredsställer brukarnas behov och krav samt utvärdera hur väl de uppfyller uppsatta kriterier. Vanliga kriterier kan vara kostnad, kvalitet, tid eller olika tekniska lösningar. Syftet är att söka efter de bästa lösningarna för att ta fram produkter som matchar kundernas förväntningar på bästa sätt och till rätt kostnad. Det kan innebära att titta på olika konkurrenters produkter eller processer i samma eller andra branscher. Det är viktigt att inte påbörja arbetet innan en förståelse har uppnåtts kring problemet och brukarnas behov för att inte fastna i befintliga lösningar. Metoden kan användas för att söka inspiration från andras problemlösningar både inom och utanför problemområdet (Curedale 2012, Wikberg Nilsson, Ericson & Törlind, 2015, Österlin, 2007).

3.1.4 HTA - Hierarkisk uppgiftsanalys

HTA (Hierarchical task analysis) är en metod för att bryta ned huvuduppgifter i mindre delmoment (Bohgard et al., 2015). Uppgiften bryts ned tills önskad detaljnivå erhålls. Det är en systematisk metod för att erhålla god överblick och förståelse för en uppgift.

3.1.5 Persona

Persona är en fiktiv person och kan användas för att förstå mål, beteenden och drivkrafter hos eventuella användare. Personor kan också användas för att identifiera viktiga aspekter och funktioner, bedöma mål- och behovsuppfyllnad, underlätta beslutsfattande i produktutvecklingens olika faser samt för att skapa en gemensam grund för kommunikation. Viktigt att notera är att personor är fiktiva, då de annars lätt kan ge en felaktig förståelse av användarna och bör därmed ses som ett komplement till undersökningar (Curedale 2012, Pruitt & Grudin 2003).

3.1.6 Moodboard

En imageboard eller moodboard är ett kollage av olika bilder eller illustrationer som används för att visuellt kommunicera en tänkt estetik, kontext, stil, känsla eller annan aspekt av konstruktionen. De har länge använts i en rad olika yrkeskategorier där syftet oftast är att inspirera och sälja. Den typiska imageboarden skapas efter en estetik, känsla, livsstil eller ett sammanhang men kan även innehålla olika tekniska eller konkurrerande lösningar. De kan hjälpa utvecklingsteam att nå en gemensam målbild och se till att gruppen går i samma riktning (Wikberg Nilsson, Ericson & Törlind, 2015).

3.1.7 Funktionsanalys

Syftet med funktionsanalys är att uttrycka krav och önskemål i funktioner istället för lösningar. Det medför högre flexibilitet då en funktion kan levereras genom flera olika lösningar. Funktionsanalysen kan genomföras genom att ange en huvudfunktion för en produkt/tjänst, vilken sedan bryts ner till dess underfunktioner. Dessa funktioner anges ofta som ett verb följt av ett substantiv, exempelvis transportera människor och rangordnas efter dess betydelse. Vanligtvis benämns dessa som; huvudfunktion (HF), nödvändig funktion (N), önskvärd funktion (Ö) och onödig funktion (O) (Johannesson, Persson & Pettersson, 2004, Landqvist, 2001).

3.1.8 Kravspecifikation

Genom att tydligt åskådliggöra krav och önskemål som sätts upp hos funktionerna kan kravspecifikationen med fördel upprättas utgående från funktionsanalys. Funktionerna kan vara både konkreta och figurativa. Det är dock viktigt att inte ta med allt för precisa funktioner då det kan hämma lösningsgenerering (Österlin, 2007). Kravspecifikationen skall vara en produkt av förstudien (Johannesson, Persson & Pettersson, 2004) där varje funktion ges ett kriterium som måste uppfyllas för att lösningen skall ha uppfyllt funktionen. Dessa kan sedan viktas för att skapa en bättre valideringsmodell.

3.2 Konceptframtagning

Konceptframtagningsfasen syftade till att generera och utvärdera olika lösningar och ämnade resultera i ett koncept för vidareutveckling. Inledningsvis beskrivs metoder för att generera och visualisera idéer. Därefter presenteras verktyg för konceptgenerering i form av morfologisk matris följt av utvärderingsverktyg i form av urvalsmatriser.

3.2.1 Brainstorming

Brainstorming är en metod som på ett kreativt tillvägagångssätt inspirerar och stimulerar tankeprocessen i syfte att snabbt få fram olika aspekter eller lösningar på ett problem. Den kan förbättra förståelsen för olika problem och låsa upp mentala spärrar. I processen är det viktigt att undvika negativ kritik. Fokus bör läggas på att försöka få så många och olika förslag som möjligt. Brainstorming kan göras både individuellt eller i grupp. Medlemmarna får gärna ha olika bakgrund (Curedale, 2012, Mongeau & Morr, 1999).

3.2.2 Skissning

Skisser är ett snabbt och effektivt sätt att förmedla och visualisera idéer. Det kan vara allt från snabba skisser för att diskutera och visa idéer, form och flöden till förfinade och renderade skisser för att sälja in ett koncept. Skissning är dessutom ett sätt att bearbeta tankar där olika förslag och lösningar utvecklas, testas och verifieras för att sedan förfinas eller förkastas. Det kan användas i flera olika steg i produktutvecklingsfasen (Lawson, 2005, Österlin, 2007).

3.2.3 Morfologisk matris

Morfologisk matris är en metod som används vid idégenerering för att snabbt ta fram olika lösningar på ett antal givna kriterier hämtade från funktionsanalysen. Alla tänkta funktioner som produkten skall utföra ställs upp och lösningar på funktionerna listas sedan. Genom att kombinera olika dellösningar med varandra kan ett stort antal helhetslösningar skapas. (Curedale 2012, Wikberg Nilsson, Ericson Törlind, 2015, Österlin, 2007).

3.2.4 Pugh-matris

Pugh-matriser används som underlag för att fatta beslut efter huruvida flera olika konceptförslag förhåller sig mot varandra utifrån ett antal kriterier. Olika kriterier ställs upp i en matris där de olika förslagen jämförs mot en vald referens, vanligtvis en existerande produkt. Förslagen betygssätts sedan gentemot referensen utefter respektive kriterium, där de antingen är likvärdiga, överträffar eller är sämre än referensen. I vissa fall används en viktad matris vilket innebär att kriterierna värderas efter hur viktiga de anses vara. Slutligen summeras resultatet för varje förslag (Johannesson, Persson, Pettersson, 2004).

3.2.5 Kesselring-matris

Kesselring-matris är likt Pugh-matris en metod för att fatta beslut och utvärdera olika typer av konceptförslag. Den väsentliga skillnaden ligger i att lösningarna poängsätts på en skala istället för att jämföras sinsemellan. Kriterierna är viktade och viktningen multipliceras med poängen på hur väl kriteriet uppfylls. Erhållna produkter summeras sedan till en totalpoäng för varje lösning (Johannesson, Persson, Pettersson, 2004). Med Kesselringmatris erhålls mer detaljerad jämförelse mellan olika alternativ än med Pugh-matris.

3.3 Vidareutveckling av valt koncept

Vidareutvecklingsfasen syftade till att konkretisera och vidareutveckla det valda konceptet till en produkt i prototypstadiet. Nedan beskrivs verktyg och metoder för konkretisering, visualisering och analysering.

3.3.1 CAD - Computer Aided Design

CAD är en typ av programvara där ingenjörer, arkitekter och designers modellerar och simulerar sina koncept och idéer. Koncepten kan visualiseras i antingen 2D eller 3D, roteras med både olika typer av ljuskällor och önskade materialval. CAD-modellering används istället för handritade ritningar och för att samla data av ett koncept innan det tillverkas. Med CAD-modeller är det möjligt att, i en digital miljö, simulera hur väl ett koncept skulle prestera i verkligheten (Autodesk, 2017). I det här projektet har CATIA används. Det är ett CAD-verktyg från Dassault Systèmes (3DS, 2017). Vidare används VRED från Autodesk (2017) för visualisering.

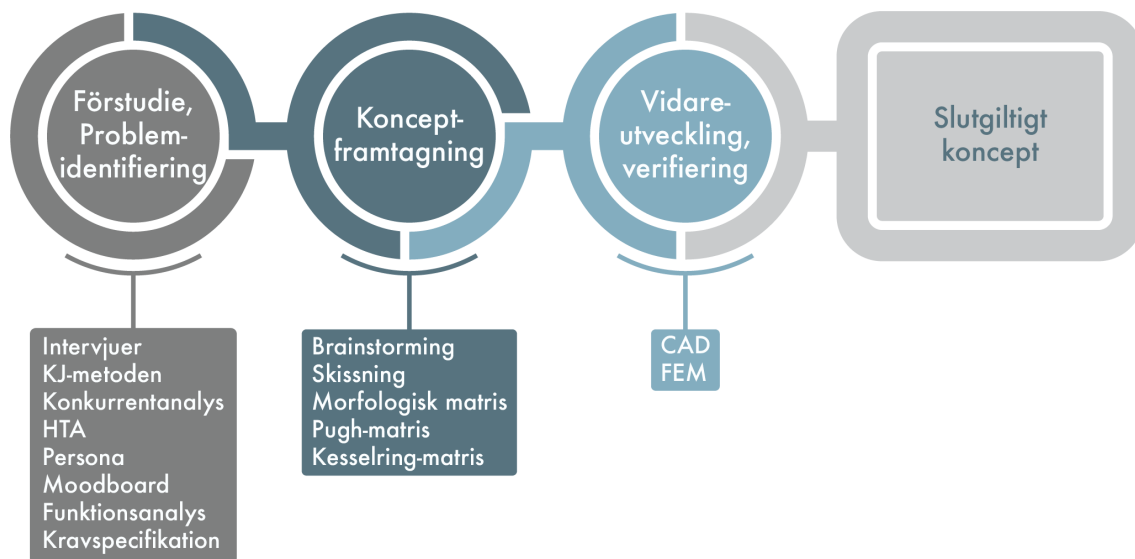
3.3.2 FEM - Finit-elementmetod

Finit-elementmetod är en numerisk metod för approximativ lösning av differentialekvationer. Metoden används för lösning av komplexa fysikaliska problem som exempelvis hållfasthetsberäkningar. Ett nät (mesh) skapas över objektet som beräkningarna skall genomföras på och definierar elementen som området delas upp i. Då antalet element går mot oändligheten går elementstorleken mot noll. Elementen approximeras med styckvisa polynom som tillsammans utgör en kontinuerlig funktion över området. Polynomen beror av numeriska värden som beräknas för noderna och blir således unika för varje element. Eftersom varje styckvis approximation bara behöver gälla över elementet kan enkla funktioner användas till godtyckligt noggranna approximationer av den komplexa differentialekvationen. (Saabye Ottosen & Petersson, 1992). ANSYS är en av flera kommersiella programvaror som används för bland annat finit-elementanalys (ANSYS, 2017).

4. Genomförande och resultat

Avsnittet inleds med en presentation av projektets förstudie där problem och förbättringspotentialer kopplade till cykeln som produkt identifierades. Därefter följer genomförande och resultat av konceptframtagningsfasen där lösningar genererats och successivt utvärderats för att sedan sållats bort eller förfinats. Slutligen presenteras vidareutvecklingen av det slutgiltiga konceptet supercykeln.

Arbetsgången kan som tidigare nämnt illustreras med hjälp av figur 4.1 nedan.



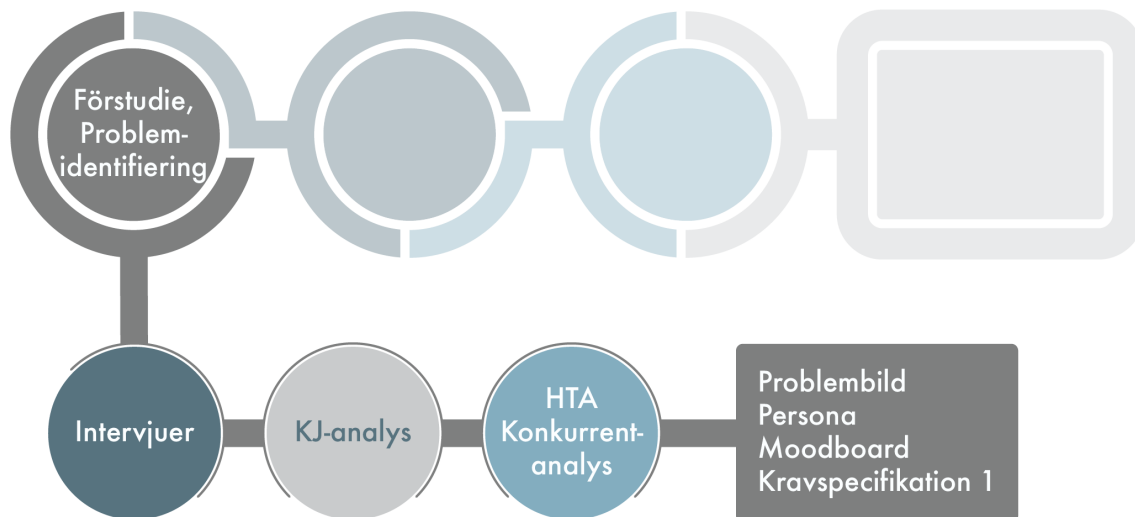
Figur 4.1: Flödesschema för genomförande

Figur 4.1 presenterar projektets tre huvudfaser; *förstudie*, *konceptframtagning* och *vidareutveckling* samt metoder och verktyg som tillämpats under respektive fas. Med flödesschemat illustreras den mentala modellen över processen och bör tolkas som en något förenklad presentation av den verkliga arbetsgången. Återkoppling till figuren sker vid presentation av respektive fas för att tydligt illustrera hur projektets olika delar genomförts och hänger samman.

4.1 Förstudie och problemformulering

Förstudien syftade till att samla information om problemområden samt att etablera en gemensam problembild bland projektmedlemmarna. Processen illustreras i figur 4.2 nedan och bestod av följande:

- Intervjuer
- KJ-analys av material från intervjuer
- Konkurrentanalys inklusive HTA
- Framtagning av persona och moodboard
- Upprättande av en första kravspecifikation/funktionsanalys



Figur 4.2: Flödesschema för förstudien

Med utgångspunkt från analyserna identifierades egenskaper som beskriver en bra pendlar-cykel samt vilka delområden som innefattar högst utvecklingspotential med hänsyn till konventionella lösningar. Verktyg i form av Persona, Moodboard och en första kravspecifikation kunde således skapas som underlag inför konceptframtagningsfasen.

4.1.1 Genomförande av intervjuer och KJ-analys

Semistrukturerade intervjuer (se bilaga J) tillämpades där öppna frågor förbereddes och utrymme lämnades till följdfrågor samt dialogisk validering. Respondenten gavs också utrymme att lyfta fram egna aspekter. Syftet med intervjuerna var att inhämta information om problemområden med hänsyn till befintliga lösningar samt önskemål på en framtida pendlar-cykel. Intervjuerna genomfördes på en så bred användargrupp som möjligt (med

avseende på faktorer som exempelvis kön och ålder) inom temat pendlarcyklister. Dock begränsades urvalet till personer som fanns tillgängliga och kunde tillfrågas med rimlig ansträngning. Studien fokuserar på att fånga användarnas perspektiv men omfattar även några cykelmekanikers och en företagsledares åsikter. Totalt innefattar studien 33 intervjuer varav 15 kortintervjuer på cirka 15 minuter och 18 långintervjuer på cirka 60 minuter.

En KJ-analys tillämpades för att sammanställa och analysera information från intervjuerna. Problem och önskemål från intervjuerna skrevs ned på post-it-lappar för att sedan sorteras in under olika problemområden (se figur 4.3).



Figur 4.3: Genomförande av KJ-analys

I nästa avsnitt presenteras det sammanställda resultatet från intervjuerna och KJ-analysen där viktiga behov, önskemål och problemområden lyfts fram. Resultatet utgörs av respondenternas upplevelser och önskemål. Detaljerad information återfinns i bilaga B.

4.1.2 Kundens röst - Resultat från intervjuer och KJ-analys

En pendlarcykel bör vara snabb, lätthanterlig, lätttrullad och ha låg vikt. Det är också viktigt att den är robust och tillförlitlig eftersom driftstopp är irriterande samt att fel ofta medför kostnader. Cykeln bör också vara snygg. Generellt efterfrågas integrerade lösningar då det är snyggt samt försvårar stöld av delkomponenter. Vanliga komponenter bör ingå vid köp och vara anpassade till cykeln för god estetik och funktionalitet. I synnerhet ställs stora krav på följande delsystem:

- Drivlina
- Bromsar
- Däck
- Extrautrustning

Kraven som ställs på respektive delsystem presenteras djupare nedan.

4.1.2.1 Effektiv och tillförlitlig drivlina

De flesta har behov av att kunna variera utväxlingen, men antalet växlar som efterfrågas varierar. Många anser att det räcker med ungefär 7 växlar medan ett fåtal vill ha minst 20 stycken. Växlarna bör inte krångla och skall vara lätta att justera. Några få önskar även automatväxling.

Många upplever problem med kedja och utanpåliggande kransväxlar. Både kedja och kransar slits för snabbt. Lösningen medför ofta även många och krångliga handreglage. Den kan också upplevas som något otillförlitlig då kedjan kan kärva, hoppa av eller gå sönder samt att växelföraren kan vara något känslig mot stötar. Kedjan kan också skramla, slå i kedjestaget och ge upphov till andra irriterande missljud. Den är även jobbig att underhålla då den behöver rengöras och smörjas ofta.

Överlag verkar fler uppskatta navväxlar eftersom de upplevs som mer tillförlitliga. Dock tycks de fåtal problem som uppstår vara svårare att lösa. Ofta medför navväxel även något lägre verkningsgrad samt högre vikt och kostnad. I kombination med navväxlar tycks även remdrift vara ett gångbart alternativ. Den anses medföra mindre underhållsbehov och tystare gång. Den längre livslängden tycks också vara efterfrågad.

4.1.2.2 Effektiva bromsar och bra reglage

God bromsförmåga är viktigt för många och lågt underhållsbehov efterfrågas. Gnisslande bromsar upplevs som mycket störande. Av konventionella lösningar tycks hydrauliska skivbromsar vara att föredra då de är tillförlitliga, medför god bromsförmåga och ger bättre haptisk feedback jämfört med vajerreglage. Tillförlitligheten verkar också vara bättre då vajrar kan gå av, rosta, sträckas samt frysa fast. Nackdelen med hydrauliken är dock att de måste luftas samt att det kan uppstå läckage. V-bromsar och andra fölgbromsar verkar vara mindre uppskattade. Trumbromsar anses ha lågt underhållsbehov men medför sämre bromskänsla än skivbromsar. Fotbromsar upplevs som otillförlitliga då de ger ojämn bromsverkan och är beroende av kedjan.

4.1.2.3 Lättrullade hjul med låg punkteringsrisk och enkel anpassning till väglag

De flesta upplever problem med punkteringar. Orsaken är ofta att vassa föremål som exempelvis glassplitter eller stenflis penetrerar däcken och gör hål i slangen. Gamla och slitna däck bidrar generellt till högre risk för punktering. Ibland kan grus och annat skräp komma in i däckets sprickor för att sedan skapa hål på slangen. Lösningar som reducerar risk för punktering och minimerar driftstopp efterfrågas.

Många avstår från att cykla vid vinterväglag men uppger att de skulle cyklat mer ifall de hade haft dubbdäck. Vidare tycks många föredra lättrullade däck som inte är för breda men att önskad bredd beror på väglaget.

4.1.2.4 Praktisk extrautrustning och bra stöldskydd

En del extrautrustning är nödvändig medan annat är önskvärt och häftigt. Nyttan av tillvalen måste dock vägas mot dess negativa effekter så som högre kostnader och vikt.

Många menar att cykellyset är för svagt och att det snarare används för att synas än att se. Integrerat lyse efterfrågas eftersom det bedöms medföra snygg design och låg stöldrisk. Det är också viktigt att ljuset skall vara tillförlitligt och helst fungera även då cykeln är stillastående. Vissa användare uppger också att batteribytet är jobbigt. Vidare menar många att hjuldynamos är ineffektiva och bromsar för mycket. De är även svåra att få på i farten samt att de oavsiktligt kan gå i ingrepp på grund av ojämnheter i vägen. Magnetgenerator är ett alternativ men brukarna verkar vara mindre nöjda då de är svåra att ställa in och ofta fungerar dåligt. Bland konventionella lösningar tycks navgenerator vara det bästa substitutet till vanliga batterier.

De flesta har behov av att kunna medföra någon form av packning. Praktiska och tillförlitliga packningslösningar som inte medför att cykeln blir svårhanterlig efterfrågas. En mindre grupp föredrar att använda ryggsäck men de flesta efterfrågar lösningar på själva cykeln. Många efterfrågar en större förvaringslösning bak i form av exempelvis cykelväska, pakethållare eller korg men har fortfarande behov av att kunna förvara mindre saker fram. Vidare vill användare slippa oroa sig för att tappa packning och ser gärna att cykeln kan parkeras stabilt även då den är packad. I övrigt efterfrågar vissa användare även väderskyddade och låsbara förvaringslösningar.

Stöld lyfts ofta fram som ett stort problem. En praktisk och smidig låsanordning som förenklar säker parkering efterfrågas. Det är viktigt att såväl stöld av hela cykeln som enstaka komponenter undviks.

En pendlarcykel bör även vara utrustad med stänkskydd för att skydda cykeln och användaren mot smuts och vatten. Många konventionella lösningar på skärmar innefattar dock klena infästningar vilket kan leda till att de lossnar eller blir sneda och skapar irriterande missljud då de skrapar mot hjulen.

I övrigt lyfts exempelvis cykeldator (med GPS), backspeglar, blinkers samt skydd för att hålla bilar på avstånd upp som önskvärda tillbehör även om de inte utgör några krav.

4.1.2.5 Övriga synpunkter

Vissa anser att eldrift är ett alternativ medan andra är ute efter motion och anser att drivhjälp är fusk. Eldrift medför också att cykeln blir tyngre. Låg vikt är inte endast eftertraktat för att driften skall gå lätt utan även för att den skall vara enkel och medgörlig under övrig hantering. Det är viktigt att cykeln är praktisk och enkel att förvara. Några vill även kunna transportera den med bil på cykelhållare. Möjligheten till att kunna variera körställning har också lyfts fram som ett önskemål.

Behovet av service och underhåll anges som ett stort problem. Generellt efterfrågas längre livslängd och mindre underhåll på komponenter. Enligt många mekaniker tycks det även råda en viss okunskap där servicebehov underskattas och förväntningarna ofta ligger över vad tekniken förmår leverera.

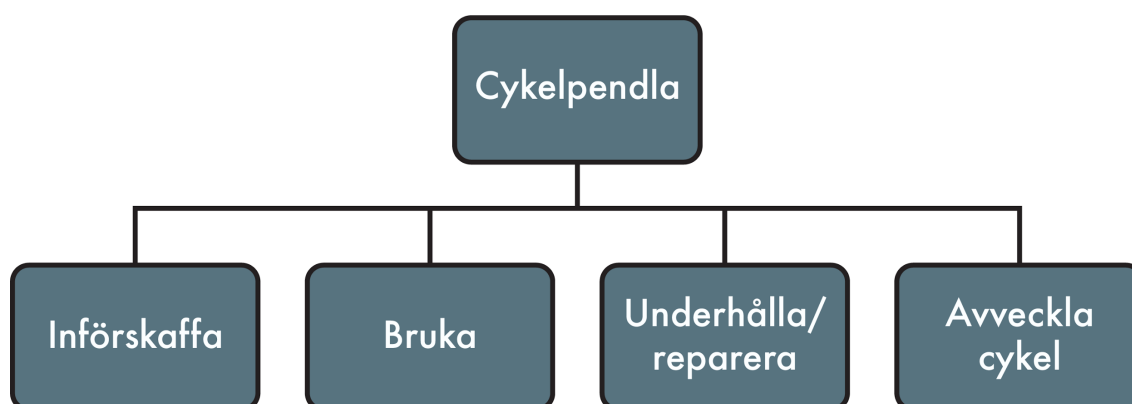
En del användare slipper gärna utgiften för inköp och ser leasing som ett rimligt alternativ. Många andra tycks ha svårt att ange ett maximalt pris för vad en pendlarcykel får kosta. Det viktigaste verkar vara att de erhåller funktioner, prestanda och kvalitet som motsvarar kostnaden.

4.1.3 Konkurrentanalys inklusive HTA

Cykeln är en mogen produkt och många delsystem är redan väldigt välutvecklade. För att avgöra vilka befintliga lösningar som är aktuella för en pendlarcykel samt vari den kan göras bättre var det nödvändigt med hög medvetenhet om existerande lösningar.

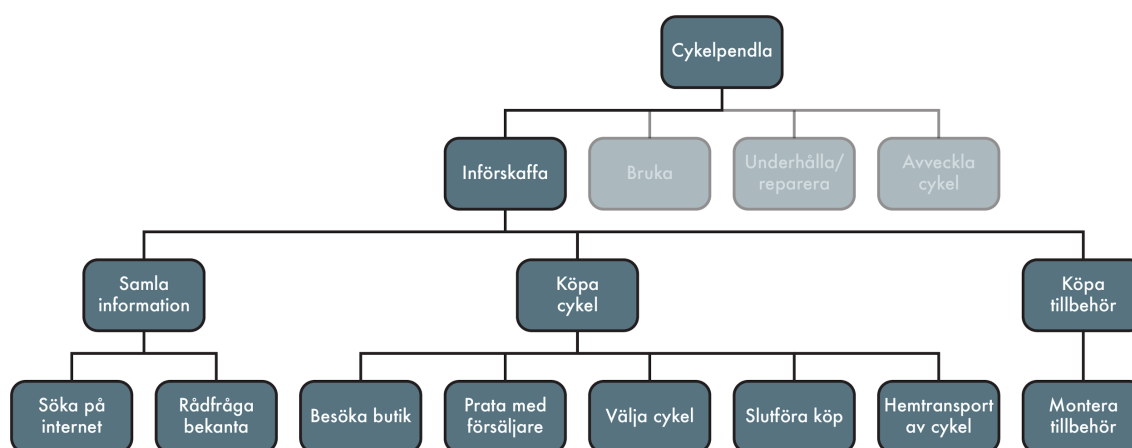
Trots en mogen produkt och många välutvecklade delsystem tycks få konkurrenter sälja pendlarcyklar där all nödvändig utrustning redan ingår vid köp. Många cyklar säljs med avsikten att användaren själv skall införskaffa lösa tillbehör och nödvändig kringutrustning. Det påverkar ofta utseendet negativt på så vis att cykeln upplevs som ett hopplöck snarare än att vara enhetlig. Projektgruppen anser att det finns en utvecklingspotential i att kunna ta till vara på smarta delsystem som normalt säljs separat och integrera dem till en färdig produkt.

Under förstudien var det nödvändigt för projektmedlemmarna att titta på befintliga produkter, utföra litteraturstudier, fysiska observationer och läsa recensioner för att erhålla en bild av hur befintliga produkter fungerar samt vilka fördelar och nackdelar de medför. Det har även hjälpt projektgruppen att avgöra vilka problemområden från intervjuerna som kan hänföras till vissa typer av lösningar. En HTA har genomförts i syfte att kartlägga användarperspektivet för en cykelpendlare. Huvuduppgiften *cykelpendla* har delats upp i fyra huvudsakliga deluppgifter; *införskaffa*, *bruka*, *underhålla/repamera* samt *avveckla* (se figur 4.4 nedan). Under respektive deluppgift kan oönskade uppgifter identifieras. En fullständig HTA återges i bilaga C och projektet har framförallt fokuserat på att underlätta deluppgifterna *införskaffa*, *bruka* samt *underhålla/repamera* och därmed avgränsats från problem kring avveckling.



Figur 4.4: HTA för en cykelpendlare

I figur 4.5 bryts *införskaffa* ned ytterligare eftersom det är den mest relevanta deluppgiften med avseende på vad som särpräglar en pendlarcykel gentemot hur andra cyklar säljs.



Figur 4.5: HTA för en cykelpendlare, med fokus på införskaffandet

Införskaffandet består av att samla information om vad som skall köpas, genomföra själva cykelköpet samt köpa tillbehör. Med hänsyn till analysen ovan skulle informationsinsamlingen kunna förenklas genom att pendlarcyklar får utgöra en egen kategori av cyklar. Då cykelbutiker besöks på nätet är cyklarna ofta sorterade under kategorier som exempelvis *standard dam*, *standard herr*, *mountainbike*, *hybrid*, *cyclocross*, *racercyklar*, *elcyklar* och så vidare. Dock saknas ofta, om inte alltid, kategorin *pendlarcyklar*.

Om den uppgiftsorienterade kategorin pendlarcyklar etableras måste den urskiljas från övriga cyklar. Det skulle naturligtvis finnas variation inom kategorin beroende på personliga önskemål men kopplat till införskaffandet skulle det kunna vara att lämpliga tillbehör med avseende på trafiksäkerhet, packningslösningar, stöldskydd och så vidare redan är inkluderat och anpassat till cyklarna. Vidare bör kategorin innefatta cyklar med lågt underhållsbehov och komponenter med hög tillförlitlighet. En välpaketerad produkt avsedd för pendling eftersträvas helt enkelt. För att sammanfatta det med en mening kan kategorin beskrivas enligt; *Cyklar med lågt underhållsbehov som är avsedda för långa sträckor i trafik och utrustade med lämpliga tillbehör i form av bland annat packningslösningar och stöldskydd.*

Genom den kategoriseringen förenklas införskaffandet för användaren med avseende på informationsinsamling samt att införskaffningen av tillbehör antingen reduceras eller elimineras helt. Cyklar som idag används för pendling säljs i varierande prisklasser beroende på prestanda samt funktioner och tillval. Med utgångspunkt från intervjustudien och befintliga lösningar bedöms ett slutpriset på cirka 15 000 - 20 000 kronor vara rimligt för en komplett pendlarcykel inklusive tillbehör.

4.1.4 Verktyg inför konceptgenerering - Ett avstamp från förstudien

Parallellt med förstudiens slutskede utvecklades verktyg inför konceptframtagning med utgångspunkt från kundens röst och konkurrentanalysen. De utgörs av en persona, en moodboard och en övergripande kravspecifikation/funktionsanalys.

4.1.4.1 Persona

En Persona togs fram genom brainstorming och ämnar utgöra en trovärdig cykelpendlare i premiumsegmentet. Användarens behov och önskemål listades med utgångspunkt från förstudien. Personan har snarare använts som stöd för utvecklingsprocessen än att utesluta övriga segment av användare. Vid beslut fungerade den som ett analysverktyg för jämförande av olika lösningar. Personan döptes till Johan (se figur 4.6) och beskrivs nedan.



Figur 4.6: Johan, 39 år. Källa Pexels (u.å)

Johan är 39 år och jobbar som Financial Control Manager på ett större företag i Göteborg. Han bor ihop med frun Maria och deras två barn i en villa vid utkanten av Göteborg. Till jobbet är det 10 kilometer varav cirka 7 utgörs av separat cykelled och resterande är i stadstrafik. Johan cyklar dit för att sedan duscha och fräscha till sig på jobbet innan arbetsdagen påbörjas. Han har behov av att få med sig laptop och ombyte. Någon dag i veckan behöver han även stödhandla på vägen hem.

Johan är en aktiv och driven person som gillar att röra på sig. Han uppskattar verkligen familjens gemensamma cykelturer under helgerna, även om tempot då är lite lugnare än det han håller till jobbet. Vidare är han trend- och miljömedveten. Den nya hälsotrenden anses ligga väl i linje med imagen av den framgångsrika och moderna personen Johan ser sig som. Han gillar även att ligga i framkant när det gäller teknik och prylar. Tyvärr så är han inte så händig som han önskar och vill därför ha lågt servicebehov på sin cykel. Stilmässigt önskar han en cykel som är stilren, påkostad och återspeglar hans personlighet.

4.1.4.2 Moodboard

Under arbetet skapades och användes olika former av moodboards med ungefär samma formspråk och image som den färdiga pendlarcykeln var avsedd att utstråla. Med utgångspunkt från personan, problembakgrunden och projektmedlemmarnas gemensamma bedömningar listades följande ord för att beskriva den framtida produktens karakteristika:

- Stilren
- Prestanda
- Robust
- Praktisk

Bilder sattes ihop till en moodboard som ämnade fånga ledorden (figur 4.7 nedan).



Figur 4.7: Moodboard som uttrycker önskat formspråk (se bildreferenser för bildkällor)

4.1.4.3 Kravspecifikation 1 - Sammanställning av en övergripande funktionsanalys

Parallellt med förstudiens slutskede genomfördes även en övergripande funktionsanalys med syfte att kartlägga önskvärda respektive onödiga funktioner. Funktionsanalysen sammanställdes sedan till en första övergripande kravspecifikation (se tabell 4.1).

Den första kravspecifikationen var på så pass övergripande nivå att inga kvantitativa målvärden angetts. Syftet var att ytterligare konkretisera den gemensamma problembilden som etablerats under förstudien. Nya kravspecifikationer med högre detaljnivå har upprättats allt eftersom detaljnivån på lösningarna har ökat.

Tabell 4.1: Första kravspecifikationen

Funktion		Kriterium	K = krav Ö = önskemål
Huvudfunkt	Produkten utgör ett effektivt transportmedel för en pendlare	Kort restid	Ö4
Nödvändiga funktioner	Ramen tar upp laster	Tillräcklig styvhet	K
		Tillräcklig hållfasthet	K
	Ramen håller samman övriga komponenter	God infästning	K
		Inte för stora deformationer	K
	Hjulen tar upp laster	Tillräcklig styvhet	K
		Tillräcklig hållfasthet	K
	Hjulen tillgodoser rullning	Lågt rullmotstånd	Ö4
	Drivlinan överför effekt från användaren till drivande hjul	Rätt utväxling	K
		Hög verkningsgrad	Ö4
	Bromsarna tillgodoser retardation	Rimlig bromssträcka	K
Hög tillförlitlighet		K	
Styret tillgodoser effektiv manövrering	Hög tillförlitlighet	K	
Önskvärda funktioner	Produkten tillgodoser hög komfort	God ergonomi	Ö3
	Produkten utgör ett säkert transportmedel	Uppfyller lagkrav	K
		Säker framförning	Ö3
	Produkten tillgodoser transport av packning	Vardaglig packning som annars inryms i ryggsäck	K
	Stölskyddet motverkar stöld	Säkert	K
		Användarvänligt	Ö4
Hjulen tillgodoser bra väggrepp	Enkel anpassning efter väglag	Ö3	
Önskade funktioner	Pendlaren lägger ned mödosam tid på informationsökning inför anskaffning av produkten	Välpaketerad produkt med relevanta tillbehör	
	Pendlaren införskaffar tillbehör	Välpaketerad produkt med relevanta tillbehör	
	Pendlaren reparerar produkten	Robust	
		Lång livslängd	
	Pendlaren tar produkten till en verkstad	Robust	
Lång livslängd			
Pendlaren underhåller produkten	Lågt underhållsbehov		

På vissa problemområden har alternativ bland befintliga lösningar bedömts lösa problem på ett tillfredsställande sätt. Mest tid har lagts på de problemområden som innefattar stort förbättringsutrymme. Genom att ha undersökt ett stort antal befintliga lösningar (både vanligt förekommande och mindre konventionella) samt utvärderat dem med utgångspunkt från kundens röst kunde projektgruppen lyfta fram ett antal områden med relativt hög utvecklingspotential för att vara på en så pass mogen produkt som cykeln. De utgörs av:

- Drivlina
- Stölskydd
- Packningslösningar
- Trafikutrustning
- Anpassning av däck efter väglag

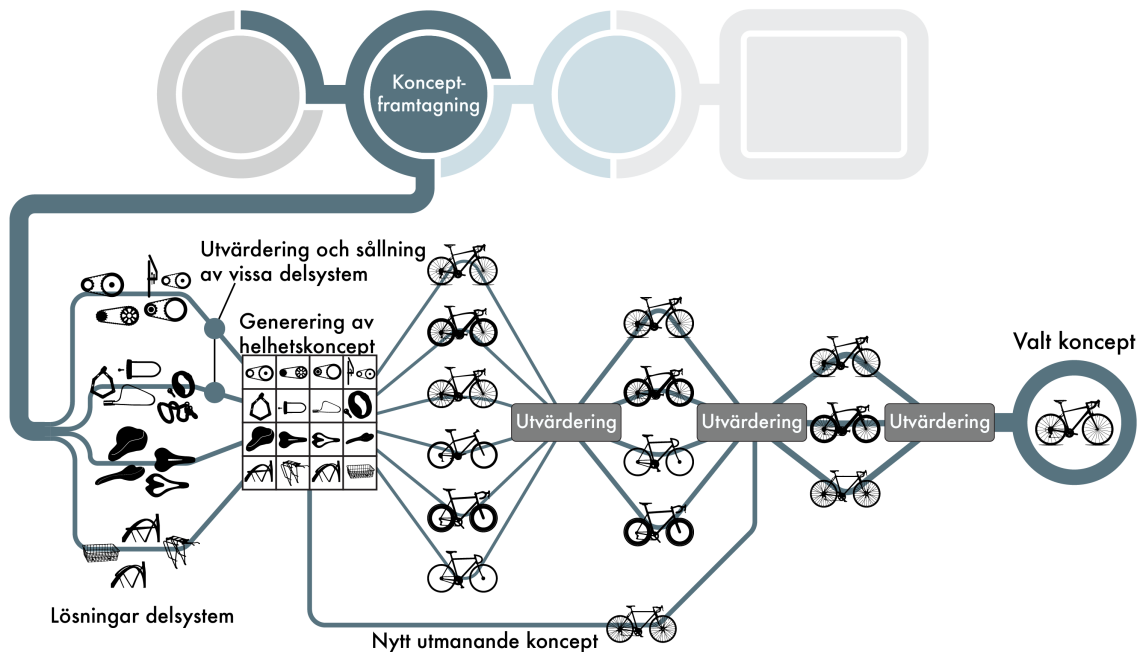
Det är som tidigare nämnt viktigt med ett helhetsperspektiv varför projektet inte avgränsats till att behandla dessa områden separat. Däremot avgränsades projektet till utveckling av en säkerhetscykel utan drivhjälp.

De generiskt intuitiva egenskaperna som säkerhetscykeln medför i kombination med vad som förväntas av produkten talar för att marknaden skulle vara mest mottaglig för en säkerhetscykel anpassad till pendling. Eldriften motiverades bort med hänsyn till att motion lyftes fram som en viktig aspekt under intervjustudien samt att eldrift medför högre vikt och svårare hantering runtom själva cyklingen.

4.2 Konceptframtagning

Kategorin pendlarcyklar består som tidigare nämnt av cyklar med lågt underhållsbehov som är avsedda för långa sträckor i trafik och utrustade med lämpliga tillbehör i form av bland annat packningslösningar och stölskydd. Målet med projektet var att utveckla och presentera ett lämpligt koncept för en cykel inom kategorin. Det bör dock poängteras att kategorin av pendlarcyklar bör ses som en bredare skara av cyklar än de som behandlats inom ramen för det här projektet.

En ny kravspecifikation med högre detaljnivå upprättades parallellt med att lösningssökningen påbörjades (se kravspecifikation 2 i bilaga D). Lösningar på olika delsystem genererades genom bland annat brainstorming och skissning för att sedan kombineras till hela cykelkoncept med morfologisk matris. Helhetskoncepten har sedan utvärderats med hjälp av urvalsmatriser tills endast ett koncept återstod. Processen illustreras i figur 4.8 nedan.



Figur 4.8: Schematisk bild över konceptframtagningsfasen

I figuren på föregående sida illustreras konceptframtagningsfasen i form av en mental modell över processen. All utvärdering har skett med hänsyn till kravspecifikation 2. Den huvudsakliga utvärderingen genomfördes på konceptnivå för att undvika suboptimering. Viss utvärdering på delsystemnivå ansågs emellertid vara nödvändig och har då skett med hänsyn till samverkans effekter mellan delsystemen.

4.2.1 Samverkans effekter

Vid generering av helhetskoncept tillämpades morfologisk matris. För att matrisen skulle utgöra ett bra verktyg efterfrågades ett lämpligt antal lösningar för respektive delsystem. Den fick således inte innefatta för stort antal lösningar och viss reducering på delsystemnivå ansågs lämplig. Dock finns det vissa samverkans effekter mellan delsystem som bör beaktas för att undvika suboptimeringar. Så få delsystem som möjligt har utvärderats på delsystemnivå. Undantagen är drivlina och huvudlås där ett antal lösningar uteslöts redan innan generering av helhetskoncept. Beslutet fattades med hänsyn till en analys av samverkans effekter.

Stölskydd i form av huvudlås delar i princip bara gränssnitt med ramen på cykeln och ansågs därför kunna utvärderas separat. Delsystemen pedaler/vevaxel, kraftöverföring och transmission är direkt kopplade till varandra och utgör ett delsystem (drivlinan) som har utvärderats separat. Trots att projektet avgränsats till en säkerhetscykel utan drivhjälp har drivlinan ganska starka geometriska beroenden med ramen och under utvärdering av olika drivlinor är medförd ramkomplexitet därför ett utvärderingskriterium. Drivlinan kan också samverka med däckval och sittställning. Drivlinans verkningsgrad, däckens rullmotstånd och sittställningens luftmotstånd bidrar alla till motverkande krafter. Problemet med sådana samverkans effekter har lösts genom att kravspecifikationen försetts med rimliga krav på respektive delsystem. När det kommer till pris och vikt samverkar samtliga komponenter och det har lösts genom att även pris och vikt ingått som kriterier vid utvärderingen av delsystemen.

4.2.2 Delsystem

Cykeln består av många olika delsystem. Vid genererandet av helhetskoncept tillämpades morfologisk matris för att kombinera lösningar på följande delsystem:

- Drivlina
- Stölskydd - huvudlås
- Packningslösningar och cykelstöd
- Däck

- Lysen och övrig trafikutrustning
- Bromsar
- Körställningskomponenter: sadel, sadelstolpe, styre och styrstam
- Ram

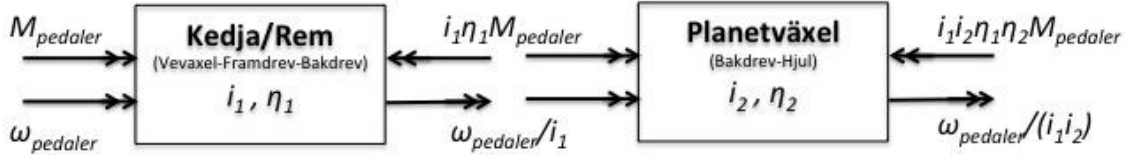
Delsystemen på föregående sida bedöms vara de mest väsentliga med avseende på pendlarcykeln som helhetskoncept. Med utgångspunkt från förstudien lades mest tid på de fem förstnämnda delsystemen.

Projektgruppen utgjordes av sex personer och arbete på samma delsystem samtidigt skulle lätt kunnat medföra ineffektivt arbete samt outnyttjad kapacitet. Gruppmedlemmarna indelades därför i mindre team om två personer där varje team fick fokusera på utveckling av varsitt delsystem ovan. Konceptuella lösningar på delsystem illustrerades sedan för resterande gruppmedlemmar genom enkla skisser och förklaringar. När idégenereringen inom ett område började mättas skiftades grupperna så att några delsystem fick tas över av nya projektmedlemmar. I kommande avsnitt presenteras lösningar och eventuell utvärdering av lösningar inom respektive delsystem.

4.2.2.1 Drivlina

Drivlinans huvudfunktion är att överföra moment och varvtal från cyklisten till drivande hjul med önskad utväxling. Projektgruppen anser att pedalarörelsen bör behållas eftersom det är en av de viktigaste interaktionerna användaren har med cykeln samt att rörelsen utgör en viktig del i den generiskt intuitiva manövreringen av cykeln. Därför avgränsades projektet till att titta på lösningar som är kompatibla med pedalarörelsen. Med utgångspunkt från förstudien bedömer projektgruppen att cirka 11 växlar som kan styras med få och logiska reglage är lämpligt.

Många lösningar kunde förkastas tidigt i processen genom en grov lösningsreducering. I bilaga F (Elimineringsmatris) ges en kort beskrivning av respektive lösning först av en kort motivering av varför de inte studerats djupare. För kraftöverföring bedöms kedja och rem vara de enda intressanta alternativen då en formbetingad drivlina med hög verkningsgrad samt rimligt pris och vikt efterfrågas. Intressanta transmissionslösningar är antingen planetväxelsystem eller utanpåliggande kransväxlar. De utanpåliggande växlar fungerar endast med kedja medan planetväxelsystemet fungerar med såväl kedja som rem. Konventionellt placeras planetväxelsystemet i hjulnavet och utgör då en navväxel. Figur 4.9 illustrerar hur ett konventionellt koncept med navväxel fungerar.

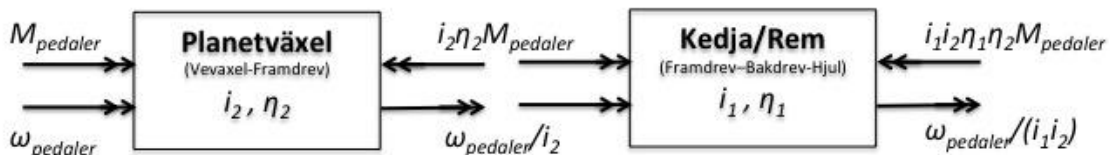


Figur 4.9: Schematisk friläggning av drivlina

Figuren utgör en schematisk friläggning av drivlinan där följande beteckningar tillämpas:

- $M_{pedaler}$ (Vridmomentet som cyklisten applicerar runt vevaxeln via pedalerna)
- $\omega_{pedaler}$ (Vinkelhastigheten som cyklisten trampar ner)
- i_1 (Utväxlingen mellan vevaxeln och bakdrevet)
- η_1 (Verkningsgrad på kedja/rem)
- i_2 (Utväxlingen mellan bakdrevet och hjulet)
- η_2 Verkningsgraden på planetväxel

En idé är dock att placera planetväxeln tidigare i systemet. Genom att placera den framme vid vevaxeln underlättas anpassning av däck efter väglag genom att hela hjulet byts ut istället för att behöva ta av och på däcket. Figur 4.10 nedan illustrerar hur konceptet med planetväxellåda fram fungerar.

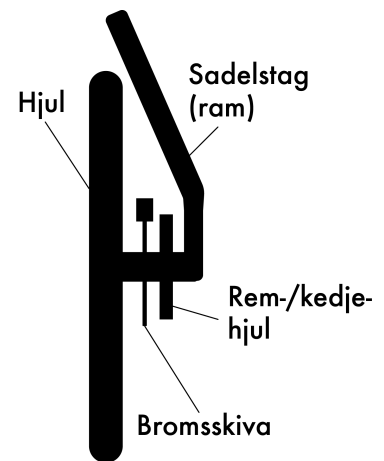


Figur 4.10: Schematisk friläggning av drivlina

Figur 4.10 tillämpar samma beteckningar som figur 4.9 ovan. Figuren visar att systemet med planetväxellåda fram erhåller exakt samma output (för givet input) som den konventionella lösningen med navväxel bak. Med avseende på underlättande av däckbyte är även enbenta ramar av intresse (se figur 4.11). Således skulle komponenter som bakdrev och en eventuell bromsskiva kunna sitta på själva cykeln istället för hjulet.

4. Genomförande och resultat

Nio koncept genereras av lämpliga delkomponenter. Data för komponenterna samlades in med utgångspunkt från likvärdiga existerande lösningar. Vid utvärdering av lösningskoncept jämfördes system med 11 växlar. Antalet växlar var inte exakt bestämt men ansågs vara ungefär rätt och ge ett gott riktmärke för utvärdering av olika tekniker. Överslagsberäkningar för pris och vikt har genomförts för respektive delsystem utifrån existerande komponenter (se bilaga K) och bedöms förhålla sig ungefär proportionellt mot antalet växlar inom det intressanta intervallet. Lösningarna som utvärderats samt deras uppskattade egenskaper presenteras i tabell 4.2 nedan.



Figur 4.11: Enbent lösning

Tabell 4.2: Tabell med lösningar för drivlina

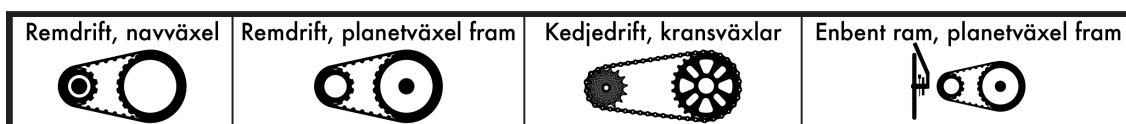
Lösningsskoncept drivlina	Egenskaper	
Kedja utan skydd Utanpåliggande växlar	Pris: 1500 - 1700 kr Vikt: 970 g	Verkningsgrad: 97% Livslängd kedja: 350 mil
Kedja utan skydd Navväxlar	Pris: 2400 - 2600 kr Vikt: 1990 g	Verkningsgrad: 88% Livslängd kedja: 400 mil
Kedja med skydd Navväxlar	Pris: 2500 - 2700 kr Vikt: 2215 g	Verkningsgrad: 88% Livslängd kedja: 500 mil
Kedja utan skydd Planetväxellåda vid vevaxel	Pris: 2600 - 2800 kr Vikt: 2150 g	Verkningsgrad: 88% Livslängd kedja: 400 mil
Kedja med skydd Planetväxellåda vid vevaxel	Pris: 2700 - 2900 kr Vikt: 2375 g	Verkningsgrad: 88% Livslängd kedja: 500 mil
Rem utan skydd Navväxlar	Pris: 3000 - 3200 kr Vikt: 1990 g	Verkningsgrad: 88% Livslängd rem: 1500 mil
Rem utan skydd Planetväxel vid vevaxel	Pris: 3200 - 3400 kr Vikt: 2150 g	Verkningsgrad: 88% Livslängd rem: 1500 mil
Enbent ram Kedja med skydd Planetväxellåda vid vevaxel	Pris: 2500 - 2700 kr Vikt: 2215 g	Verkningsgrad: 88% Livslängd kedja: 500 mil
Enbent ram Rem utan skydd Planetväxellåda vid vevaxel	Pris: 3200 - 3400 kr Vikt: 2150 g	Verkningsgrad: 88% Livslängd rem: 1500 mil

Pris, vikt och verkningsgrad för olika lösningar på hela drivlinan har uppskattats utifrån datan för delkomponenterna. Priset avser tillfört slutpris för kunden och har uppskattats till 60 procent av komponentprisernas summa. Remmens uppskattade livslängd baseras bland annat på tillverkaren Continentals (2017a) uppgifter. Kedjan livslängd baseras på kvalificerade gissningar med hänsyn till respektive lösningskonstruktion samt genomsnittligt underhåll. Det bör även nämnas att vevaxel, vevarmar och pedaler inte är inkluderat.

En Kesselring-matris (se bilaga F) tillämpades för utvärdering av lösningskoncepten. De utvärderades med hänsyn till kriterier från kravspecifikation 2. De viktigaste kriterierna är:

- Underhållsbehov
- Livslängd
- Tillförlitlighet
- Verkningsgrad
- Vikt
- Pris

Kedjadrift i kombination med kransväxlar bedöms ha hög verkningsgrad men kort livslängd och högt underhållsbehov. Givet en lösning med planetväxelsystem bedöms remdrift vara att föredra. Med utgångspunkt från resultatet i Kesselring-matrisen bedömdes fyra lösningar vara lämpliga att utvärdera vidare i kontext med helhetskoncept. I figur 4.12 nedan åskådliggörs kvarstående drivlinor som tagits med i den övergripande morfologiska matrisen för generering av helhetskoncept.



Figur 4.12: Konceptlösningar för drivlina

4.2.2.2 Stöldskydd - huvudlås

Stöldskydd är mycket viktigt för många cyklister och i synnerhet för pendlarcyklister. En central del i arbetet med att främja cykelpendling är att förenkla för användaren under flera steg av produktens livscykel. Lämpliga tillbehör som lås och andra stöldskydd bör således väljas med omsorg och vara inkluderat. Syftet är att förenkla såväl införskaffandet som brukandet av produkten.

Projektgruppen har valt att dela upp stöldskydd i huvudlås samt övrigt stöldskydd. Med huvudlås avses det låssystem som primärt används i syfte att låsa fast ramen och således förhindrar att obehöriga förflyttar cykeln. Inom kategorin övrigt stöldskydd återfinns sådana system som förhindrar stöld av komponenter och värdefulla tillbehör.

Projektet har behandlat ett stort antal lösningar inom respektive kategori. Oavsett tillbehör av övriga stöldskydd bedöms emellertid ett välfungerande huvudlås vara det viktigaste.

4. Genomförande och resultat

Vidare anses många lösningar inom övrigt stöldskydd vara på för hög detaljnivå inför generering av helhetskoncept. Projektgruppen valde därför att endast inkludera huvudlås vid generering av helhetskoncept. Övrigt stöldskydd lyfts därför upp senare i rapporten där vidareutvecklingen av det valda konceptet presenteras

Det finns ett stort antal befintliga huvudlås som är avsedda för fastlåsning av ram i stolpar och andra externa objekt. De lösningar som bedöms vara mest intressanta presenteras i tabell 4.3 nedan.

Tabell 4.3: Lösningkoncept lås

Lösningkoncept Lås	Egenskaper	
Kedjelås Abus Citychain 1010/85	Pris: 425 kr Vikt: 1950 g	ART: - Sold secure: Gold
Ramlås + vajer Abus Amparo 4850	Pris: 215 kr + 95 kr Vikt: 770 g + 416 g	ART: 2 Sold secure: -
Bygellås Abus Granit X plus 540	Pris: 419 kr Vikt: 1450 g	ART: 3 Sold secure: Gold
Länklås Abus Bordo 6500	Pris: 551 kr Vikt: 1580 g	ART: 2 Sold secure: Gold
Titanlås TiGR-mini	Pris: 520 kr Vikt: 460 g	ART: 2 Sold secure: -
Textillås Tex-lock (120 cm)	Pris: 514 kr + 167 kr Vikt: 420 g + 500 g	ART: - Sold secure: -
Lås av tunna stålplattor Ottolock 30"	Pris: 289 kr Vikt: 155 g	ART: - Sold secure: -

Tabellen återger pris, vikt och eventuell angiven säkerhetsklass för respektive typ av huvudlås. Priset avser uppskattat bidrag till slutpris för kunden och utgör 60 procent av cirkapris i butik. Säkerhetsklasserna utgörs av de stora och oberoende testklasserna inom cykelsäkerhet; *ART* och *Sold secure*. *ART* från Nederländerna har ett värderingssystem från 1 till 5 där 5 är bäst och baseras på låsets mekaniska egenskaper med avseende på exempelvis brottseghet, vridstyvhet och väderbeständighet i en laboratorieell miljö. Den brittiska *Sold Secure* utfärdar klassificeringarna brons, silver och guld baserat på test där låset utsätts för olika metoder och verktyg som skulle kunna användas vid försök att uppbryta ett lås i verkligheten (The best bike lock, 2017).

Lösningarna utvärderades med hjälp av en Kesselring-matris (se bilaga F) med hänsyn till kriterier från kravspecifikation 2. De viktigaste kriterierna för huvudlås är:

- Säkerhet
- Användarvänlighet
- Vikt
- Kompatibilitet med omgivning
- Förvaringsmöjlighet vid cykling
- Väderbeständighet
- Avskräckande

I figur 4.13 nedan åskådliggörs kvarstående huvudlås som använts vid generering av helhetskoncept.



Figur 4.13: Konceptlösningar för lås

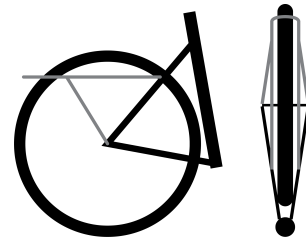
4.2.2.3 Packningslösningar och cykelstöd

Under förstudien framkom det att cykeln behöver tillgodose transport av packning. Det är viktigt att lösningarna är både praktiska och estetiskt tilltalande. Packningslösningar är ett område som bedöms innefatta stort förbättringsutrymme. En fullastad korg fram kan exempelvis leda till dåliga köregenskaper. Pakethållaren är visserligen praktiskt men upplevs ofta som påklistrad och förstör helhetsintrycket. Cykelväskor är uppskattade men kräver ofta pakethållare som tillgodoser infästning.

4.2.2.4 Transport av större föremål

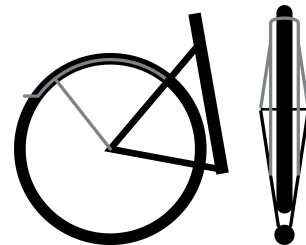
Utöver en traditionell pakethållare och en integrerad cykelkorg bak innefattar den morfologiska matrisen för generering av helhetskoncept även tre lösningar som utvecklats inom ramen för det här arbetet. Syftet var att skapa lösningar som är både estetiskt tilltalande samt praktiska med avseende på infästningsmöjligheter. De bygger på samma principiella funktion men skiljer sig åt estetiskt. Lösningarna innebär att grövre stag för infästning av stänkskärmen införs. En stång som tillgodoser infästning av cykelväskor och andra tillbehör svetsas sedan emellan det införda staget och sadelstaget. Konstruktionen utgör en del av ramen och talar därmed samma formspråk som resten av cykeln.

Raka rör är lösningen med en rak stång som löper horisontellt mellan sadelstag och det införda staget på respektive sida av cykeln (se figur 4.14). På så vis erhålls en diskretare lösning än den traditionella pakethållaren och som även tillgodoser robust infästning av stänkskärmen. Ett baklyse och blinkers kan med fördel integreras där stagen möts bakom hjulet.



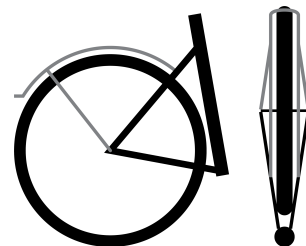
Figur 4.14: Konceptskiss för raka rör

På *lilla bron* löper stången istället längs med hjulet vilket medför en ännu diskretare lösning (se figur 4.15). Cykelns klassiska och stilrena silhuett behålls därmed samtidigt som lösningen tillgodoser robust infästning av både cykelväskor och stänkskärm.



Figur 4.15: Konceptskiss för lilla bron

Stora bron är utformad på samma sätt som lilla bron med skillnaden att stången följer stänkskärmen i överkant istället för underkant (se figur 4.16). Lösningen har lite större åverkan på siluetten men medför möjlighet till infästning av packning på ovansidan med hjälp av remmar eller lämpliga spänner.



Figur 4.16: Konceptskiss för stora bron

Till koncepten erbjuds anpassade tillbehör i form av cykelväskor, cykelkorg och även pakethållare. För estetiken rekommenderas cykelväskor men infästningarna tillåter enkel montering och demontering vilket tillgodoser rätt packningslösning efter behov.

4.2.2.5 Förvaring av mindre föremål

Under förstudien framkom det även önskemål om lösningar som tillgodoser förvaring av mindre föremål. En lösning är i form av ett gummifack som fästs med dold infästning ovanpå överröret. En annan lösning är en väska som fästs under sadeln. I figur 4.17 åskådliggörs båda lösningarna tillsammans med övriga packningslösningar.



Figur 4.17: Konceptlösningar för packning

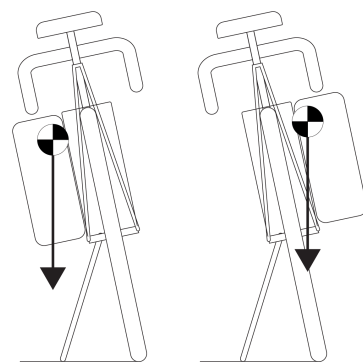
4.2.2.6 Cykelstöd

Ett bra cykelstöd bedöms vara nödvändigt på en pendlarcykel. Är cykeln lastad med packning ställs höga krav på stödet. Till genereringen av helhetskoncept har tre vanligt förekommande stöd tagits med. De består av ett vanligt enkelstöd, ett enkelstöd vid bakhjulet samt ett dubbelstöd (se figur 4.18 nedan).



Figur 4.18: Konceptlösningar för stöd

Arbetet har avgränsats från att ytterligare utveckla själva cykelstödet. Dock är det viktigt att tänka på hur stödet samverkar med packningen. Lastas cykeln exempelvis bara med en cykelväska på ena sidan är det ofta fördelaktigt att ha stödet på motsatt sida (se figur 4.19). För att åstadkomma det på enbenta cyklar kan endast enkelstöd fram eller dubbelstöd användas.



Figur 4.19: Stöd och packning

4.2.2.7 Däck

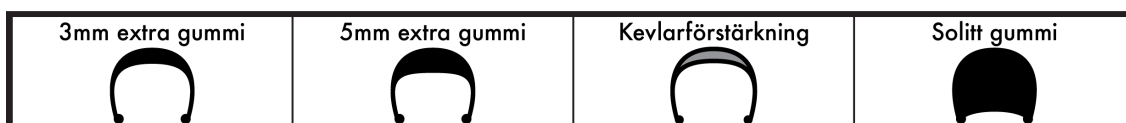
Däck tillgodoser friktion mellan fälg och underlag. De bidrar även till högre komfort. Med utgångspunkt från förstudien bedömer projektgruppen att det är nödvändigt med någon form av punkteringsskydd. Med punkteringsskydd avses att gummit är försett med ett lager som motverkar penetrering av vassa föremål. De flesta däcktillverkarna verkar uppge att produkterna är försedda med någon form av punkteringsskydd. Dock är skydden av olika kvalitet. De har också olika inverkan på rullmotstånd och komfort. Efter mycket informationssökning ansågs indelning enligt tabell 4.4 nedan vara lämplig med avseende på däck och deras punkteringsskydd.

Tabell 4.4: Lösningkoncept däck

Lösningkoncept däck	Egenskaper	
Däck med 3mm extra gummilager	Pris: 150 kr Vikt: 520 g	Rullmotstånd: 0,20 Nm Livslängd: 400 mil
Däck med 5mm extra gummilager	Pris: 210 kr Vikt: 750 g	Rullmotstånd: 0,22 Nm Livslängd: 400 mil
Däck med kevlar-förstärkt lager	Pris: 180 kr Vikt: 550 g	Rullmotstånd: 0,21 Nm Livslängd: 400 mil
Solida gummidäck	Pris: 360 kr Vikt: 380 g	Rullmotstånd: 0,23 Nm Livslängd: 1000 mil

Data samlades in för att uppskatta däcktypernas egenskaper. Observera att uppgifterna i tabellen endast gäller för ett av cykelns två däck. Vikt och pris är baserat på däck av storlek 28-622 men skillnaden till samma däck av storlek 32-622 är relativt liten. Priset avser uppskattat bidrag till slutpris för kunden och utgör 60 procent av cirkapris i butik. Testfakta har genomfört däcktest på de tre förstnämnda typerna av däck i storlek 37-622 (Hansson, 2011). Uppskattade rullmotstånd och punkteringsskydd i tabellen baseras på testet men är korrigerat för däckbredd. Uppskattad livslängd utgör en avvägning mellan uppgifter från däcktillverkaren Scwalbe (2017) och ett antal andra källor. Bland annat Williams (2011) och Shaddy (2015). Andra tillverkare som Continental (2017b) uppger inte ens en fingervisning. Rullmotstånd och livslängd för de solida gummidäcken baseras till största del på uppgifter från tillverkarna Tannus (Arthur, 2015).

Inför genereringen av helhetskoncept ansågs själva däcktypen vara mest väsentlig. Senare under vidareutvecklingen av det valda konceptet presenteras resultat från ett eget kompletterande däcktest som även innefattar information om luftinkapsling. Lösningarna som togs med för genereringen av helhetskoncept åskådliggörs i figur 4.20 och deras uppskattade egenskaper återfinns som tidigare nämnt i tabellen ovan.



Figur 4.20: Konceptlösningar för däck

4.2.2.8 Lysen och övrig trafikutrustning

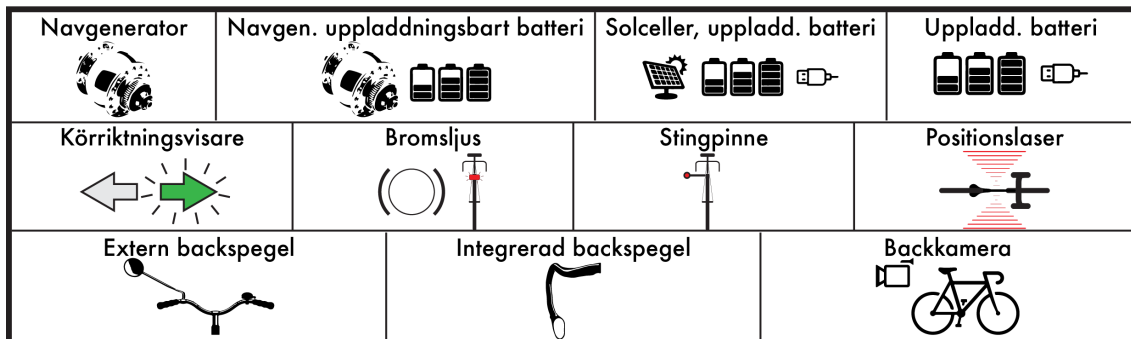
Det är av yttersta vikt att säkerheten är hög vid pendlingscykling. Cykling kan ofta vara relaterat med mer eller mindre allvarliga olyckor. Olyckor där andra trafikanter är inblandade kan lätt få fatala konsekvenser. Därför är det viktigt med utrustning som bidrar till att cyklisten syns tydligt för andra trafikanter. Även interaktionen med andra trafikanter är viktig. Med utgångspunkt från förstudien finns det dock behov av ytterligare trafikutrustning. Det kan vara lämpligt att utrusta pendlarcyklar med utrustning som bromsljus, körriktningsvisare, utrustning som tillgodoser uppsikt bakåt samt utrustning som håller bilister på avstånd. I nuläget finns det endast lagkrav på vitt eller gult framlyse, rött bakljus och reflexer (Trafikverket, 2016).

Från förstudien framkom det att brukare önskar ett smidigt och enkelt ljuspaket som inte behöver någon omtanke och alltid fungerar. Idag används nästan uteslutande LED-lampor (light emitting diodes, lysdioder) till cykelbelysning på grund av deras effektivitet och livslängd. Ljusedioder kan idag ge över 92 lumen per watt (Ledrise, 2017). De passar därför väl som ljuskälla till såväl framljus som övrig elektrisk trafikutrustning. För övrigt förespråkas integrerade lösningar eftersom det är fördelaktigt med avseende på både estetik och stöldskydd.

Elektrisk utrustning som kräver hög tillförlitlighet ställer krav på strömförsörjning. Idag kan strömförsörjningen lösas på flera olika sätt. Med utgångspunkt från förstudien är navgeneratorn att föredra bland konventionella lösningar. Laddningsbara batterier (eventuellt i kombination med solceller) skulle emellertid också kunna utgöra en bra lösning. Konventionella navgeneratorer producerar cirka 3 W vilket är tillräckligt under normala omständigheter. För att laddningen skall hålla lite längre då cykeln är stillastående kan de eventuellt kombineras med ett laddbart batteri för mellanlagring av elenergi. Nackdelen med navgenerator är emellertid att den sitter på framhjulet vilket försvårar konceptet med hjulbyten. Priset på navgeneratorer är dock acceptabelt och med elektrisk snabbkoppling blir mödan vid hjulbyte relativt liten. Det bör även nämnas att extra trafikutrustning erfordrar mer elenergi men att navgenerator (eventuellt med något högre effekt) i kombination med laddbart batteri bedöms vara tillräckligt.

4. Genomförande och resultat

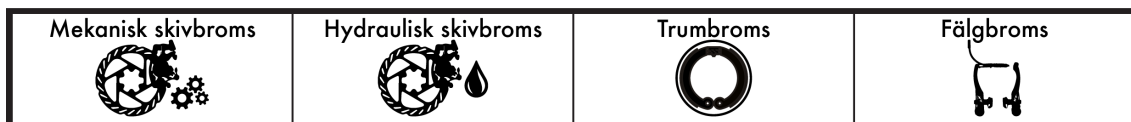
Lösningarna för strömförsörjning, lyse och övrig trafikutrustning som togs med för genereringen av helhetskoncept åskådliggörs i figur 4.21 nedan.



Figur 4.21: Olika lösningar för strömförsörjning och trafiksäkerhetstillbehör.

4.2.2.9 Bromsar

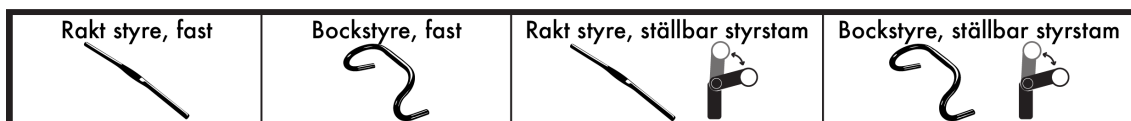
Projektet avgränsades från utveckling av nya bromssystem eftersom befintliga lösningar bedöms fungera tillfredställande. Däremot är val av befintlig bromstyp ändå viktig med avseende på pendlarcykeln som helhetskoncept. Efter en översikt av befintliga bromssystem valde projektgruppen att ta med följande bromstyper till den morfologiska matrisen som använts för genereringen av helhetskoncept (se figur 4.22 nedan).



Figur 4.22: Olika typer av bromsar

4.2.2.10 Körställningskomponenter: Sadel, sadelstolpe, styre och styrstam

Förutom ramkonstruktionen är det framförallt sadel, sadelstolpe, styre och styrstam som påverkar användarens körställning. Under förstudien framkom önskemål om variabel körställning. Inför generering av helhetskoncept valde projektgruppen därför att inkludera två typer av styren (vanligt rakt, samt bockstyre) där båda typerna kunde väljas tillsammans med antingen fast eller justerbar styrstam (se figur 4.23 nedan).



Figur 4.23: Olika typer av lösningar för styre

Lösningar med olika justeringsmån av sadel och sadelstolpe har också inkluderats i den morfologiska matrisen. En lösning innebär att sadeln endast kan höjas och sänkas, den andra innebär att sadeln även har viss justeringsmån i längsled och den sista att övre delen av sadelstolpen kan vinklas (se figur 4.24 nedan).



Figur 4.24: Olika typer av lösningar för sadelstolpe

Fyra typer av sadlar togs med till utvecklingen av helhetskoncept (se figur 4.25 nedan). En racersadel vars största fördel är dess utseende samt låga vikt. Att den är hård kan dock upplevas som obekvämt. Infinity-sadeln är en ergonomisk variant av racersadeln med stora delar bortskurna för lägre belastning på känsliga kroppsdelar. Standardsadeln är billig och relativt komfortabel men väger mer. Sadeln med hål i ger en viss tryckminskning vid känsliga delar och ser till att vatten inte ansamlas.



Figur 4.25: Olika typer av lösningar för sadel

4.2.2.11 Ram

Ramkonstruktionerna har anpassats för att förstärka respektive helhetskoncepts karakteristik. När det gäller applicering av nya material kommer det sannolikt alltid finnas stor utvecklingspotential. Efter lite övervägande med data från CES avgränsades projektet emellertid till att behandla de dominerande materialen bland konventionella cyklar vilka presenteras i figur 4.26 nedan.



Figur 4.26: Olika typer av material för ram

4.2.3 Helhetskoncept - sammansatta delsystem



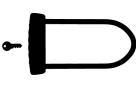

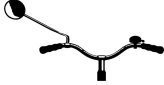












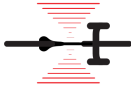


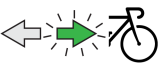


Ovan behandlades lösningar till delsystem inom fördjupningsområden samt övriga delsystem som bedöms vara väsentliga med hänsyn till förstudien. Inför generering av helhetskoncept hade en grövre lösningsreducering redan skett inom delsystemen drivlina och huvudlås. Det bedömdes vara lämpligt för att förenkla genereringen av helhetskoncept. Beslut om att utvärdera vissa delsystem separat togs med hänsyn till samverkans effekter som analyserats tidigare. I det här avsnittet presenteras hur återstående dellösningar kombinerades till helhetskoncept med hjälp av morfologisk matris. Vidare presenteras även hur koncepten har utvärderats med hjälp av urvalsmatriser.

4.2.3.1 Morfologisk matris för generering av helhetskoncept

Lösningar till de mest väsentliga funktionerna som måste tillgodoses på en cykel presenteras i den översta morfologiska matrisen i figur 4.27 nedan. Således måste varje lösningskoncept innefatta en dellösning från varje rad. Den andra matrisen (se figur 4.28 på nästa sida) innefattar lämpliga tillbehör och medför därmed inte lika strikta restriktioner.

Överföra effekt från människa till hjul				
Tillgodose utväxling mellan msk och hjul				
Tillgodose styrning av växel				
Tillgodose stöd för hand				
Möjliggöra styrning av framhjul				
Tillgodose väggrepp				
Upprätthålla sits				
Tillgodose sittställning				
Ta upp last och hålla samman komponenter				
Tillgodose retardation				
Tillgodose ström till integrerad LED				

Figur 4.27: Morfologisk matris för komponenter

Förhindra stöld				
Förenkla uppsikt bakåt				
Tillgodose transport av större föremål				
Tillgodose förvaring av mindre föremål				
Balansera parkerad cykel				
Öka trafiksäkerhet				
Visa körriktning				

Figur 4.28: Morfologisk matris för tilläggsutrustning

Trots tidigare reducering är det totala antalet kombinationer som kan genereras mycket stort. Projektgruppen har inte avsett att utvärdera alla möjliga kombinationer. Istället har attraktiva lösningskombinationer sökts med hjälp av teman. Kombinationerna genererades med hänsyn till att de skulle kunna finnas på en attraktiv pendlarcykel och tillvägagångssättet bör därmed inte tolkas som en form av suboptimering. I ett första steg genererades kombinationer efter enkla teman. Därefter skapades lösningskombinationer för sammansatta teman för att uttrycka fler aspekter. Slutligen genererades hela koncept efter både enkla och sammansatta teman. Även ramarna designades för att passa respektive koncepts tema. En referencykel genererades också i form av en bättre konventionell pendlarcykel. Syftet var att skapa ett jämförelseobjekt. Totalt genererades tio helhetskoncept som ansågs tillräckligt bra för att skissa upp och utvärdera (se bilaga G för konceptskisser och beskrivningar). Det bör även nämnas att alla lösningskombinationer och helhetskoncept inte blev bra med en gång. Många kunde förkastas redan innan skissning.

4.2.3.2 Konceptutvärdering 1 med hjälp av Pugh-matriser

Koncepten utvärderades med hjälp av Pugh-matris i två iterationer. Första omgången sattes den konventionella referencykeln som referens. Se resultatet i tabell 4.5.

4. Genomförande och resultat

Tabell 4.5: Pugh-matris med nio koncept från morfologisk matris samt referenscykeln

Pugh-matris		Koncept									
Koncept Pendlarcykel		Referens	Driftsäker	Snabb	Futuristisk	Drömykel	Snabb & tillförlitlig	Praktiskt & trafiksäker	Praktisk & snabb	Praktisk & komfortabel	Snabb & komfortabel
Kriterier	vikt										
Pris	2	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Vikt	3	0	-1	1	1	-1	1	0	-1	-1	-1
Tillförlitlighet	5	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1
Tid till underhåll (mekaniskt)	5	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
underhållskomplexitet	2	0	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Reservdelar	2	0	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
snabbhet	4	0	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Packning	4	0	0	0	-1	-1	0	1	1	1	0
Bromsförmåga	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ramkomplexitet	1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0
Estetik	4	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1
trafiksäkerhet	3	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0
Tid till underhåll belysning	3	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
Stöldskydd	4	0	1	0	0	1	-1	1	-1	0	-1
Premiumkänsla	3	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Variierbar körställning	3	0	-1	0	0	0	0	0	0	-1	0
Enkelt däck/hjulbyte	3	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
Punkteringsmotstånd	5	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
Summa:		0	0	2	4	0	0	4	-2	-1	-1
Viktad summa:		0	12	11	23	7	8	25	2	7	3
Rangordning		8	3	4	2	6	5	1	8	6	7

Kriterierna är viktade på en skala från 1 till 5, där 1 motsvarar mindre viktiga kriterier och 5 motsvarar mycket viktiga kriterier. Varje koncept jämfördes med referenscykeln under respektive kriterium där 1 motsvarar bättre än, 0 motsvarar lika bra som och -1 motsvarar sämre än referenscykeln. Värdena multiplicerades sedan med tillhörande vikt och produkterna summerades sedan. Efter första omgången uteslöts de fem sämsta koncepten och ett nytt lösningskoncept genererades utifrån nya kunskaper (se supercykeln i bilaga I). De kvarvarande sex koncepten utvärderades på nytt med hjälp av en nya Pugh-matris. Den praktiska och trafiksäkra pendlarcykeln sattes som referens eftersom den fick högst poäng i föregående omgång. Se resultatet i tabell 4.6 på nästa sida.

Tabell 4.6: Andra pugh-matris med helhetskoncept från morfologisk matris samt referencykeln som referens

Pugh-matris		Koncept					
Koncept Pendlarcykel		Praktiskt & trafiksäker	Driftsäker	Snabb	Futuristisk	Snabb & tillförlitlig	Supercykeln
Kriterier	vikt						
Pris	2	0	0	1	-1	0	-1
Vikt	3	0	-1	1	1	0	1
Tillförlitlighet	5	0	0	-1	-1	-1	0
Tid till underhåll (mekaniskt)	5	0	0	-1	0	0	0
Underhållskomplexitet	2	0	0	1	0	0	0
Reservdelar	2	0	0	1	0	1	0
Snabbhet	4	0	-1	1	1	1	1
Packning	4	0	0	-1	-1	-1	0
Bromsförmåga	4	0	0	0	0	0	0
Ramkomplexitet	1	0	0	1	-1	1	0
Estetik	4	0	-1	0	0	0	1
Trafiksäkerhet	3	0	-1	-1	0	-1	0
Tid till underhåll belysning	3	0	1	-1	0	1	0
Stölskydd	4	0	-1	-1	0	-1	0
Premiumkänsla	3	0	-1	-1	1	0	1
Varierbar körställning	3	0	-1	0	0	0	0
Enkelt däck/hjulbyte	3	0	-1	0	1	-1	0
Punkteringsmotstånd	5	0	0	-1	0	-1	0
Summa:		0	-7	-2	0	-2	3
Viktad summa:		0	-24	-18	1	-14	12
Rangordning		3	6	5	2	4	1

Kriterierna är viktade likt ovan på en skala från 1 till 5, där 1 motsvarar mindre viktiga kriterier och 5 motsvarar mycket viktiga kriterier. Varje koncept jämfördes med den praktiska och trafiksäkra pendlarcykeln under respektive kriterium där 1 motsvarar bättre än, 0 motsvarar lika bra som och -1 motsvarar sämre än den praktiska och trafiksäkra pendlarcykeln. Efter andra omgången uteslöts alla utom följande tre koncept:

- *Supercykeln*
- *Futuristiska pendlarcykeln*
- *Praktiska och trafiksäkra cykeln*

Koncepten skiljer sig åt en del i ramkonstruktion men är relativt lika med avseende på vilka komponenter de innefattar. Vid arbete med koncept hade kanske större skillnader efterfrågats, men projektgruppen bedömer att de kombinationerna av komponenter som är gemensamt för de tre bästa koncepten är sådana som uppfyller kriterierna väl och bedöms lämpade till pendlarcyklar. Det vore nog fel att benämna det som att lösningarna konvergerar, men det är knappast en slump att de tre bästa koncepten har många komponenter gemensamt.

4.2.3.3 Förfinade koncept

Inför en noggrannare utvärdering med hjälp av Kesselring-matris förfinades koncepten och data sammanställdes om respektive koncept i avseende att uppskatta deras egenskaper. Vikten beräknades med hjälp av komponenternas summerade vikt och slutpriset till kund uppskattades till 60 procent av komponentprisernas summa (se bilaga H). De tre främsta koncepten utgörs av kombinationer som genererats med hjälp av morfologisk matris enligt figur 4.29 och 4.30 nedan.

4. Genomförande och resultat

Koncept	Futuristisk	Praktisk och trafiksäker	Supercykeln
Funktion			
Överföra effekt från människa till hjul			
Tillgodose utväxling mellan msk och hjul			
Tillgodose styrning av växel			
Tillgodose stöd för hand			
Möjliggöra styrning av framhjul			
Tillgodose väggrepp			
Upprätthålla sits			
Tillgodose sitsställning			
Ta upp last och hålla samman komponenter			
Tillgodose retardation			
Tillgodose ström till integrerad LED			
Slutkoncept			

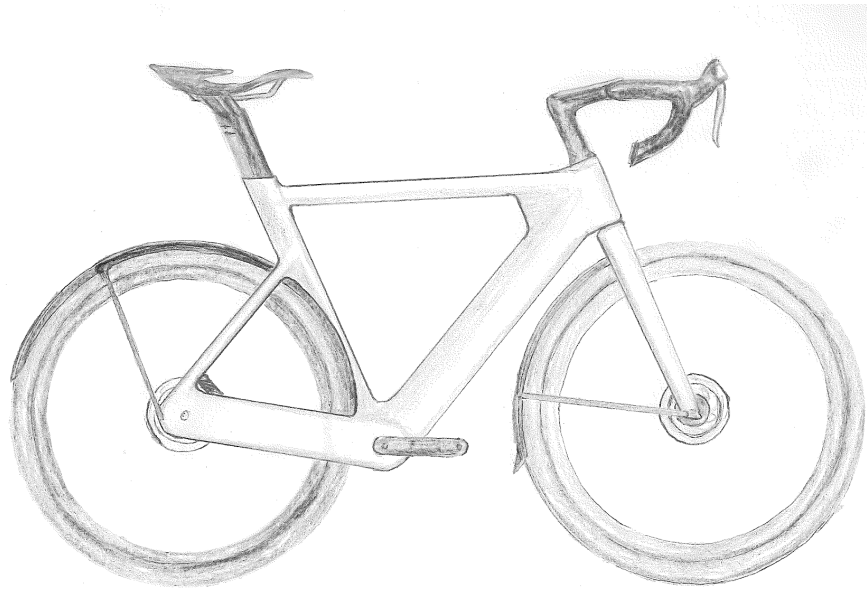
Figur 4.29: Morfologisk matris för komponenter med tre nya konceptframtagningar

Koncept	Futuristisk	Praktisk och trafiksäker	Supercykeln
Funktioner			
Förhindra stöld			
Förenkla uppsikt bakåt			
Tillgodose transport av större föremål			
Tillgodose förvaring av mindre föremål			
Balansera parkerad cykel			
Öka trafiksäkerhet			
Visa körriktning			
Slutkoncept			

Figur 4.30: Morfologisk matris för tilläggsutrustning med tre nya konceptframtagningar

De förfinade koncepten presenteras mer i detalj på följande sidor, följt av en estetisk analys/utvärdering med syfte att erhålla objektiva input på konceptens utseende.

4.2.3.4 Futuristisk pendlarcykel

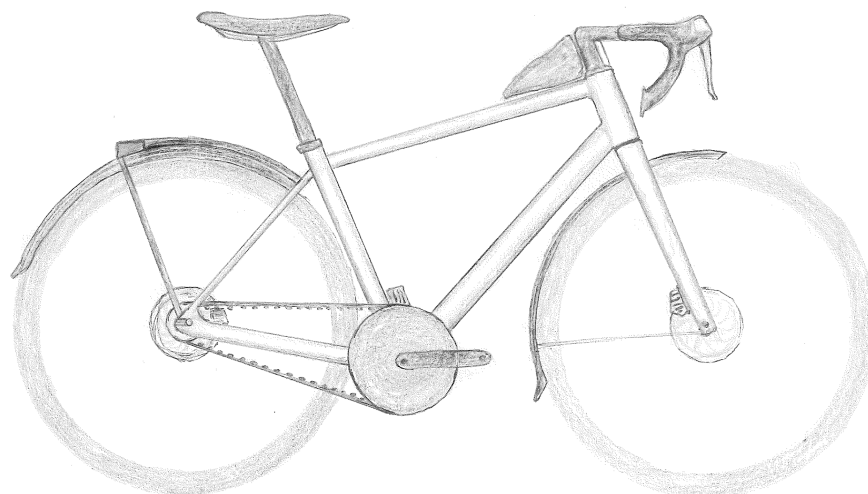


Figur 4.31: Konceptskiss för *futuristisk* pendlarcykel

Pris: 20300 *kr* Verkningsgrad: 88 % Livslängd rem: 1500 *mil*
Vikt 11,8 *kg* Rullmostånd: 0,46 *Nm* Livslängd däck: 1200 *mil*

Det *futuristiska* konceptet i figur 4.31 är försett med allt häftigt. Det är en remdriven, elektroniskt semiautomatväxlad kolfibercykel. Den enbenta konstruktionen i kombination med planetväxellådans placering vid vevaxeln reducerar antalet komponenter på bakhjulet för snabbare och billigare hjulbyte efter väglag. De solida däcken gör att användaren slipper punktering och de hydrauliska skivbromsarna ger god bromsförmåga. Med extra trafikutrustning i form av blinkers, bromsljus, backspeglar samt laser och kamera bakåt är den både säker och modern. Med packningslösning i form av lilla bron i kombination med bockstyre, kolfiberramen och infinitysadel förstärks konceptets snabba och lite futuristiska utseende. Vidare är belysningen integrerad för både estetik och stöldsdydd. Den skall även förses med ett bygellås som integreras i ramen.

4.2.3.5 Praktisk och trafiksäker pendlarcykel



Figur 4.32: Konceptskiss för *praktisk och trafiksäker* pendlarcykel

Pris: 13500 *kr* Verkningsgrad: 88 % Livslängd rem: 1500 *mil*
Vikt 11,6 *kg* Rullmostånd: 0,46 *Nm* Livslängd däck: 1200 *mil*

Den *praktiska och trafiksäkra pendlarcykeln* i figur 4.32 har en något lägre aluminiumram för att underlätta vid tillfälliga stopp som kan uppkomma vid exempelvis rödljus. Remdrift och planetväxellåda fram ger god livslängd och hög tillförlitlighet samtidigt som antalet komponenter på bakhjulet hålls nere. De solida däcken gör att användaren slipper punktering och de hydrauliska skivbromsarna ger god bromsförmåga. Med extra trafikutrustning i form av blinkers, bromsljus, backspeglar och laser är den rustad för både stadstrafik och landsväg. Standardsadel med hål i är komfortabelt och även praktiskt då inget vatten ansamlas. I kombination med packningslösning i form av stora bron och det välbeprövade länklåset karakteriseras konceptet av hög funktionalitet. Integrerad belysning är snyggt och förhindrar stöld medan navgenerator gör att användaren slipper batteribyten.

4.2.3.6 Supercykeln



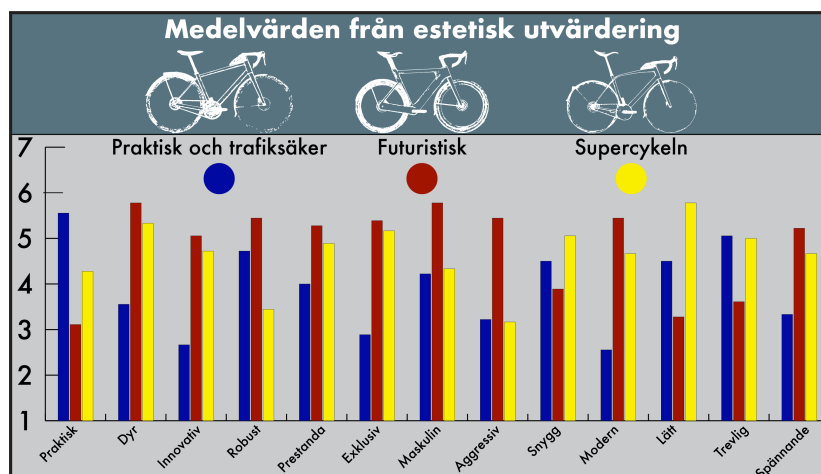
Figur 4.33: Konceptskiss för *Supercykeln*

Pris: 13900 kr Verkningsgrad: 88 % Livslängd rem: 1500 mil
Vikt 12,9 kg Rullmostånd: 0,44 Nm Livslängd däck: 1200 mil

Supercykeln i figur 4.33 skapades för att försöka fånga det bästa hos övriga koncept och utgör en sportigare variant av den *praktiska och trafiksäkra pendlarcykeln*. Den något högre aluminiumramen ger lägre vikt och aerodynamisk sittställning. Remdrift och planetväxel fram ger god livslängd och hög tillförlitlighet samtidigt som antalet komponenter på bakhjulet hålls nere. De kevlarförstärkta däcken gör att användaren undviker punktering och de hydrauliska skivbromsarna ger god bromsförmåga. Med extra trafikutrustning i form av blinkers, bromsljus, integrerade backspeglar och laser är den rustad för både stadstrafik och landsväg. Packningslösning i form av lilla bron i kombination med infinitysadel förstärker konceptets sportiga karaktär. Länklåset är praktiskt och ger bra stölskydd. Integrerad belysning är snyggt och förhindrar stöld medan navgenerator gör att användaren slipper batteribyten.

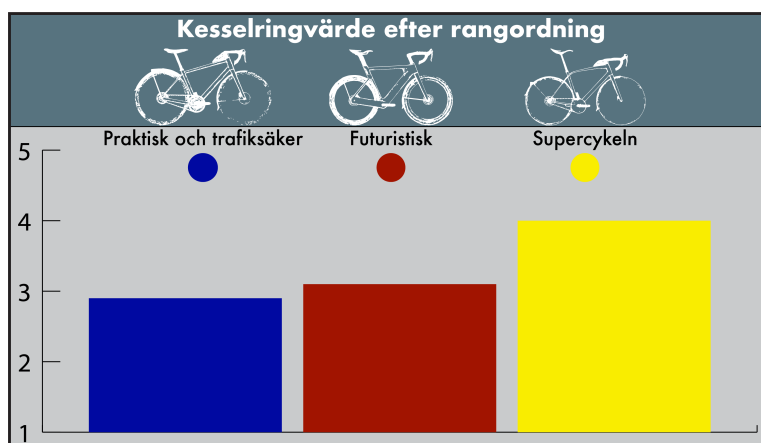
4.2.3.7 Estetisk utvärdering hos brukare

Estetik är ett viktigt kriterium och inför utvärderingen med hjälp av Kesselring-matris genomfördes en estetisk utvärdering i syfte att erhålla högre objektivitet i bedömningen. 18 personer fick betygsätta koncepten utifrån olika estetiska aspekter som delvis återspeglas moodboarden (se enkät i bilaga M). Resultatet presenteras i figur 4.34 på nästa sida.



Figur 4.34: Resultatet av en estetisk utvärdering av de tre kvarstående koncepten.

I figur 4.34 presenteras medelpoängen för respektive aspekt (medianerna kontrollerades och påvisar ungefär samma resultat). Ju högre poäng desto bättre beskriver ordet konceptets estetiska karaktär. Den praktiska och trafiksäkra cykeln ansågs praktisk men även billig, traditionell, vardaglig och tråkig. Den futuristiska fick högst respektive lägst poäng med avseende på flertalet aspekter. Det överlag mest populära konceptet var supercykeln. Den ansågs nästan vara lika innovativ, dyr, exklusiv och spännande som den futuristiska pendelcykeln och upplevdes samtidigt som snyggare och lättare. Dock ansågs den också vara något vek (se aspekten robust i figuren ovan). Resultatet användes som utgångspunkt för designval under vidareutvecklingsfasen som presenteras senare. Personerna fick även rangordna koncepten. I Kesselringmatrisen som använts för att utvärdera de tre främsta koncepten tillämpades skolor från 1 till 5. Uppfyllnadsgraden av kriteriet estetik beräknades baserat på genomsnittlig rangordning och presenteras i figur 4.35 nedan.



Figur 4.35: Estetisk uppfyllnadsgrad

4. Genomförande och resultat

Uppfyllnadsgraderna för estetik avrundades enligt följande:

- Supercykeln: 4
- Futuristisk pendlarcykel: 3
- Praktisk och trafiksäker pendlarcykel: 3

4.2.3.8 Konceptutvärdering 2 med hjälp av Kesselring-matris

Koncepten utvärderades utifrån kravspecifikation 2 med hjälp av en Kesselring-matris. Se resultatet i tabell 4.7 nedan.

Tabell 4.7: Kesselring-matris med de tre koncepten jämfört med ideal

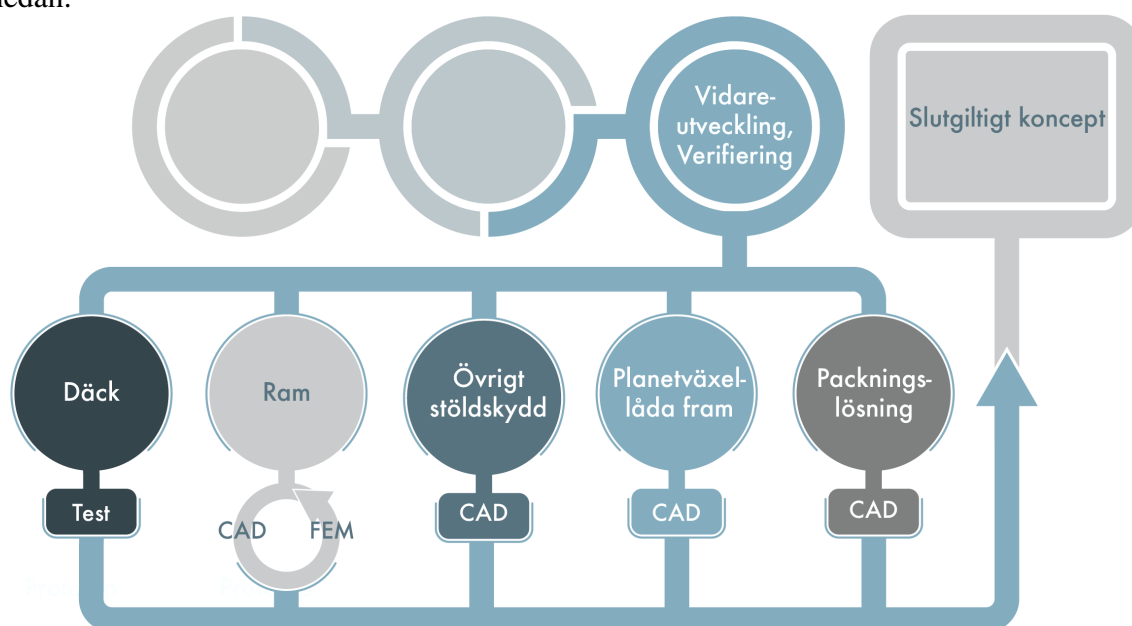
Kriterium	Alternativ									
	w	Ideal		Supercykeln		Futuristisk		Praktisk och trafiksäker		
		v	t	v	t	v	t	v	t	
Pris	3	5	15	4	12	1	3	4	12	
Vikt	4	5	20	4	16	4	16	4	16	
Tillförlitlighet	5	5	25	4	20	3	15	4	20	
Tid till underhåll (drivlina)	5	5	25	5	25	5	25	5	25	
Vekningsgrad drivlina	4	5	20	3	12	3	12	3	12	
Rullmotstånd däck	3	5	15	4	12	3	9	3	9	
Luftmotstånd	4	5	20	4	16	4	16	3	12	
Komfort	3	5	15	4	12	3	9	4	12	
Packningsmöjligheter	4	5	20	4	16	3	12	4	16	
Enkelt däck/hjulbyte	3	5	15	3	9	4	12	3	9	
Estetik	4	5	20	4	16	3	12	3	12	
Trafiksäkerhet	3	5	15	5	15	5	15	5	15	
Tid till underhåll belysning	3	5	15	5	15	5	15	5	15	
Stöldskydd	4	5	20	4	16	4	16	4	16	
Premiumkänsla	3	5	15	4	12	4	12	3	9	
Livslängd Däck	3	5	15	2	6	4	12	4	12	
Livslängd Drivlina	4	5	20	4	16	4	16	4	16	
Punkteringsmotstånd	5	5	25	4	20	5	25	5	25	
Bromsförmåga	4	5	20	4	16	4	16	4	16	
T			335		282		268		279	
T/T-ideal			1		0,8418		0,8000		0,8328	
Rangordning					1		3		2	

Kriterierna är viktade (w) på en skala från 1 till 5, där 1 motsvarar mindre viktiga kriterier och 5 motsvarar mycket viktiga kriterier. Uppfyllnadsnivån (v) uppskattades för varje kriterium och lösningskoncept. Därefter multiplicerades viktningen av kriteriet med uppfyllnadsnivån ($t = wv$) som sedan summerades till en totalsumma (T).

Resultatet visar att supercykeln erhåller högst totalpoäng. Frånsett däckens livslängd uppskattas uppfyllnadsnivån vara relativt hög, men inte utmärkande, på samtliga kriterier. *Supercykeln* fick marginella fördelar men inte tillräckliga för att kunna utesluta övriga två med endast resultatet ovan som grund. Det skall emellertid poängteras att utvärderingsmatriserna använts som verktyg för utvärdering snarare än att utgöra ett facit. I det stora hela utgör alla tre koncept fina lösningar. Projektgruppen anser att supercykeln är det koncept som ligger mest i linje med moodboarden och personan. I kombination med att resultatet från Kesselring-matrisen låg till supercykelns fördel motiverades vidareutveckling av supercykeln.

4.3 Vidareutveckling av det valda konceptet - Supercykeln

Det här avsnittet omfattar vidareutveckling och verifiering av konceptet supercykeln. Den vidareutvecklades framför allt med avseende på *däck*, *ram*, *övrigt stölskydd*, *planetväxellåda fram*. Inledningsvis presenteras konceptuellt övervägande angående däck. Därefter följer vidareutvecklingen med hjälp av bland annat CAD-modellering och finit-elementanalys. Vidareutvecklingen av de olika områdena pågick parallellt och processen illustreras i figur 4.36 nedan.



Figur 4.36: Flödesschema över vidareutvecklingsprocessen

Resultatet är fortfarande i form av ett koncept på ritbordet. Cykeln har dimensionerats för att erhålla ungefär de egenskaper som eftertraktas. Prototyp tillverkning för verifiering och finjustering bedöms dock vara nödvändigt innan slutgiltig anpassning för tillverkning. Därefter bör tillverkningskostnaderna också beräknas med högre noggrannhet för att prognostisera produktens lönsamhet på marknaden.

4.3.1 Konceptuellt övervägande - alternativ till pneumatiska kevlardäck

När det gäller däck har de solida gummidäcken utgjort ett alternativt däckval för supercykeln. De kevlarförstärkta däcken skall upplevas som vanliga pneumatiska standarddäck bortsett från ett något högre rullmotstånd. De solida gummidäcken har attraktiva egenskaper i specifikationerna men projektgruppen har varit lite skeptisk kring uppgifterna för komfort, rullmotstånd och livslängd och det visade sig vara med all rätt. I syfte att erhålla mer information har ett däcktest genomförts som påvisar solida däckers mindre önskvärda egenskaper. För pneumatiska däck har även olika alternativ för luftinkapsling övervägts. Därför testades även ett slanglöst däck. Testet genomfördes med en elcykel inklusive cykeldator. På grund av begränsad tillgänglighet genomfördes undersökningen med däck av bredare dimension än de pendlarcykeln skall ha. Testet genomfördes på det solida däck *Tannus Aither 1.1 40-622* samt det slanglösa däck *Schwalbe Marathon Almotion TL-easy 40-622*. Tester genomfördes med avseende på montering, komfort, rullmotstånd och punkteringsskydd. De testade däcken monterades på framhjulet medan bakhjulet utgjordes av ett standarddäck. Via cykeldatorn kunde både hastighet och tillförd effekt från elmotorn mätas.

4.3.1.1 Mödosam montering

Det solida däck förbinds med stift till fälgen och monterades enligt anvisningar från TGMC Tannus (2014). Däckets förses med stift i avsedda spår och monteras sedan på fälgen. Trots att medföljande verktyg användes var monteringen väldigt mödosam. Vidare var det svårt att veta om stiften hamnat rätt i fälgen på grund av bristfällig feedback från produkten.

Det slanglösa däck kräver en speciell fälg och var något svårare att montera än vanliga pneumatiska däck. Innerradien är mindre och när däck väl omsluter fälgen fordras högt lufttryck för att det skall hamna på plats i fälgens yttre spår.

4.3.1.2 Sämre komfort och tveksamt väggrepp för solida däck

Vad gäller komfort var de solida däcken för hårda. Dämpningen blev väldigt otillfredsställande vid ojämnheter och höga hastigheter. Vidare var väggreppet väldigt dåligt. De slanglösa upplevdes emellertid som vanliga däck.

4.3.1.3 Något högre rullmotstånd för det solida däck

Under samtliga test förbrukade elmotorn cirka 55 W, ingen effekt tillfördes via tramporna, underlaget var plant och luftmotståndet bedömdes vara relativt konstant. Med det slanglösa däck erhöll cykeln en genomsnittlig hastighet på 14,3 km/h. Motsvarande för det solida däck låg på 13,1 km/h. Skillnaden bedöms vara signifikant, men utgjorde inte något upplevt problem vid normal användning.

4.3.1.4 Slanglöst och självlagande

Det slanglösa däcket testades även med avseende på punktering. Det var försett med ett tätningemedel som gör däcket självlagande. Testet utfördes stegvis där däcket penetrerades med allt grövre föremål och de självlagande egenskaperna studerades parallellt. Inledningsvis användes ett häftstift följt av skruv och spik i olika dimensioner. Däckets återslutningsförmåga fungerade överraskande bra och det gick väldigt snabbt. Det var inte förrän en kniv användes som däcket inte kunde återslutas.

4.3.1.5 Dubbelslang, enkelslang eller slanglöst?

Med utgångspunkt från testresultaten uteslöts solida gummidäck. Det är möjligt att tekniken kan förbättras och utgöra ett bra alternativ för framtida pendlarcyklar. Komforten med det testade däcket var emellertid alltför låg. Däremot var de självlagande egenskaperna hos de slanglösa däcken attraktiva.

Tekniken med det slanglösa däcket bygger på att punkteringar som uppstår åtgärdas automatiskt genom tätningemedlet i däcket och kevlarförstärkning lär vara nödvändigt även på de slanglösa däcken för att erhålla tillräckligt tillförlitligt punkteringsskydd.

Tätningemedlet för Schwalbes slanglösa däck hade enligt tillverkaren en livslängd på 2-7 månader vilket innebär att tätningemedlet måste fyllas på inom denna tidsperiod (Schwalbe, 2017). Luften ska dessutom diffundera snabbare från dessa slanglösa däck, vilket innebär att användaren måste se över lufttrycket oftare än med standarddäck. Sammantaget bedöms den självlagande funktionens nytta inte överväga tillförd möda för en genomsnittlig pendlarcyklist.

En annan lösning som utvecklats inom ramen för det här arbetet var *dubbelslangen* vilken medför att däcket innefattar en extraslang som kan pumpas upp ifall den primära slangen punkteras. Lösningen bygger på att den primära slangens ventil kan träs igenom extraslangen. Således erhåller hjulet två ventiler. En prototyp tillverkades genom att ett hål skars ut i extraslangen samt att gummit runt hålet förslöts med lim (se bilaga L).

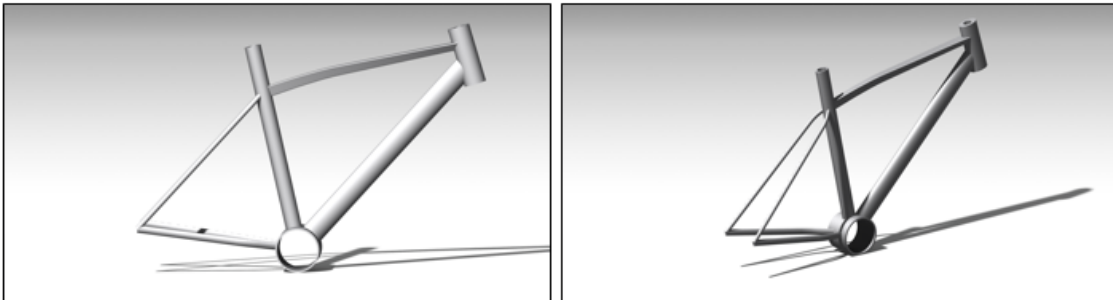
Prototypen klarade dock inte tillräckligt lufttryck för att kunna testas. Denna lösning kan vidareutvecklas i framtiden men i dagsläget finns det för stor osäkerhet kring hur *dubbelslangen* skulle påverka rullmotstånd, komfort och användarvänlighet.

Med utgångspunkt från ovanstående valdes kevlarförstärkta däck med enkelslang till supercykeln. De ger tillräckligt bra punkteringsskydd och medför förhållandevis lågt rullmotstånd, god komfort och hög användarvänlighet.

4.3.2 Ramkonstruktion

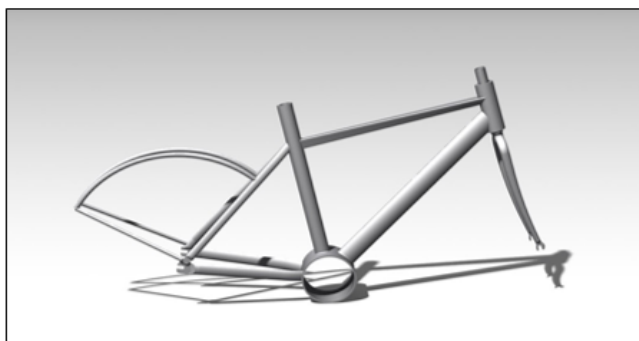
När det gäller materialval har kolfiber varit ett alternativ som övervägts åt supercykeln. Det skulle kunna medföra marginellt högre premiumkänsla och något lägre vikt. Med hjälp av tidigare metod uppskattas vikten på ramen dock bara reduceras med cirka 700 *g* medan priset till kund uppskattas stiga med cirka 4800 *SEK*. Därför fick aluminium kvarstå som materialval till själva ramen. Utgångspunkten var emellertid att gaffeln skulle vara av samma material men med utgångspunkt från FE-analyserna i följande avsnitt valdes senare en kolfibergaffel. CATIA användes för CAD-modellering av ramen vilken utgår ifrån standardiserade mått för en 56 *cm* cykelram.

Under den estetiska utvärderingen framkom det att designen upplevdes som något vek. Projektgruppen experimenterade därför med något grövre rördimensioner på överrör, frontrör, diagonalrör och sadelrör (se figur 4.37 nedan).



Figur 4.37: 3D-modellerade ramar

För att cykeln skulle se snabb och robust ut antogs elliptiska rör. Från början var det tänkt att även sadelröret skulle vara elliptiskt men det kom att försvåra infästningen av sadelsstolpen (mer om det i kommande avsnitt). Ursprungligen var tanken även att överröret skulle vara lätt krökt innan sadelröret (se vänstra vyn i figur 4.37 på föregående sida) men efter estetiska övervägande ansågs ett rakt rör ge ett snabbare utseende (se figur 4.38 nedan).



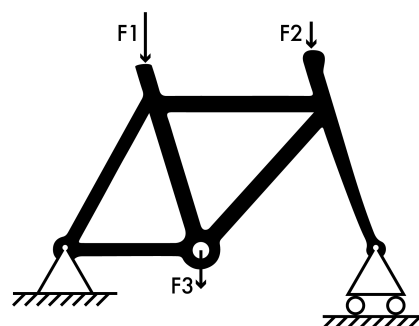
Figur 4.38: 3D-modellerad ram med gaffel och lilla bron

Vidare modellerades packningslösningen *lilla bron*, framgaffel och infästningen mellan stagen på höger sida om bakhjulet. Då remdrift kräver delbar ram för montering av remmen krävs det att stagen är delbara. Sadelstaget och staget till lilla bron monteras därför med skruvar till kedjestaget.

För att dimensionera och verifiera vald konstruktion genomfördes finita element-analyser i ANSYS parallellt med CAD-modelleringen i CATIA. Analysen begränsades till ramen och framgaffeln med antagandet att övriga komponenter inte påverkar hållfastheten på konstruktionen avsevärt. Ett konservativt lastfall har antagits där varje kraft satts till det högsta av vad den tidigare nämnda standarden respektive Guan et al. (2011) empiriska test uppvisar. Krafterna enligt standard och medelvärdet av de uppmätta krafterna från testet presenteras i tabell 4.8 nedan.

Tabell 4.8: Testkrafter

Testkrafter (Newton)	Standardiserade	Uppmätta
Sadelrör F1	500	236
Frontrör F2	100	330
Vevparti F3	250	374

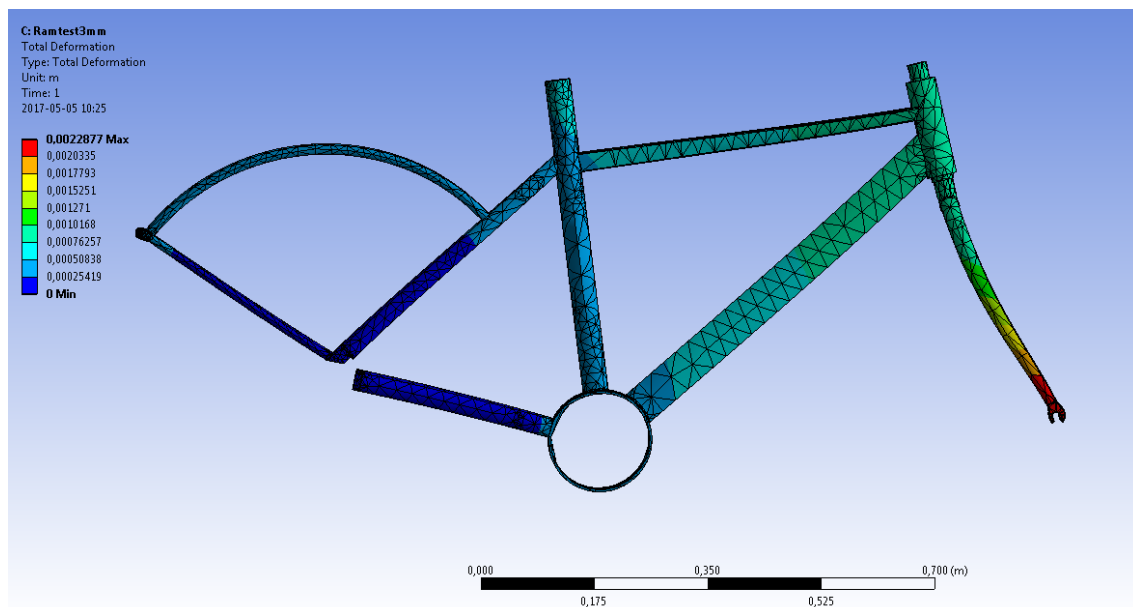


Figur 4.39: Lastfall

4. Genomförande och resultat

Tillämpade värden på krafterna är fetmarkerade i tabellen och används för dimensionering mot normal användning. Ingen plasticering tillåts samt att maximal deformation skall vara mindre än 1 mm. I figur 4.39 bredvid tabellen ovan presenteras hur krafterna verkar samt vilka randvillkor som gäller. Enligt praxis har analysen även genomförts då krafterna multiplicerats med en faktor fyra.

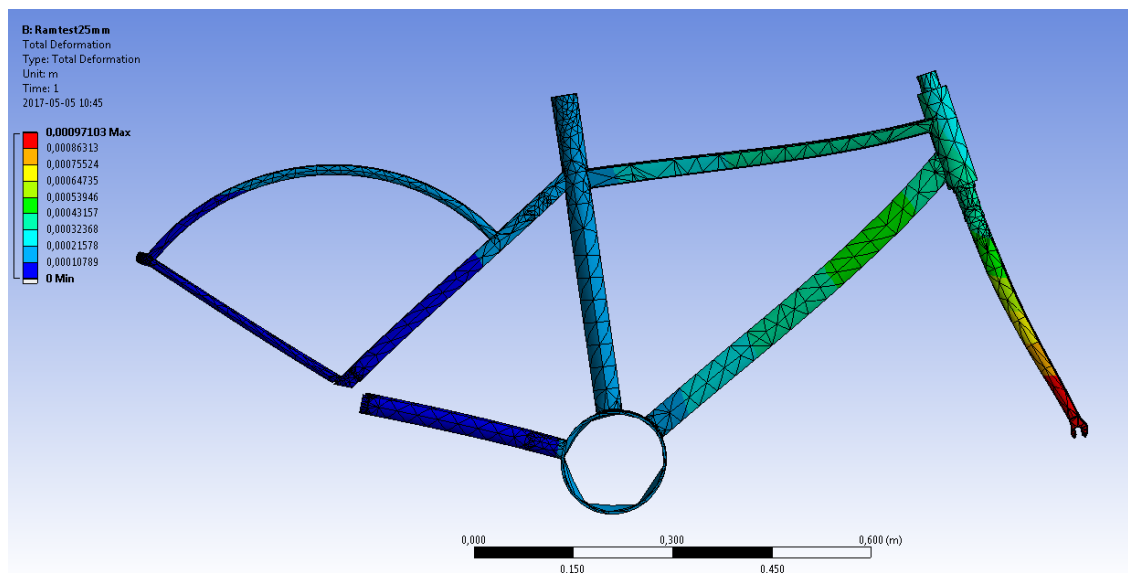
I den första analysen sattes godstjockleken till 3 mm genom hela ramen och framgaffeln, resultatet från deformationen under normal belastning visas i figur 4.40 nedan (spänningarna enligt von Mises återfinns i bilaga E och ligger långt under sträckgränsen).



Figur 4.40: Deformation under normal belastning

En maximal deformation på ca 2,3 mm uppmättes vid hjulinfästningen på framgaffeln vilket är över gränsvärdet på 1 mm. Tvärsnittet på gaffeln ökades med cirka 15-20 procent med syftet att reducera deformationen. Det gav dock relativt liten inverkan (se bilaga E). Deformationen reducerades endast med cirka 0,24 mm. Vidare testades även grövre godstjocklek på framgaffel och intilliggande rör (överrör, frontrör, diagonalrör) men det hjälpte inte heller. Ett annat materialval ansågs mer lämpligt än att ändra på designen. Materialvalet på gaffeln sattes därför till kolfiber, vilket även reducerar vikten, medan ramen fortsatt fick vara i aluminium. Då godstjockleken i gaffeln och ramen sattes till 3 mm erhöles en maximal deformation på cirka 0,73 mm (se bilaga E) vilket ligger inom det maximalt tillåtna. Spänningarna låg fortsatt långt under respektive materials sträckgränser (se bilaga E).

I syfte att reducera vikten ytterligare testades istället en godstjocklek på 2,5 mm på både ram och gaffel. Yttermått behölls för att den inte skulle upplevas som vek. Resultatet visas i figur 4.41 nedan.



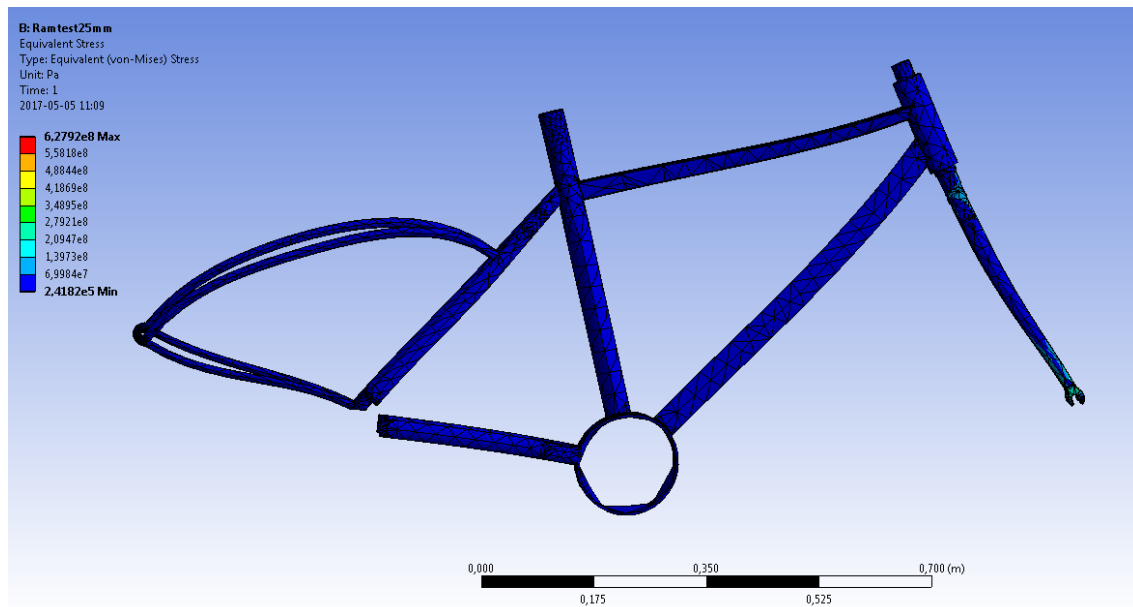
Figur 4.41: Deformation under normal belastning med mindre godstjocklek

Den maximala deformationen blev 0,97 mm vilket ligger precis under gränsen för maximalt tillåtna på 1 mm. Spänningarna låg fortsatt under respektive sträckgräns (se bilaga E).

Slutligen analyserades extremfallet där alla krafter multiplicerats med en faktor fyra. Lastfallet kompletterades även med att lilla bron skulle bära cirka 10 kg packning på vardera sida. Med faktorn fyra belastades bron därför med 400 N på respektive sida. Spänningarna, enligt von Mises presenteras i figur 4.42.

Spänningarna ligger inom respektive materials sträckgränser. Deformationerna presenteras i bilaga E. Den maximala deformationen blev cirka 3,8 mm vilket anses acceptabelt vid extremfall som kan uppstå på grund av att användaren kör nedför en trottoarkant eller liknande.

Med hjälp av FE-analyserna kunde den totala vikten på ram och gaffel reduceras från cirka 3,4 kg till cirka 2,9 kg samtidigt som den gick från att inte klara kraven till att ligga inom uppsatta gränsvärden. Den förstnämnda vikten gäller för 3 mm godstjocklek med ram och gaffel i aluminium medan den sistnämnda gäller för 2,5 mm godstjocklek med ram i aluminium och gaffel i kolfiber. Det bör nämnas att kolfibergaffeln medför ett något högre slutpris för produkten. Ytterligare reduceringar i godstjocklek hade sannolikt varit möjliga på enskilda ramdelar. Dock bedömdes tunnare godstjocklek kunna leda till känslighet för slag.



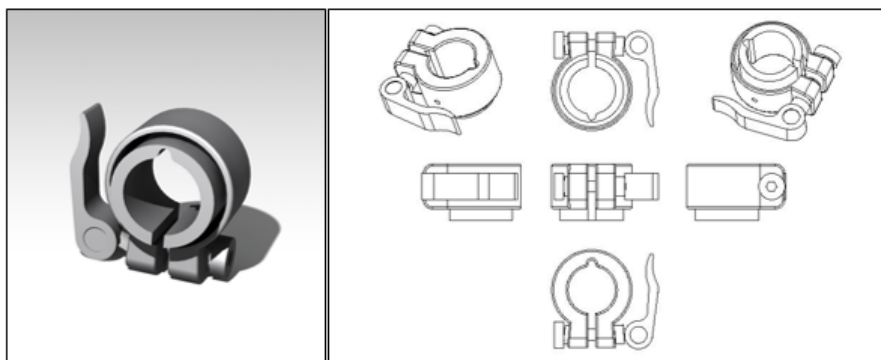
Figur 4.42: Deformation under normal belastning

4.3.3 Övrigt stöldskydd

Utöver huvudlås är det nödvändigt med stöldskydd som förhindrar stöld av komponenter. När det kommer till lampor och andra tillbehör har projektgruppen arbetat med integrerade lösningar. Integrerade lösningar bedöms vara attraktivt med avseende på både stöldskydd och estetik. För att inte fördyra produktionskostnaderna skulle dock semi-integrerade tillbehör också kunna vara ett alternativ. Med semi-integrerade lösningar avses lösningar som är ordentligt infästa i cykeln och estetiskt upplevs som en integrerad detalj. För en lampa kan skillnaden exempelvis utgöras av att den integrerade lösningen innefattar ett lamphus i ramen medan den semi-integrerade lösningen är en separat lampa som efterliknar den integrerade men istället eftermonteras med skruv i produktionen.

När det kommer till stöldskydd av andra komponenter tenderar bra stöldskydd att försvåra demontering och justering även för användaren. Det medför en avvägning i säkerhet kontra enkel montering respektive demontering. Många cyklar har en verktygslös snabbkoppling till sadelstolpe och hjul, en så kallad *quick release* vilken medför enkel lossning och fastsättning. En sadelstolpe som är utrustad med verktygslös infästning är lätt att justera men även lätt att stjäla medan en sadelstolpe med skruvinfästning är svårare att stjäla men också svårare att justera. Det har observerats att låncyklarna som hyrs ut via automater i vissa storstäder (Till exempel Göteborgs *styr och ställ*) har en snabbkoppling i kombination med att sadelstolpen inte kan dras hela vägen upp. Deras sadelstolpar har grövre tvärsnitt längre ned och kan således inte demonteras. Projektgruppen anser att spärrfunktionen även lämpas på pendlarcyklar.

Dock bör sadelstolpen vara lätt att montera och kunna demonteras vid behov. Därför har en ny spärr för sadelstolpar utvecklats inom ramen för det här projektet (se figur 4.43 nedan).



Figur 4.43: 3D-modellerat sadellås med quick release

Lösningen innefattar att quick releasen sitter fast i en hylsa vars yttermått är anpassat till sadelrörets innermått. Anordningen skruvas fast med en torxskruv och utgör således ett stopp högst upp i sadelröret. Den nedre änden av sadelstolpen breddas med en annan aluminiumhylsa som löper på insidan av sadelröret. Således erhåller stolpen en stödyta både uppe och nere i röret. Den observante funderar kanske på hur monteringen skall gå till. Tanken är att quick releasen träs på sadelstolpen underifrån innan aluminiumhylsan monteras. Stolpen med aluminiumhylsa och quick releasen förs sedan ned i sadelröret (se figur 4.44 nedan).



Figur 4.44: Sprängningsvy av sadelstolpe med quick release

4. Genomförande och resultat

Från början var tanken att skruven som fixerar spärren skulle kräva ett unikt specialverktyg. Ett exempel på specialverktyg utgörs av den befintliga lösningen *Hexlox*, vilken bygger på att en liten plugg blockerar spåret i en hexskruv (se figur 4.45). Efter noggrann övervägning bedömdes det tillförda stöldskyddet dock inte överväga mödan som uppstår då det unika verktyget tappas bort eller av annan anledning inte finns till hands.



Figur 4.45: Hexlox lösning för låsning av skruvar (HiConsumption, 2016)

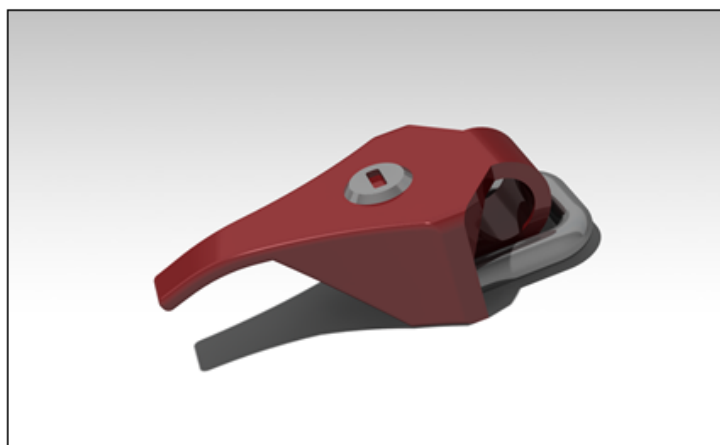
När det kommer till infästning av hjul ligger quick releasen väl i linje med att hjulen skall vara lätta att byta. För att förhindra stöld bör lösningen dock förses med någon form av stöldskydd. Det finns existerande lösningar som innebär att handtaget låses med en gravitationsstyrd plugg där cykeln behöver vändas upp och ned innan hjulen kan demonteras. Projektgruppen är dock tveksamma till både användarvänlighet och säkerhet. En annan lösning innebär att handtaget låses med ett externt lås (se *Quick caps* i figur 4.46 nedan).



Figur 4.46: Quick caps (*Quick caps*, 2017)

I figuren ovan visas den befintliga lösningen *Quick caps* vilken utgör ett externt lås till quick release. Låset fixerar handtaget och hindrar således att obehörig lossar hjulet. Projektgruppen

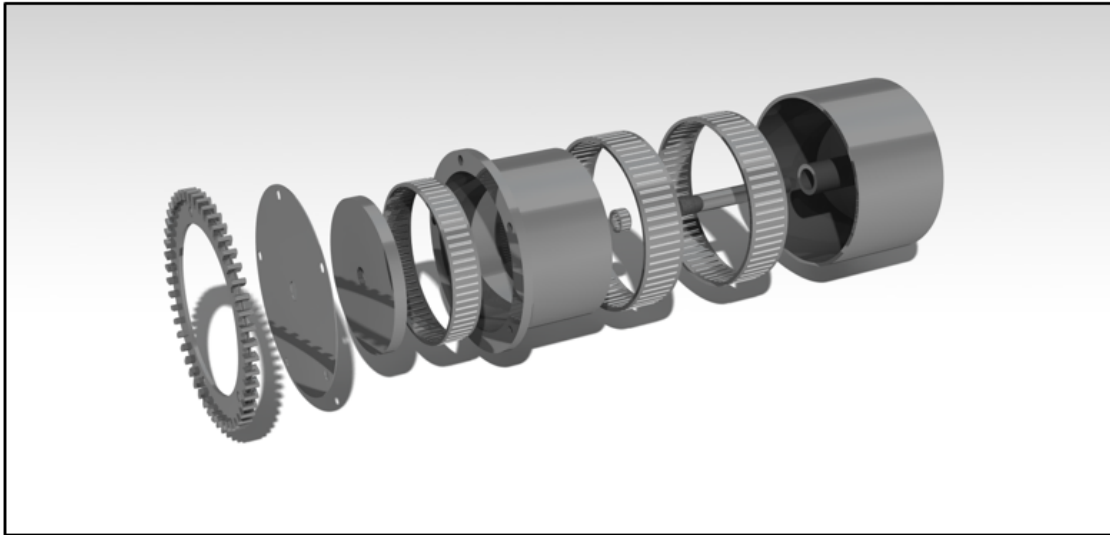
anser att *Quick caps* är en bra lösning men ämnade minska antalet lösa delar genom att integrera låset i själva handtaget. Lösningen är inte detaljutvecklad med avseende på hur låskolven fungerar men åskådliggörs i figur 4.47. Själva låsfunktionen är densamma som för *Quick caps*. Med hänsyn till användarvänlighet anser projektgruppen att samma nyckel som till huvudlåset skall kunna användas.



Figur 4.47: Modell av hjullås för quick release

4.3.4 Planetväxellåda fram

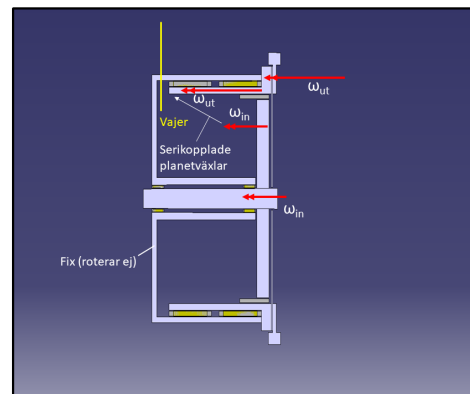
Tidigare nämndes att navväxlar utgör system av planetväxlar. Den enklaste typen består av en enda planetväxellåda där solen hålls fixerad. Om planetväxeln skall sitta fram måste input till växeln gå via vevaxeln. Den mest väsentliga skillnaden mot navväxeln är således att den drivande axeln måste vara genomgående. Även på mer komplicerade navväxlar fås input bara från ena sidan medan den genomgående axeln är fixerad. Från början var det tänkt att samma typ av växel som konventionella navväxlar skulle kunna tillämpas även framme vid vevaxeln. På grund av att vevaxeln skall vara genomgående blir problemet tyvärr lite mer komplext. Nedan presenteras den konstruktion av planetväxellåda som utvecklats inom ramen för det här arbetet. Projektet avgränsades från detaljutveckling med avseende växlingsmekanismer som används för att fixera olika delar och därmed variera utväxlingen. Vidare avgränsades projektet från att dimensionera de seriekopplade planetväxlarna. Istället har en grund lagts för hur växeln kan utformas med hänsyn till att liknande teknologi som på navväxlar skall kunna tillämpas. I figur 4.48 på nästa sida presenteras en övergripande rendering av dess komponenter (exklusive kuggväxlar).



Figur 4.48: Sprängningsvy av planetväxel

Lösningen i figur 4.48 utgör ett förslag till en grundkonstruktion för hur växellådan kan konstrueras. Med rimlig modifikation bedöms den kunna detaljkonstrueras. Detaljonstruktionen bedöms dock vara mycket omfattande, varför projektet avgränsades från det. Syftet med konstruktionen som presenteras är att påvisa rimligheten i konceptet med en planetväxellåda framme vid vevaxel. Plats till kuggväxlar och vajer har lämnats tomma för att inte ge missvisande information om konstruktionens detaljnivå. I figur 4.49 visas en genomskärning av växeln.

Vevaxeln (input) behöver gå innanför den roterande cylinderytan (output) för att remhjulet skall kunna hamna innanför vevarmen. Vidare behöver vevaxeln vara genomgående för att förena båda vevarmarna. Den utgörs därför av en genomgående axel närmast centrum och roterar med ingående varvtal (ω_{in}) styrt av vevarmarna.



Figur 4.49: Genomskärningsvy av planetväxel

Normalt sitter många av de mekanismer som styrs av växelreglaget i en fixerad centrumaxel. Därför får en ihålig axel som är fixerad med höljet och därmed i ramen löpa runt den roterande vevaxeln. Således kan mekanismerna som styrs av växelreglaget integreras i den

fixerade axeln. Vevaxeln har kontakt med planetväxlarna i ena änden av växeln. I figuren styrs växlingen med hjälp av en vajer som på konventionella navväxlar. Elektrisk växlingen skulle dock kunna leda till nya och mer flexibla möjligheter för manövrering av mekanismerna. Framdrevet fästs med skruvfästning till den roterande cylinderytan som roterar med utgående varvtal (ω_{ut}) och resterande fungerar enligt konventionella drivlinor.

Med konstruktionen ovan ämnade projektgruppen som tidigare nämnt snarare påvisa hur planetväxellådan kan utformas än att detaljkonstruera den. En tidigare förkastad lösning (se *Pinion Elimineringsmatris* i bilaga F) som utgörs av en växellåda med två axlar skulle kunna utgöra ett alternativ men bedömdes vara för dyr och behöver bli mycket billigare än vad den är nu. Vidare är konstruktionen ganska tung. Planetväxellådan bedöms därför fortfarande vara ett bättre alternativ och förenkling av hjulbyte motiverar placeringen vid vevpartiet.

4.3.5 Tillbehör till packningslösningen lilla bron

Packningslösningen lilla bron medför både hög estetik och användarvänlighet. Tillbehör anpassas efter behov och kan enkelt demonteras då lägre vikt och ett mer stilrent utseende önskas. I följande avsnitt presenteras de förslag på tillbehör som behandlats inom ramarna för arbetet. Projektet avgränsades från detaljutveckling av tillbehören och de som presenteras nedan ämnar snarare lyfta fram förvaringskonceptet som helhet. Vid detaljutveckling bör emellertid infästningarna vara verktygslösa och förses med stölskydd där samma nyckel som för huvudlåset skall kunna användas. Tillbehören är ett tillval och utgörs av cykelväskor, en korg och en pakethållare (se figur 4.50 nedan).



Figur 4.50: Tillbehör till packningslösning *lillabron*

Cykelväskor är bra för transport av ombyten, laptop och mycket annat. De dagar pendlaren har behov av att handla kan det vara fördelaktigt med en korg bak. Korgen är försedd med gummistroppar vilka kan användas för fastspänning av last. Gummistropparna är försedda med hål och kan fästas på flera sätt mellan korgens fyra knoppar. När den inte är försedd med last kan gummistropparna diskret fästas längs med korgen i enlighet med figuren. För ytterligare flexibilitet erbjuds även en pakethållare som tillval.

4.4 Slutgiltigt koncept - Specifikation av supercykeln

Nedan presenteras specifikationer och renderingar över det slutgiltiga konceptet supercykeln. Resultatet är ett helhetskoncept som består av flera egenutvecklade dellösningar i kombination med lämpliga val bland befintliga delsystem. Cykeln har dimensionerats för att erhålla ungefär de egenskaper som eftertraktas. Ytterligare analyser samt prototyp tillverkning för verifiering och finjustering bedöms dock vara nödvändigt innan slutgiltig anpassning för tillverkning.

Supercykeln är avsedd för långa sträckor i trafik och erbjuder en något mer upprätt körställning än en konventionell racercykel. Remdrift och planetväxellåda fram ger god livslängd och hög tillförlitlighet samtidigt som antalet komponenter på bakhjulet hålls nere. Kevlar-däcken i storlek 32-622 erbjuder bra punkteringsskydd samt väggrepp och kan kompletteras med dubbade vinterhjul i storlek 34-622. Även vinterdäcken är punkteringsskyddade. Vidare är supercykeln utrustad med allt från lås till lysen, blinkers och backspeglar. Lysen och övrig trafikutrustning är integrerat vilket är fördelaktigt med avseende på både estetik och stöldskydd. Quick release med integrerat stöldskydd används för infästning av sadelstolpe och hjul. Det medför hög användarvänlighet såväl som säkerhet. Vidare är den utrustad med ett mindre förvaringsutrymme fram och lilla bron bak vilket tillgodoser de flesta pendlares behov av packning och förvaring. Nedan återfinns en specifikation över supercykeln (se tabell 4.9).

Tabell 4.9: Specifikation över *supercykeln*

Ram	Aluminium, 56 cm, försprång 6,9 cm, castervinkel 15 °
Gaffel	Kolfiber
Styre	Bockstyre med integrerade backspeglar
Bromsar	Hydrauliska skivbromsar
Växlar	Planetväxellåda vid vevaxeln
Lysen	Integrerade, bromsljus, blinkers
Strömförsörjning	Navgenerator
Däck	Kevlardäck
Fälgar	Dubbelbottnad aluminiumfälg med tangentiella ekrar
Sadel	<i>Infinity sadel</i>
Huvudlås	Länklås
Övrigt stöldskydd	Egenutvecklade quick releases för sadel och hjul
Drivlina	Remdrift
Stänkskydd	Stänkskydd fram och bak
Ca Pris	14000 SEK
Ca Vikt	14,2 kg

Nedan visas tre renderade bilder på *supercykeln* ytterligare renderade bilder och förklaringar återges i bilaga N.



Figur 4.51: Slutligt koncept, vy 1



Figur 4.52: Slutgiltigt koncept, vy 2



Figur 4.53: Slutgiltigt koncept, vy 3

5. Diskussion

I följande avsnitt presenteras en diskussion kring arbetets resultat samt huruvida tillämpade metoder påverkar dess trovärdighet.

Projektet syftade till att identifiera problem och förbättringspotential kopplade till cykeln som produkt samt generera konkreta lösningsförslag. Arbetet ämnade:

- Bidra till säkrare och mer komfortabla cykelresor.
- Minska användarens tidsbehov för underhåll och reparation.
- Leda till förbättrad hälsa hos individer.
- Leda till minskad klimatpåverkan från individer.
- Förhöja upplevelsen av cykelpendling.
- Främja cykelpendling.
- Öka kunskap inom ämnet hos både projektmedlemmar och andra intressenter.

Den övergripande frågeställningen har varit vad som karakteriserar en bra pendlarcykel vilket kan besvaras med hjälp av kategoriseringen som införts inom ramarna för det här arbetet; *Pendlarcyklar utgörs av cyklar med lågt underhållsbehov som är avsedda för långa sträckor i trafik och utrustade med lämpliga tillbehör i form av bland annat packningslösningar och stölskydd.* Att den är utrustad för långa sträckor i trafik ställer krav på säkerhet och komfort. Vidare används robusta och tillförlitliga lösningar med lågt underhållsbehov vilket bidrar till mindre behov av underhåll och reparation. Om det genomarbetade produktkonceptet lanseras på marknaden kommer sannolikt upplevelsen av pendling förhöjas samtidigt som det bidrar till att främja cykeln som pendlingsfordon framför andra transportmedel. På så vis kommer individernas klimatpåverkan reduceras och det kommer sannolikt även bidra till att de erhåller bättre hälsa. Projektet har bidragit till ökad kunskap hos projektmedlemmarna. Däremot kan kunskapen hos andra intressenter, liksom många andra av effektmålen, endast verifieras i framtiden. Förhoppningen är emellertid att det här arbetet skall bidra med kunskap som leder till att liknande produktkoncept kan lanseras och därmed att effektmålen uppfylls.

Med *långa sträckor i trafik* besvaras frågan om under vilka förhållanden pendlarcykeln används. Vad som avses med långt utgör dock en subjektiv bedömning som inte kan ges ett exakt svar. Däremot erbjuds en fingervisning om vilka förhållanden *supercykeln* är avsedd för via beskrivningen av personen som skapades; Johan cyklar dagligen 10 km enkel väg, varav cirka 7 km utgörs av separat cykelled och resterande är stadstrafik.

Under arbetet har ett stort antal existerande lösningar och produkter som är aktuella för cykelpendlare behandlats och här finns det inte utrymme att gå in på detaljer. För många av cykelns delsystem finns det redan väldigt välutvecklade lösningar. I många avseenden är det emellertid med avseende på cykelns helhet som många existerande produkter är bristfälliga. Bland befintliga lösningar får den totala produkten ofta införskaffas i flera delar med avseende på att många till synes självklara tillbehör varken är inkluderade eller anpassade till cykeln. Problembilden inklusive behov, krav och önskemål kring pendlarcyklar är bred men de viktigaste områdena som adresserats inom ramarna för det här arbetet är:

- Drivlina
- Stöldskydd
- Packningslösningar
- Trafikutrustning
- Anpassning av däck efter väglag

Kravspecifikationerna (se bilaga D) i kombination med de framarbetade lösningarna besvarar vilka funktioner och vilken prestanda som en bra pendlarcykel bör innefatta. Under konceptframtagningsfasen presenterades de mest väsentliga delsystemen samt tillhörande lösningar som tillgodoser de önskade funktionerna. Där visades även hur nya och befintliga dellösningar kan kombineras till attraktiva helhetskoncept (se bilaga G).

5.1 Slutresultatet - En bra pendlarcykel?

Det övergripande målet med projektet var att besvara vad som utgör en bra pendlarcykel genom ett genomarbetat produktkoncept. Tidigare infördes kategorisering av pendlarcyklar; *Cyklar med lågt underhållsbehov som är avsedda för långa sträckor i trafik och utrustade med lämpliga tillbehör i form av bland annat packningslösningar och stöldskydd*. Den intressanta frågan är således om kategoriseringen stämmer med vad marknaden vill få ut av en pendlarcykel samt om det slutgiltiga konceptet supercykeln utgör en bra cykel inom kategorin.

Supercykeln är avsedd för långa sträckor i trafik. Den erbjuder en något mer upprätt körställning än en konventionell racercykel, men skillnaden är relativt liten för att erhålla god aerodynamik vilket bidrar till kortare restid och en mindre kämpig färd. När det gäller drivlina och däck har emellertid lågt underhållsbehov, komfort och punkteringsskydd fått vägas mot mekanisk effektivitet. Personer har personliga premisser men för den breda skaran bedöms avvägningen vara väl genomförd. Den reducerade hastigheten bedöms dock vara relativt liten och tjänas snabbt in i reducerad tid för underhåll och reparation.

Med hänsyn till den ökande cykeltrafiken som samhället behöver rustas för kan det bli nödvändigt med hårdare lagkrav för cyklister. Det är inte orimligt med högre krav på signaler som bromsljus och körriktningssvisare. Frågan är emellertid om produkten är före sin tid, hur länge det dröjer innan andra trafikanter börjar titta efter trafiksignalerna på cyklar samt vad som krävs för att göra signalerna tillräckligt synliga. När det gäller tidsaspekten kommer det förmodligen att uppstå någon form av övergångsperiod innan signalerna får avsedd uppmärksamhet. Angående synligheten bedöms tester med fysiska prototyper vara att föredra eftersom det kan vara svårt att förutse hur väl signalerna fungerar i en virtuell modell. Det är viktigt att lamporna placeras rätt samt att de erhåller tillräcklig ljusstyrka. När det gäller placering är det viktigt att ta hänsyn till både synlighet och estetik. Projektgruppens bedömning är att *supercykeln*s signaler kommer fungera väl i båda avseendena men att prototyp tester ändå är nödvändigt för verifiering och eventuell modifiering. Det kan exempelvis vara så att baklyktan behöver göras större. Angående ljusstyrka så behöver tester genomföras för att verifiera om befintlig strömförsörjning är tillräcklig eller om det krävs högre effekt från navgeneratorn.

Lilla bron inklusive de flexibla och välanpassade tillbehören utgör ett både praktiskt och estetiskt substitut till traditionella förvaringslösningar. Huvudlåset och övriga stöldskydd som är inkluderade i cykeln bidrar till både hög flexibilitet och bra skydd mot stöld. De bidrar således med hög säkerhet och tillförlitlighet såväl som användarvänlighet. Väljs tillvalet i form av vinterhjul förlängs säsongen för cykelpendling genom ett enkelt hjulbyte.

Ovanstående talar för att *supercykeln* utgör en bra pendlarcykel men det fordrar emellertid att slutresultatet är trovärdigt samt att kategoriseringen stämmer med marknadens uppfattningar och förväntningar av en pendlarcykel.

5.2 Resultatens trovärdighet

Vid diskussion kring arbetets trovärdighet är begreppen *validitet* och *reliabilitet* av stor vikt. Med validitet avses att mäta det som ämnat mätas och med reliabilitet avses tillförlitligheten i

mätningarna (Bryman och Bell, 2013). *Intern validitet* hänförs till undersökningens upplägg och hur väl den stämmer överens med verkligheten medan *extern validitet* omfattar generaliserbarheten i resultaten (Mälardalens högskola, 2017). *Intern reliabilitet* hänförs till huruvida mätningen är oberoende av vem som genomfört den och *extern reliabilitet* till om samma resultat erhålls vid upprepade mätningar (Studeravidare.se, 2017).

5.2.1 Förstudien - Rättvisande problembild?

Förstudien syftade till att samla information om problemområden samt att etablera en gemensam problembild bland projektmedlemmarna. Den innefattade en intervjustudie med KJ-analys samt konkurrentanalys, HTA och en övergripande funktionsanalys.

Projektgruppen bedömer att den mest väsentliga risken till felkällor innefattas av intervjustudien. För intervjustudien kan validiteten hänföras till om rätt frågor ställts till rätt personer (intern validitet) samt om resultaten kan generaliseras (extern validitet). Reliabiliteten hänförs till om svaren och KJ-analysen är tillförlitliga med avseende på om resultatet är oberoende av vem som utfört intervjuerna (intern reliabilitet) samt om samma resultat skulle uppnås ifall studien genomfördes på nytt (extern reliabilitet).

Den interna validiteten bedöms framför allt vara beroende av intervjuernas utformning och urvalet av respondenter. Grundstrukturen för intervjuerna återfinns i bilaga J. Semistrukturerade intervjuer tillämpades där öppna frågor förbereddes och utrymme lämnades till följdfrågor samt dialogisk validering, vilket bidrar till högre validitet. Det bör även påpekas att frågorna i viss mån anpassats efter respondenten, vilket sannolikt också bidragit till högre validitet. Dock på viss bekostnad av reliabilitet eftersom resultatet blir mer beroende av vem som genomfört intervjun samt att det blir svårare att erhålla samma resultat om intervjun genomförs på nytt. Reliabiliteten bedöms även kunna påverkas av inkonsekvens hos respondenter.

Intervjustudien omfattar totalt 33 intervjuer varav 15 kortintervjuer på cirka 15 minuter och 18 långintervjuer på cirka 60 minuter. Den fokuserade på att fånga användarnas perspektiv men omfattar även några cykelmekanikers och en företagsledares åsikter. Urvalet begränsades till respondenter som fanns tillgängliga och omfattningen med avseende på projektets tidsram. Det kan bidra till lägre intern validitet i den mån att urvalet av respondenter blir tämligen begränsat och inte nödvändigtvis besitter den kunskap och erfarenhet som undersökningen egentligen fordrat. Intervjustudien fortgick emellertid fram tills de sista intervjuerna tillförde ytterst lite, om ens någon, ny information jämfört med vad som inhämtats innan. Informationen som fångats under intervjustudien bedöms därför kunna

generaliseras även till andra urvalsgrupper med hyfsad tillförlitlighet (extern validitet). Om en liknande studie genomförs på nytt förväntas den fånga ungefär samma problemområden.

Det bör dock poängteras att användarna som intervjuades hade mycket större erfarenhet av vanligt förekommande komponenter än sådana som är mindre etablerade. Det är inget överraskande utfall men det bidrar till att mer information om fördelar och problem erhålls för etablerade komponenter. Ett exempel är drivlinan där det lyftes fram många problem med kedjedrift. Hade urvalsgruppen haft större erfarenhet av andra tekniker skulle nya problemområden troligtvis erhållas. Inga intervjuer har genomförts med användare som har remdrivna cyklar. Vissa experter delade med sig om uppfattningen att remdrift medför mindre underhållsbehov, tystare gång och längre livslängd. Det stämmer bra med bilden som litteratur och recensioner ger men den genomförda intervjustudien innefattar inga respondenter som använder remdrift. Alla använder kedjedrivna cyklar och därför finns det en risk att intervjustudien kan ha resulterat i en något skev bild av jämförelse mellan olika drivlinor. Projektgruppen har emellertid varit medvetna om att det kan ha bidragit till att fler problem kring kedjedrift framkommer. Under arbetets gång har en så rättvisande utvärdering av såväl kedjedrivna som remdrivna cyklar eftersträvat. Som tidigare nämnt skulle en urvalsgrupp som innefattar personer med mer erfarenhet av mindre etablerade tekniker sannolikt fånga nya problemområden. Samtidigt stämmer de mer slumpmässigt valda respondenternas erfarenheter och uppfattningar troligtvis bättre överens med marknadens än om projektgruppen hade sökt aktivt efter personer med erfarenhet av alternativa tekniker som exempelvis remdrift.

En annan felkälla skulle kunna utgöras av projektgruppens hantering av den insamlade informationen. Det finns risk att den interna reliabiliteten kan påverkas negativt genom att mycket vikt läggs på sådana problem som gruppmedlemmarna upplevt själva.

5.2.2 Utvärdering av lösningar - objektiva och rimliga bedömningar?

För utvärderingen av olika lösningar kan validiteten hänföras till om rätt kriterier med rätt viktningar tillämpas i kravspecifikationen och urvalsmatriserna. Reliabiliteten hänförs till huruvida konceptens uppfyllnadsnivå är rätt uppskattade för respektive kriterium.

Utvärderingsmatriserna bidrar till högre objektivitet vid uteslutning av lösningar. Bedömningar om prestation riskerar dock att vara subjektiva på vissa kriterier. För att erhålla högre objektivitet har oberoende data inhämtats i möjligaste mån. Den estetiska utvärderingen medförde högre objektivitet inför bedömning av uppfyllnadsgrad i Kesselringmatrisen. Pris och vikt har uppskattats genom att summera komponenternas uppskattade egenskaper. För

vikt bedöms det ge en god uppskattning. Dock är uppskattningen av pris förknippad med högre osäkerhet. Att bidrag till slutpris skulle utgöra 60 procent av cirkapris i butik är förmodligen inte en god uppskattning för samtliga separata komponenter. Dock bedöms genomsnittet medföra en någorlunda god uppskattning om var slutpriset kan hamna. Genom att summera komponentpriserna erhålls även högre objektivitet för jämförelse mellan olika koncept. Det finns annars stor risk att en cykel som ser dyr ut även uppskattas till att vara dyrare. På samma sätt är det lätt konceptnamn som beskriver egenskaper och prestanda riskerar att skapa bias. Notera också att prisuppskattningen förmodligen skulle kunnat göras i form av inköps- och tillverkningskostnader om utvecklingsarbetet bedrivits på ett företag inom branschen. De kan utgå ifrån vad liknande komponenter kostar att köpa in till befintliga produkter samt prediktera tillverkningskostnaderna baserat på hur processerna ser ut.

5.2.3 Ramkonstruktion - Är konstruktionen rimlig?

Vid verifiering av det valda konceptet *supercykeln* begränsades den finita elementanalysen till ram och gaffel. Vidare begränsades den till att endast betrakta stationära laster som verkar vertikalt på cykeln. De maximala deformationerna ligger inom toleransen på 1 mm vid normal användning. Vidare klarar ramen ett lastfall med fyra gånger så stora krafter utan att plasticera. Begränsningar bidrar dock till lägre validitet och fler analyser anses nödvändiga innan cykeln tillverkas. När det gäller statiska laster bör den även testas i tvärled och med hänsyn till livslängden bör den även testas under dynamiska laster med avseende på utmattning. Vid jämförelse med många befintliga ramar erhöles högre vikt. En del kan hänföras till att ramen är försedd med *lilla bron*. Resterande beror sannolikt på att ett konservativt lastfall antagits samt att ramen inte är reducerad (tunnare godstjocklek i de delar av rören som tar upp mindre last). Innan tillverkning kan även korrosionsrisker behöva utvärderas. Delarna som är mest utsatta för risk bedöms vara vid kontaktytan med kolfibergaffeln samt vid infästningar där spalter kan uppstå (i synnerhet där den separabla sidans kedjestag skruvas ihop med sadelstag och staget till lilla bron). Sammanfattningsvis anses ramkonstruktionen vara rimlig trots att ytterligare analyser bedöms vara nödvändiga för validering innan tillverkning.

6. Slutsats

I det här avsnittet presenteras de viktigaste slutsatserna för arbetet vilket är förknippat med projektets övergripande syfte, mål och frågeställningar.

Väldigt få cyklar tycks uppfylla de krav som en bra pendlarcykel bör tillgodose. Relevanta tillbehör behöver ofta införskaffas separat och de är sällan anpassade till cykeln. Införskaffandet är alldeles för mödosamt med avseende på informationsinsamling, prioriteringar och komponerande av utrustning. Med tanke på det ökande intresset kring cykelpendling var det högst aktuellt med ett produktutvecklingsprojekt av en tillförlitlig och välkomponerad pendlarcykel. Det övergripande syftet med projektet var att identifiera problem och förbättringspotential kopplade till cykeln som produkt samt generera konkreta lösningsförslag. Arbetets övergripande mål och frågeställningar ämnade besvara vad som utgör en bra pendlarcykel samt att kunna presentera ett genomarbetat produktkoncept inom temat pendlarcykel. Med avseende på projektets resultat kan i synnerhet följande slutsatser dras:

- Problembilden inklusive behov, krav och önskemål är bred. Dock finns det relativt stort förbättringsutrymme med avseende på drivlina, stölskydd, packningslösningar och anpassning av däck efter väglag.
- För flera av cykelns delsystem finns det redan väldigt välutvecklade lösningar. Det är emellertid med avseende på cykelns helhet som många existerande produkter är bristfälliga. Bland befintliga lösningar får den totala produkten ofta införskaffas i flera delar på grund av att till synes självklara tillbehör varken är inkluderade eller anpassade till cykeln.
- Pendlarcykel är en ändamålsenlig kategorisering av cyklar som är avsedda för långa sträckor i trafik och utrustade med lämpliga tillbehör i form av bland annat packningslösningar och stölskydd.
- Det slutgiltiga konceptet *supercykeln* kan sannolikt utgöra en bra och välkomponerad produkt inom kategorin pendlarcyklar om den lanseras på marknaden.
- Många av projektets effektmål är beroende av framtida lansering på marknaden samt spridningen av informationen som finns dokumenterad i den här rapporten.

När det gäller genomförande och metodval kan följande slutsatser dras:

- Semistrukturerade intervjuer där öppna frågor förbereds och utrymme lämnas till följdfrågor samt dialogisk validering bidrar till hög validitet. Att frågor anpassas efter respondenten kan också bidra till högre validitet. Dock på bekostnad av reliabilitet eftersom resultatet blir mer beroende av vem som utför intervjun samt att det reducerar sannolikheten för samma utfall om den skulle genomföras på nytt.
- En urvalsgrupp som innefattar personer med mer erfarenhet av mindre etablerade tekniker hade sannolikt fångat nya problemområden. Samtidigt stämmer de mer slumpmässigt valda respondenternas erfarenheter och uppfattningar troligtvis bättre överens med marknadens än om projektgruppen hade sökt aktivt efter personer med erfarenhet av alternativa tekniker som exempelvis remdrift.
- Kvantitativa uppskattningar av lösningars egenskaper är svåra att ange för en produkt som fortfarande utgörs av ett koncept på ritbordet eftersom ett stort antal parametrar innefattas av osäkerhet. Däremot är det viktigt med överslagsberäkningar och oberoende undersökningar för att erhålla högre objektivitet vid utvärderingar. Det finns annars stor risk att en cykel som ser dyr ut även uppskattas till att vara dyrare. På samma sätt är det lätt att vikten underskattas på koncept som ser lätta ut.

7. Rekommendationer

I följande avsnitt ges rekommendationer för fortsatta intervjustudier inom temat pendlarcykel samt för fortsatt utvecklingsarbete inom området.

För framtida intervjustudier inom temat pendlarcykel rekommenderas en urvalsgrupp med större erfarenhet av mindre etablerade tekniker för att fånga mer information om dem. Urvalsgruppen bör exempelvis innefatta ett antal personer med erfarenhet om alternativa drivlinor som exempelvis remdrift. Samtidigt bör utveckling av produkter ske med hänsyn till att marknadens uppfattningar inte kan representeras med en urvalsgrupp bestående av personer som är utvalda baserat på deras erfarenheter. Väljs en sådan urvalsgrupp är det viktigt med stor insikt i hur den externa validiteten (generaliserbarheten) påverkas.

Vidare rekommenderas detaljutveckling av planetväxellådan vid vevpartiet. Extra intressant är huruvida den genomgående axeln påverkar placeringen och utrymmet för kugghjulen. Vidare bör även dimensionering av axel och lager genomföras. Slutligen kan även styrningen av växlarna beaktas, vilken typ av styrningen och hur styrningen skall anslutas till växeln. Konceptet bedöms både utgöra ett praktiskt och estetiskt alternativ till befintliga lösningar som exempelvis Pinions växellådor. Planetväxellådan kan även bli ett konkurrenskraftigt alternativ med avseende på egenskaper som pris och vikt.

Till cykeltillverkarna rekommenderas utformning av ändamålsenliga cyklar där relevanta tillbehör är anpassat och inkluderat. Vidare rekommenderas införandet av lilla bron eftersom det utgör ett estetiskt alternativ till pakethållaren som kan medföra flexibla packningslösningar. Vid detaljutveckling av packningslösningar rekommenderas användarvänliga verktygslösa infästningar med stöldskydd där samma nyckel som till huvudlåset används. Stöldskyddet till sadelstolpen bör vara applicerbart på flertalet cykeltyper. Prototypstest av såväl hela cykeln som mindre system rekommenderas. Blinkers och annan trafikutrustning behöver göras tillförlitliga och väl synliga innan produkterna lanseras på marknaden.

7. Rekommendationer

Referenslista

3DS. (2017) Dassault Systèmes. *CATIA*. <https://www.3ds.com/se/produkter-och-tjanster/catia/produkter/catia-v6/> (Hämtad 2017-05-12)

ANSYS. (2017). *Structures: FEA Simulation*.
<http://www.ansys.com/products/structures> (Hämtad 2017-05-06)

Archer, Sturmey. (2012). *Sturmey Archer Epicyclic gearing*. [YouTube]
<https://www.youtube.com/watch?v=K3QJTTcDXJot=383s> (Hämtad 2017-05-05)

Arthur, Dave. (2015). *Tannus launches new Aither 1.1 solid tyres*.
<http://road.cc/content/news/141771-tannus-launches-new-aither-11-solid-tyres>
(Hämtad 2017-05-06)

Autodesk. (2017). *CAD Software*.
<http://www.autodesk.com/solutions/cad-software> (Hämtad 2017-01-29)

Bicycling. (2014). *Carbon fiber, peeling back layers*.
<http://www.bicycling.com/bikes-and-gear-features/how-its-made/carbon-fiber-peeling-back-layers> (Hämtad 2017-05-05)

Bike Advisor. (2016). Aluminum frames 6061 vs 007, which is the best?
<http://bike-advisor.com/bicycle-guides/aluminum-frames-6061-vs-7005-which-is-the-best.html> (Hämtad 2017-03-10)

BikeExchange. (2016). *Bike Frame Materials Explained*.
<https://www.bikeexchange.com.au/blog/bike-frame-materials-explained> (Hämtad 2017-05-05)

- Billings-Smith, Lana. (2011). *What Are Rollerbrakes on a Bicycle?*.
<http://www.livestrong.com/article/402935-what-are-rollerbrakes-on-a-bicycle/>
(Hämtad 2017-05-05)
- Bohgard, M., Karlsson, S., Lovén, E., Mikaelsson, L., Mårtensson, L., Osvalder, A., Rose, L. Ulfvengren, P. (red.) (2015). *Arbete och teknik på människans villkor*. 3. uppl. Stockholm: Prentent
- Bryman, A. Bell, E. (2013). *Företagsekonomiska forskningsmetoder*. Johanneshov: MTM.
- Burkhart, Dan. (2017). *Rohloff Speedhub How it Works*. [YouTube]
<https://www.youtube.com/watch?v=s4UpwoDmOb4t=168s> (Hämtad 2017-05-05)
- CES Edupack. (2016). *Materials education*.
<http://www.grantadesign.com/education/edupack/> (Hämtad 2017-05-07)
- Classic Motor. (2013). *Vilka material passar mot aluminium och magnesium?*
<http://www.classicmotor.se/artiklar/experten/20130829/vilka-material-passar-mot-aluminium-och-magnesium> (Hämtad 2017-05-07)
- Continental. (2017a). *FAQ frequently asked questions*.
http://www.conti-drive-system.com/pages/faq/faq_en.html (Hämtad 2017-05-06)
- Continental. (2017b). *Tyre Characteristics*.
<http://www.continental-tires.com/bicycle/service/faq/tyre-characteristics> (Hämtad 2017-05-06)
- Curedale R. (2012). *Design methods 1: 200 ways to apply design thinking*. Design Community College Inc, US
- Glaskin, M. (2012). *Cycling Science: How rider and machine work together*. Chicago och London: The University of Chicago Press.
- Guan, T., Guan, X., Wen, X., Xiaoran, Y. Zhongxia, X. (2011) *Load on Bicycle Frame During Cycling with Different Speeds and Gestures**. Transactions of Tianjin University, vol. 17, no. 4, pp. 270-274.

Hadland, T., Lessing, H-E. (2014). *Bicycle design: an illustrated history [Online]*. Cambridge, Mass.: MIT Press

<http://ebookcentral.proquest.com/lib/chalmers/reader.action?docID=3339769ppg=4> (Hämtad 2017-05-02).

Hallett, Richard. (2014). *The Bike Deconstructed - A Grand Tour of the Road Bicycle*. Quid Publishing 2014, England.

Hansson, Martin. (2011). *Punkteringsfritt - men trögcyklat*.

<http://www.testfakta.se/tester/sport-och-fritid/punkteringsfritt-%E2%80%93-men-tr%C3%B6gcyklat> (Hämtad 2017-05-06).

Hicks, Eric. (2013). *Regenerative Brakes on Ebikes*.

<https://www.electricbike.com/regenerative-brakes/> (Hämtad 2017-05-05)

Hoogstrate, John. (2016). *Shimano Alfine Inter 11 Internal Gear hub*.

http://bikeshed.johnhoogstrate.nl/bicycle/drivetrain/shimano_alfine_inter_11/ (Hämtad 2017-05-05)

Huang, James. (2013). *Chain or belt drive: which is faster?*.

<http://www.bikeradar.com/road/news/article/chain-or-belt-drive-which-is-faster-36074/> (Hämtad 2017-05-05)

Jobst, Brandt. (1993). *The Bicycle Wheel*. 3. uppl. Kalifornien: Avocet, Inc. Palo Alto

Johannesson, H., Persson, J-G. och Pettersson, D. (2004). *Produktutveckling – effektiva metoder för konstruktion och design*. Stockholm: Liber AB

Landqvist J. (2001). *Vilda idéer och djuplodande analys: Om designmetodikens grunder*. 2 uppl, Carlssons, Lund

Lawson, B. (2005). *How designers think [Elektronisk resurs] : the design process demystified*. (4. ed.) Oxford: Architectural Press.

Ledrise (2017). *LED and light*

https://www.ledrise.com/shop_content.php?coID=19 (Hämtad 2017-04-07)

Mattson, H., Norell, M. (2012) *Materialteknik - Korrosion M2, kompendium*. Göteborg, Chalmers tekniska högskola.

McLaren, Warren. (2006). *Chainless Shaft Drive Bicycle Transmissions by Sussex*.
<https://www.treehugger.com/bikes/chainless-shaft-drive-bicycle-transmissions-by-sussex.html> (Hämtad 2017-05-05)

MinutePhysics. (2015). *How Do Bikes Stay Up?* [YouTube]
<https://www.youtube.com/watch?v=oZAc5t2lkvo> (Hämtad 2017-02-07)

Mongeau P. A. Morr M. C. (1999). *Reconsidering brainstorming*. Group Facilitation; a research and applications journal, Volume 1, Number 1, pages 14-21.

Mägi, M. Melkersson, K. (2014). *Lärobok i maskinelement*. ([Ny, rev. utg.]). [Sverige]: EcoDev International.

Mälardalens Högskola (2017). *Validitet*.
<http://www.mdh.se/student/minastudier/examensarbete/omraden/metoddoktorn/metod/validitet-1.29071> (Hämtad 2017-05-09)

Nationalencyklopedin. [u.å.a]. *cykel*.
<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/cykel> (Hämtad 2017-02-07)

Nationalencyklopedin. [u.å.b]. *elcykel*.
<http://www.ne.se.proxy.lib.chalmers.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/elcykel>
(Hämtad 2017-02-05)

Nationalencyklopedin. [u.å.c]. *höghjuling*.
<http://www.ne.se.proxy.lib.chalmers.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/höghjuling> (Hämtad 2017-02-05)

Pruitt J. Grudin J. (2003). *Personas: practice and theory. Proceedings of the conference on Designing for user experiences*, June 06-07, San Francisco, ACM s 1-15.

Saabye Ottosen, Niels Petersson, Hans (1992). *Introduction to the finite element method*. New York: Prentice Hall

Scharmer O. C. (2009). *Theory U: Learning from the Future as it emerges*. San Francisco: Berrett- Koehler

Schwab, Arend. (2011a). *TMS bicycle, Andy Ruina explains how bicycles balance*. [YouTube] <https://www.youtube.com/watch?v=84Wczsi4vHg> (Hämtad 2017-02-07)

Schwab, Arend. (2011b). *TMS Bicycle, stable without gyros or trail (TMS=two-mass-skate)*. [YouTube] <https://www.youtube.com/watch?v=YdtE3aIUhbU> (Hämtad 2017-02-07)

Schwalbe. (2017). *Tubeless*. https://www.schwalbetires.com/tech_info/tubeless (Hämtad 2017-05-06)

Shaddy, Wade. (2015). *Road Bike Tire Life - It Depends* <http://www.ilovebicycling.com/road-bike-tire-life-it-depends/> (Hämtad 2017-05-06).

Shimano American Corporation. (2017). *Internal Geared Hub for Disc Brake Use* <http://bike.shimano.com/content/sac-bike/en/home/city—comfort1/drivetrain/internal-g geared-hubs/sg-s700-s.html> (Hämtad 2017-04-01).

Sidwells, Chris. (2003). *Complete bike book*. New York ; London: DK, s.10-11

Staten Väg- och Transportinstitut. (2009). *Tema cykel – skadade cyklister - Rapport 644*. <http://vti.diva-portal.org/smash/get/diva2:675381/FULLTEXT01.pdf> (Hämtad 2017-01-31)

Studeravidare.se. (2017) *Reliabilitet*. <http://www.studeravidare.se/jobb-och-karriar/examensarbete/reliabilitet> (Hämtad 2017-05-09).

Svensk Cykling. (2011). *Cykelsmart: Livskvalitet på två hjul*. Handbok för moderna människor. [figur] http://svenskykling.se/wp-content/uploads/2016/03/110607_CS_En-Handbok-for-MM_webb_mindre_NY.pdf (2017-02-03).

Svensk Cykling. (2014). *Cykeltrendrapporten: Spaningar om cykling* http://svenskykling.se/wpcontent/uploads/2015/09/Cykelrapport_SvenskCykling_2014_WEB_small.pdf

(2017-02-03).

Svensk Cykling (2016) *Cykeltrendrapport*.

<http://svenskykling.se/wp-content/uploads/2016/12/Cykeltrendrapport2016.pdf> (2017-02-03).

Svensk Maskinprovning AB. (1998). *Tekniska orsaker till cykelolyckor - Rapport P1/97*.

https://www.smp.nu/Documents/reports/Tekniska_orsaker_till_cykelolyckor.pdf (Hämtad 2017-01-31).

Tague N.R. (2004). *The Quality Toolbox, 2 uppl, ASQ Quality Press, E-book*

TGMC Tannus. (2014). *Brief Installation Discourse 101 Watch and Learn How Easy 700 x 23C version*. [YouTube]

<https://www.youtube.com/watch?v=mm37lyRcVBU> (hämtad 2017-05-02)

TheBestBikeLock.com (2017) *How to choose the best bike lock in 2017*

<http://thebestbikelock.com/> (Hämtad 2017-05-12)

Trafikverket. (2016). *Cykeln*.

<http://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/Trafiksakerhet/Din-sakerhet-pa-vagen/Ga-och-cykla/Cykeln/> (Hämtad 2017-05-06)

Wendell J. (2004). *Rapid Contextual Design: A How-to Guide to Key Techniques for User-Centered Design, A volume in Interactive Technologies*. Morgan Kaufmann, E-book

Wikberg Nilsson Å., Ericson Å., Törlind P. (2015). *Design: process och metod*. Studentlitteratur, Lund

Williams, Jon. (2011). *Expected Milage on Road Bike Tires*.

<http://www.livestrong.com/article/389765-expected-mileage-on-road-bike-tires/>
(Hämtad 2017-05-06)

Österlin K. (2007). *Design i fokus för produktutveckling: varför ser saker ut som de gör?*

2: uppl, Liber, Slovenien

bildkällor

Bildkällor

Core77 (u.å) *A History of Braun Design, Part 1: Electric Shavers*

<http://www.core77.com/posts/24437/a-history-of-braun-design-part-1-electric-shavers-24437> (Hämtad 2017-03-22)

HiConsumption (2016). *Hexlox anti-theft bike bolts*

<http://hiconsumption.com/2016/04/hexlox-anti-theft-bike-bolts/> (Hämtad 2017-05-8)

MacWorld (2016). *iPhone 7 vs iPhone 7 Plus comparison*

<https://cdn2.macworld.co.uk/cmsdata/features/3630720/iphone-7-plus-design.jpg> (Hämtad 2017-03-22)

Pexels (u.å) *Men's Gold Frame Sunglasses*

<https://www.pexels.com/photo/man-portrait-street-people-108048/> (Hämtad 2017-02-28)

Quick Caps (u.å). *Aluminium single lock*

<http://quick-caps.com/products/aluminium-single-lock> (Hämtad 2017-05-08)

Rapha (u.å) *Men's cycling Jerseys*

<https://www.rapha.cc/se/en/shop/jerseys/category/jerseys> (Hämtad 2017-03-22)

Svensk Cykling (2011). *Cykelsmart: Livskvalitet på två hjul. Handbok för moderna människor.*

http://svenskykling.se/wp-content/uploads/2016/03/110607_CS_En-Handbok-for-MM_webb_mindre_NY.pdf (Hämtad 2017-02-03).

Teknikens värld (2017). *Range Rover Velar officiell - fakta, bilder och film*

<http://teknikensvarld.se/wp-content/uploads/2017/03/range-rover-velar-2018-046.jpg> (Hämtad 2017-03-21)

Bildkällor

Wikimedia (u.å) *Bicycle evolution-en*

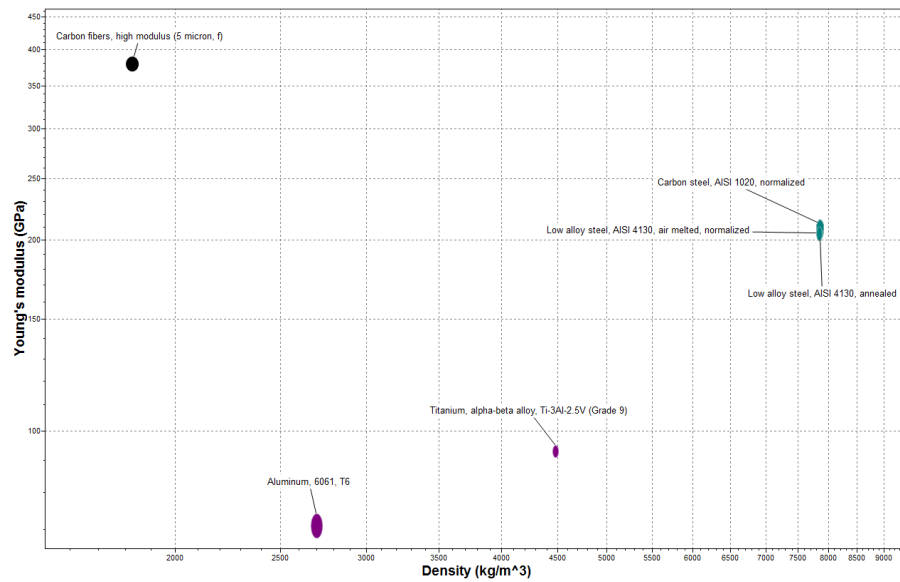
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bicycle_evolution-en.svg (Hämtad 2017-05-02)

Bilagor - Innehåll

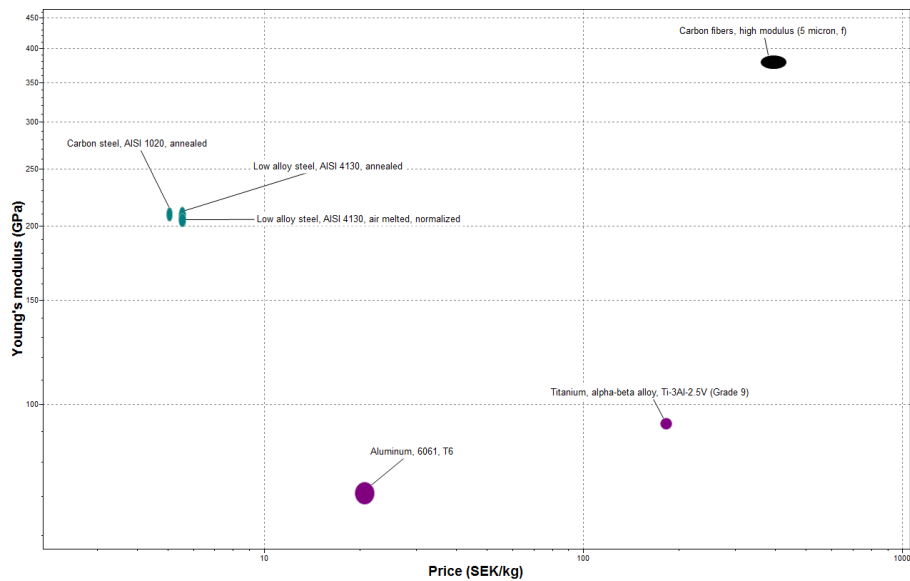
A	CES - Grafer	A-1
B	Sammanställning av KJ-analys	B-1
C	HTA	C-1
D	Kravspecifikationer	D-1
E	FE-analys	E-1
F	Beslutsmatriser	F-1
G	Helhetskoncept	G-1
H	Sammanställning av pris och vikt för de första helhetskoncepten	H-1
I	Konceptbeskrivning för supercykeln	I-1
J	Intervjufrågor	J-1
K	Drivlina - komponenter	K-1
L	Dubbelslang	L-1
M	Estetisk utvärdering - enkät	M-1
N	Produktkatalog - slutligt koncept	N-1

A. CES - Grafer

E-modul kontra densitet



E-modul kontra pris



B. Sammanställning av KJ-analys

Problemen från intervjuerna och KJ-analysen har sammanställts i följande problemområden: ansträngning, bromsar, drivlina, ekonomi, ergonomi, externt, extrautrustning, material, lyse, packning, reglage, service & underhåll, snygg, stänkskydd, stölskydd & parkering, väghållning, växlar samt övrigt. Dessa är sorterade i ordning från A till Ö.

Ansträngning

En tämligen stor grupp anser att det är svettigt och smutsigt att cykla, att man bör tvätta sig efteråt. Vissa blir kalla och blöta av att cykla och därmed ökar risken att bli sjuk, vilket i sin tur innebär att man inte väljer att cykla. Problem som nämns är svårt att klä sig rätt, jobbigt att cykla i motvind, tungt att cykla, stressigt att cykla och väljer att inte cykla vid långa resor. En del upplever ett bryte av "flow" under resan (pga rödljus och annat). Att behöva meka är jobbigt och backarna (särskilt i Göteborg) är jobbiga. Det finns personer som föredrar en lätt cykel framför en tålig cykel och tycker att det är onödigt med dämpare, då det ger extra vikt. Särskilt många önskar en lätt driven och snabbare cykel med låg vikt, så att man kan komma fram snabbt utan att det behöver vara jobbigt. Därför anser några att det är bra med många växlar och bättre lagertätningar. Någon har sagt att det är bra med cykelskor som funkar i andra sammanhang än bara till cykling (vattenavstötande sneakers).

Bromsar

Det är viktigt att ha bra bromsar. Hydrauliska skivbromsar alternativt trumbromsar är något som föredras. Hydrauliska bromsar måste dock luftas vilket är jobbigt och trumbromsar ger en dålig bromskänsla. V-bromsar är mindre uppskattade. Bromsproblem som uppkommer är läckage av bromsvätska, bromsvajern går av, gnisslande skivbromsar, bromsar slits, måste justeras och måste bytas. Dessutom kan det bli rost i vajerhöljet och det kan bildas en beläggning på bromsskivan. Fotbroms sägs ge en ojämn bromsverkan. Det finns önskemål att ha ABS-bromsar samt en längre livslängd på bromsbeläggen.

Drivlina

Problem med drivlinan är ett mycket vanligt problem. Kedjan anses vara den främsta orsaken, med problem som att den hoppar över eller går av. Ett stort problem är att den kräver mycket

B. Sammanställning av KJ-analys

rengöring och smörjning för att fungera optimalt vilket anses som jobbigt. Även problem med kransar och lager förekommer. Navväxlar anses minska behovet av underhåll, men är svåra att serva. Utanpåliggande växlar är lättare att serva men kräver mer underhåll. Några nämner att kedjedrift är bra och effektivt. Andra lyfter upp alternativa lösningar som remdrift som anses gå väldigt tyst och kräver mindre underhåll, kardan/axeldrift eller remdrift med vadematicumlösning där kransen expanderas för att spänna remmen.

Ekonomi

Att det är billigt att cykla är det många som tycker. Om cykeln används ofta är det inte orimligt att betala ca 15 000 kr. Några personer slipper dock gärna utgiften vid inköp av cykeln.

Ergonomi

En bra körställning uppges som viktigt, men det finns delade meningar om hur den skall vara. Vissa föredrar en upprätt sittställning för bra översyn över trafiken och att inte behöva kröka ryggen medan andra vill ha en sportigare körställning. Vissa vill ha en hög ram. Vissa vill kunna kliva på och av lätt. Det finns olika önskemål om fjädring och hårdhet på sadeln, men den måste kunna ställas in för rätt körställning. Möjligheten till varierad körställning har lyfts upp.

Externt

Det lyfts upp flera externa problem med cykling. Det vanligaste rör klimatet, såsom regn, kyla, snö och is (nämns av nästan samtliga). I vissa fall anses det bara jobbigt att bege sig ut, i andra fall vill man inte bli blöt eller smutsig. Vid snö och is anses det medföra fara att cykla. Vissa anpassar sin klädsel efter vädret för att kunna cykla året om, andra undviker att cykla. Vaghinder, spårvagnsspår, stenflis, dåliga, dåligt planerade eller obefintliga cykelvägar eller cykelvägar i kombination med gångbanor nämns som vanliga problem. Utsattheten i trafiken nämns även som ett frekvent problem då man anses som väldigt oskyddad. Avgaser och ohälsosamma partiklar lyfts även upp som ett problem. Det förekommer även ett dåligt samspel med andra trafikanter, såsom bilister och gångtrafikanter. Någon anger dåliga knän och hög ålder som en orsak till att inte cykla. Det finns önskemål av en cykel som kan användas året om, att synas bättre, samt att någon ville ha tak.

Extrautrustning

Extrautrustning utöver de som tas upp under enskilda punkter anses inte behövas generellt. Någon uppger att de vill ha GPS och en annan att detta är onödigt och kan krångla. Andra enskilda saker som nämns är blinkers, backspegel, 'stingpinne' (pinne för att hålla bilarna på avstånd), all-inclusive (allt monterat vid köp) och att stötdämpare är onödigt.

Material

Rost uppges som ett problem. Aluminium lyfts upp som ett bra materialval för ramen, även om andra material inte utesluts. Det är kan vara bra att se över materialval (legeringar), blandning av olika material och bra avrinning i ramen. Karbon har lyfts upp som material för för sadelstolpe, styre och framgaffel.

Lyse

Vad gäller lysen är det vissa som glömmer att sätta på cykellampan. Andra uppger att batterierna på lamporna har tagit slut. Med en navgenerator kan batteriproblemet elimineras. Dessvärre kan det vara svårt att vrida av dynamon eller så kan den plötsligt gå igång vid väggupp. Ibland släcks lampan vid stillastående vilket inte är önskvärt. Somliga har svårt att fästa tillbehör på styret pga varierande diameter på styret. Magnetgeneratören krånglar för några. Vissa använder lyset för att synas men inte för att själv se, andra tycker att lampan sitter lågt och skymt. Att integrera lampor lyfts fram som något önskvärt, särskilt med tanke på minskad stöldrisk och snyggare design.

Packning

De allra flesta cyklister vill ha bättre möjligheter att förvara sin packning på cykeln. Förslag på förbättringar är ett mobilfack framtill på cykeln, vattenskyddad packning från regn och vattenstänk, låsbart fack på cykeln, inbyggd cykelkorg och cykelväska på sidan. Några vill kunna ta med sig kassar på cykeln eller skjutsa barnen på cykeln. Är det för mycket packning avstår man däremot från att ta cykeln. Ett vanligt problem är att behöva förvara cykelutrustning såsom hjälm, lås, lampor och regnkläder vid färdmålet. Man vill inte att grejer hoppar ur korgen vid påkörning av gupp. En mindre grupp tycker att en pakethållare är onödigt och föredra att

B. Sammanställning av KJ-analys

ha väskan på sig hellre än på cykeln. Någon har även poängterat att det är svårt att balansera cykeln, då cykeln är packad och står stilla (ex när man ska parkera cykeln).

Reglage

Vajerreglage kan ge sämre känsla. Att förbättra denna känsla i reglage är önskvärt. Att integrera vajerdragningen sägs vara bra för brukaren av cykeln men dåligt för mekanikern.

Service & Underhåll

Behovet av service och underhåll på cykeln anges som ett stort problem. Dels så anses cyklar behöva service och underhåll väldigt ofta då många system och detaljer fort slits eller går sönder. Det finns även en viss okunskap om när saker bör ses över och bytas (enligt experter). Vanliga komponenter som kräver ständig service är bromsar, kedja, växlar och vajrar. Byte av kedja bör ske oftare enligt experter. De menar även att bra service mer frekvent minskar slitage och behovet att byta ut detaljer. Det efterfrågas cyklar som kräver mindre underhåll och service, och när den skall ske bör det vara enkelt. Det efterfrågas även platser där servicen kan ombesörjas.

Snygg

En pendelcykel bör vara estetiskt tilltalande. Den bör vara stilren. 'Stålhästen' lyftes upp som exempel. Det uppskattas praktiska och integrerade lösningar av reflexer och olika delar. Skärmar och väskor nämns som något som gör cykeln ful.

Stänkskydd

En pendelcykel anses behöva ett par bra stänkskärmar för att skydda dels cykeln men framförallt cyklisten från att bli smutsig och blöt. Skärmarna anges dock ge upphov till olika problem. Konstruktionen anses vara för klen och kan vara en säkerhetsrisk då de anges ibland lossa (och kan åka in i hjulet som följd), i andra mindre allvarliga fall sitter de löst och ligger och skaver, alternativt ger ett dåligt skydd. De bör därför sättas fast ordentligt längst hjulet och gärna ihop med pakethållaren om en sådan finns.

Stöldskydd & parkering

Risken för stöld av cykel uppges som ett mycket stort problem. Det anses vara omständigt och besvärligt att ombesörja själva låsningen om man skall låsa den säkert med flera lås. Det nämns att de undviker att ta cykeln om risken för stöld är hög. Därav önskas bättre och lättare låsning. Vidare anses parkering vara ett problem, kanske relaterat till att man vill kunna låsa fast cykeln. Ett tillförlitligt stöd nämns som önskvärt.

Väghållning

I princip alla cyklister har problem med punkteringar. Orsaker till detta är att det blir sprickor i däckets så att skräp kommer in och således ger upphov till punktering. Med tiden torkar däck och slangar vilket ger sämre skydd mot punktering. Även stenflis är vasst och dåligt för däcken. De anser att punktering inte ska ge driftstopp och att bättre punkteringsskydd behövs. En stor grupp anser att det är halkigt att cykla på is och att cyklarna skall klara alla årstider. Några använder dubbdäck på vintern och andra skulle cykla mer med dubbdäck. Vad gäller bredden på däcken finns det olika åsikter; många vill ha breda däck pga mindre punkteringsrisk, bättre kontroll, bra vid kullersten och bättre väggrepp vid halka. Andra vill inte ha för breda däck, max 27-32 mm och föredrar lätttrullade däck som är stora (diameter) och smala däck och gärna däck med högt lufttryck. Det påstås att punkteringsskyddade (ex kevlarförstärkta) däck är bra. Felinställda ekrar är ett problem och ekerbrott är allvarligt.

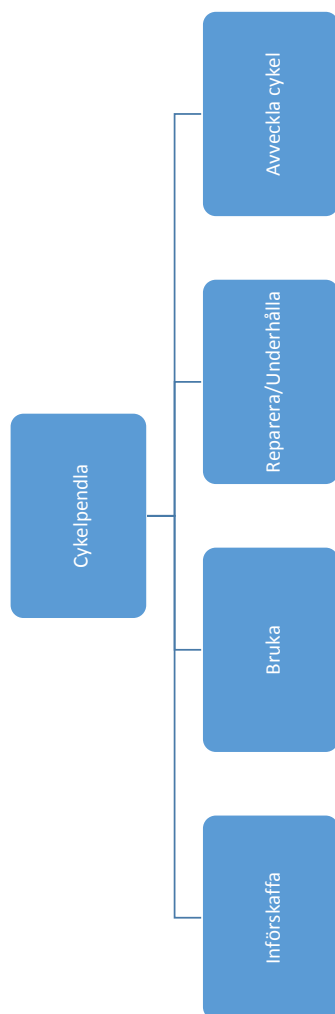
Växlar

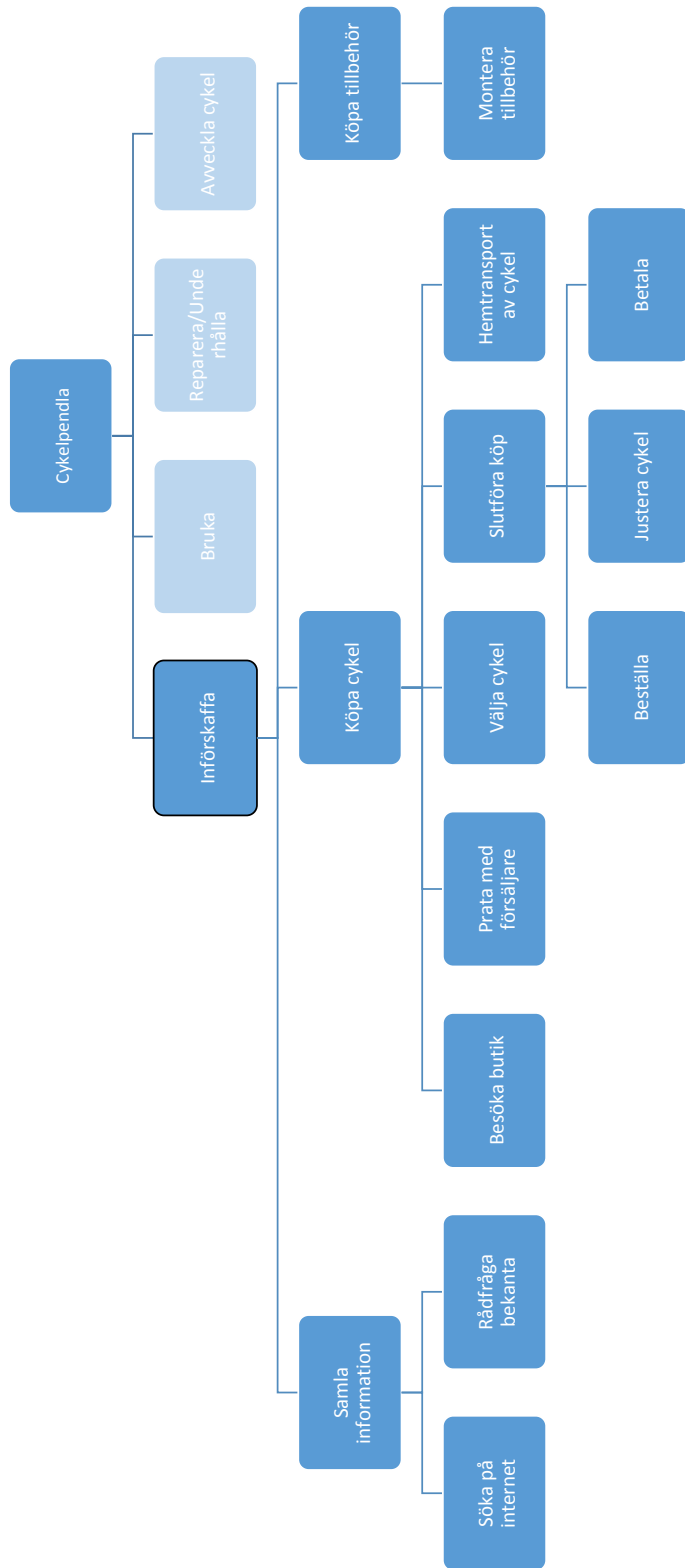
Många upplever att växlar ofta är ett problem; det är krångligt att ställa in och justera växlar, höga växlar funkar inte, kedjan skramlar mot växelföraren och slår även i kedjestaget. Det blir problem med vajerreglage som fryser fast, sne växelförare och ologiska växelreglage. Det är delad mening om vad som är bäst av kransväxlar och navväxlar; kransväxlar krånglar och ger missljud medan navväxlar kan kärva ihop, väger mycket och är dyrt och krångligt att reparera. Överlag verkar dock fler uppskatta navväxlar som inte krånglar lika mycket (ex hoppar inte kedjan). Många nöjer sig med runt 7 växlar medan några vill ha ca 20-28 växlar. Någon önskar en automatisk växellåda medan någon annan inte vill ha det.

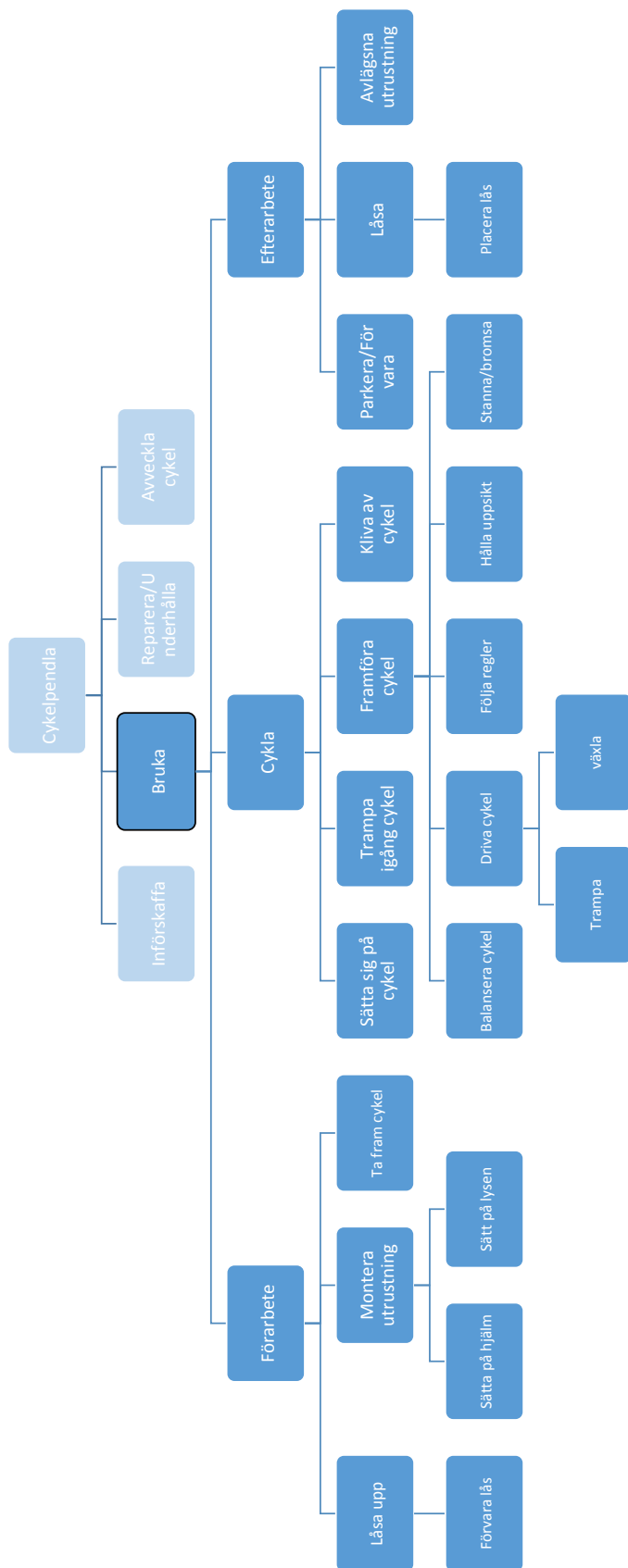
Övrigt

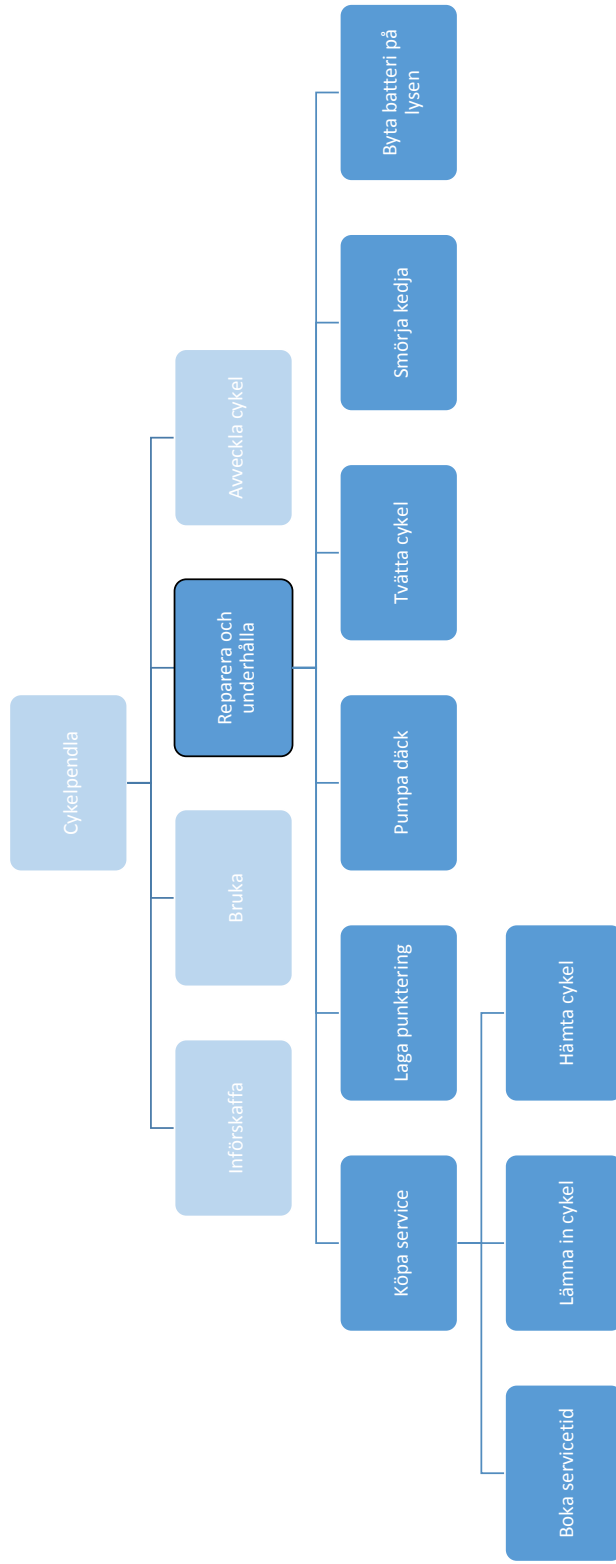
Att cykeln ska vara lättrampad, lättrullad och snabb är det många som tycker. Den ska gärna vara stabil, lätt, rolig och driftsäker. Övriga problem är att styret sitter löst, pedaler slits och blir hala samt att transportera cykeln på bilen. Det är varierande kvalitet på delar men ramen är oftast bra. Det är viktigt att dra åt skruvar och muttrar vid monteringen. Det är ett irriterande moment att cykeln får ofrivilliga avbrott och måste lagas, vilket vissa tycker är kostsam. En hopfällbar cykel anses vara smidigt om man kombipendlar. En särskilt positiv effekt av cyklandet är friheten det ger samt att man slipper vara beroende av tidtabeller. En liggecykel har sina fördelar men syns dessvärre dåligt i trafiken.

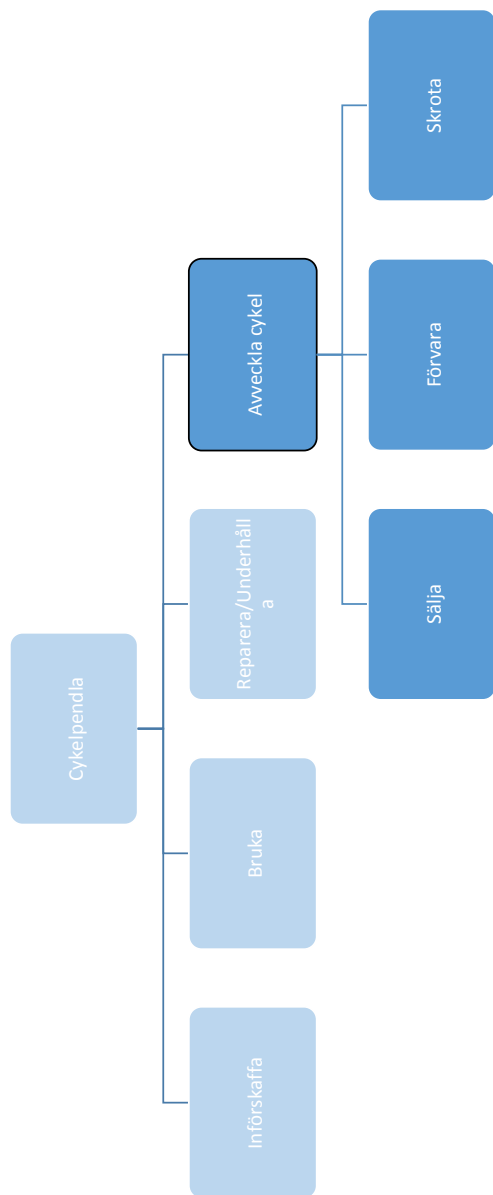
C. HTA











D. Kravspecifikationer

Kravspecifikation 2

Chalmers	Dokumenttyp	Kravspecifikation	
	<i>Projekt: Pendlarcykel</i>		
	<i>Utfärdare: Projektgrupp Pendlarcykel</i>	<i>Skapad: 2017-03-07</i> <i>Modifierad: 2017-04-03</i>	
	<i>Kriterier</i>	<i>Målvärde</i>	<i>K/O</i>
Overgripande			
	Produkttyp	Transportmedel, pendlarcykl	K
	Vikt	< 17 kg	K
	Vikt	Minimera	Ö3
	Lägsta försäljningspris (pga. tillverkningskostnad)	< 25 000	K
	Lägsta försäljningspris (pga. tillverkningskostnad)	Minimera	Ö2
	Estetik	Maximera	Ö4
	Tillförlitlighet	Maximera	Ö5
	Trafiksäkerhet	Maximera	Ö3
	Lagkrav	Uppfylla	K
	Körställning	Aerodynamisk och upprätt	Ö3
	Användarvänlighet	Maximera	Ö4
	Komfort	Maximera	Ö3
	Underhållsbehov	Minimera	Ö4
	Livslängd	Maximera	Ö3
	Antal komponenter på hjul	Minimera	Ö3
1. Ram			
	Hållfasthet	Ingen plasticering	K
	Tillräcklig styvhet	Ingen upplevd deformation	K
2. Drivlina			
	Effektkälla	Användarens kraft på pedaler	K
	Antal växlar	7 - 15 st	K
	Verkningsgrad	≥ 85 % (i genomsnitt)	K
	Verkningsgrad	Maximera	Ö4
	Livslängd kraftöverföring	≥ 200 mil	K
	Livslängd kraftöverföring	Maximera	Ö4
	Ljud	Minimera	Ö2
3. Hjul			
	Antal hjul i bruk	2	K
	Däckstorlek diameter	28"	K
	Däckstorlek bredd	28 - 37	K
	Hjulkonstruktion	Tangentiella ekrar	K
	Rullmotstånd	≥ 0,5 Nm	K
	Rullmotstånd	Minimera	Ö4
	Punkteringsmotstånd	Maximera	Ö5
	Livslängd däck	Maximera	Ö3

Kravspecifikation 2

4. Bromsar			
Antal bromsar	2 st		K
Maximalt bromsmoment	≥ 130 Nm		K
Maximalt bromsmoment	Maximera		Ö4
Känsla	Maximera		K
Tillförlitlighet	Maximera		
5. Stödskydd			
Säkerhetsklass Huvudlås	SSF Godkänd		K
Säkerhetsklass Huvudlås	Maximera		Ö5
Kompabilitet med omgivningen	Maximera		Ö3
Förvaringsmöjlighet	Maximera		Ö3
Avskräckande	Maximera		Ö2
Övrigt stödskydd	Maximera säkerhet		
6. Packning			
Packningsmöjligheter	≥ xx liter		K
Varieringsmöjligheter	Maximera		Ö3
7. Övriga delsystem			
Lysets ljusbild	Maximera		Ö3
Sadel komfort	Maximera		Ö3
Stänkskydd	Skydda användaren		K
Stänkskydd	Skydda Cykeln		Ö3
Stänkskydd	Skydda medtrafikanter		Ö2

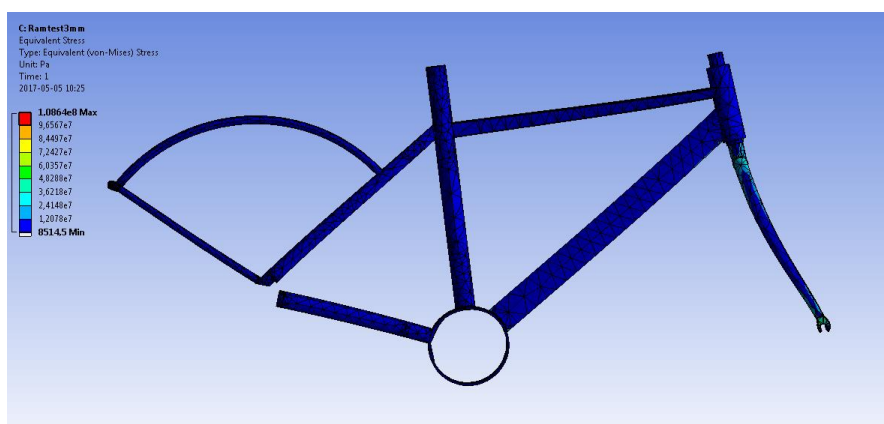
Kravspecifikation 3

2. Hjul	<p>Antal hjul i bruk Däckstorlek/diameter Däckstorlek/bredd Hjulkonstruktion Tangentiella ekv ≥ 0.5 Nm Minimera Maximera Maximera Rimligt väggrepp</p>	<p>2 28" 28 - 37</p>	<p>K K K K O4 O5 O3 K</p>	<p>- - - Uppskatning/Test Uppskatning/Test Uppskatning/Test Uppskatning/Test</p>	<p>Användare / Konstruktör Användare / Konstruktör Användare / Konstruktör Användare / Konstruktör Användare / Konstruktör Användare / Konstruktör Användare / Konstruktör Användare / Konstruktör</p>
2. Bromsar	<p>Antal bromsar Maximalt totalt bromsmoment Maximalt bromsmoment Färbromsen bör kunna ge cykeln en retardation av 3 m/s² vid en manöverkraft av högst 196 N (handmanöverat) Färbromsen bör kunna ge cykeln en retardation av 3 m/s² vid en manöverkraft av högst 490N (foрманöverat) Tillförljighet</p>	<p>2 st ≥ 130 Nm Maximera</p>	<p>K K O4 K K O5</p>	<p>- Uppskatning/Test Uppskatning/Test Uppskatning/Test Uppskatning/Test Uppskatning/Test</p>	<p>Användare / Konstruktör Användare / Konstruktör Användare / Konstruktör Användare / Konstruktör Användare / Konstruktör Användare / Konstruktör Användare / Konstruktör</p>
2. Sköldskydd	<p>Lägsta säkerhetsklass Huvudlås Säkerhetsklass Huvudlås Kompatibilitet med omgivningen Förvaringsmöjlighet Avsträckande Övrigt stötskydd</p>	<p>SSF-godkänd Maximera Maximera Maximera Maximera Maximera Maximera</p>	<p>K O5 O5 O3 O2 O5</p>	<p>Kontroll Kontroll/Test Test Uppskatning/Test Uppskatning/Test Uppskatning/Test Uppskatning/Test</p>	<p>Användare Användare Användare Användare Användare Användare Användare</p>
2. Packning	<p>Packningsmöjligheter Packningsmöjligheter Väteingångsmöjligheter</p>	<p>≥ 7 liter ≥ 10 kg Maximera</p>	<p>K K O3</p>	<p>Måta Test/FEA -</p>	<p>Användare / Konstruktör Användare / Konstruktör Användare</p>
2. Övriga delsystem	<p>Sadel komfort Stänkskydd Stänkskydd Stänkskydd</p>	<p>Maximera Skydda användaren Skydda Cykeln Skydda medtrafikanter</p>	<p>O3 K O3 O2</p>	<p>Test Test Test Test</p>	<p>Användare Användare Användare Användare</p>
12. Lyse och övrig trafikutrustning	<p>Elsäkerhet vit reflex fram röd reflex fram Reflexanordning framtill och baklill på cykel skat1. vara typgodkänd enligt ECE-reglemente 3, klass IVA, eller/2. vara typgodkänd av Vägverket eller Trafiksäkerhet vit eller orangegul reflex sidan Reflexanordning på sidan på cykel skat1. vara typgodkänd enligt ECE-reglemente 3, klass IVA, eller/2. vara typgodkänd av Vägverket eller Trafiksäkerhetsverket vit eller gul belysning fram, synlig 300 m Har stralkastaren bländande ljus ska den snabbt kunna bländas av röd belysning bak, synlig 300 m Baklykta på cykel får avge blinkande ljus om blinkfrekvensen är minst 200 blinkningar/minut. Ringlocka Lysets ljusstyrka Bromsljus ljusstyrka</p>	<p>CE</p>	<p>K K K K K K K K K K K K O3 O3</p>	<p>Certifiering Kontroll Kontroll Kontroll Kontroll Kontroll Kontroll Kontroll Kontroll Kontroll Kontroll Kontroll Uppskatning/Test Uppskatning/Test</p>	<p>Konstruktör Lagkrav Lagkrav Lagkrav Lagkrav Lagkrav Lagkrav Lagkrav Lagkrav Lagkrav Lagkrav Lagkrav Lagkrav Användare Användare</p>

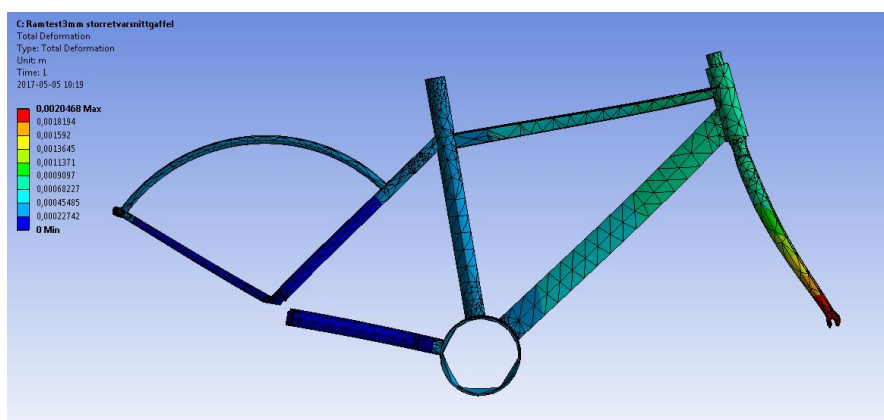
E. FE-analys

Bilagan redovisar ett utdrag av resultatet från utförd finit-elementanalys i ANSYS på supercykelns ram och gaffel med det konservativt valda lastfallet (om inte annat anges). Resultatet presenteras i form av en kort beskrivning följt av en bild från analysen.

Figuren nedan visar spänningarna enligt von Mises för *supercykelns* med ram och gaffel i aluminium samt 3 mm godstjocklek. Maximal spänning: ca 10 MPa.

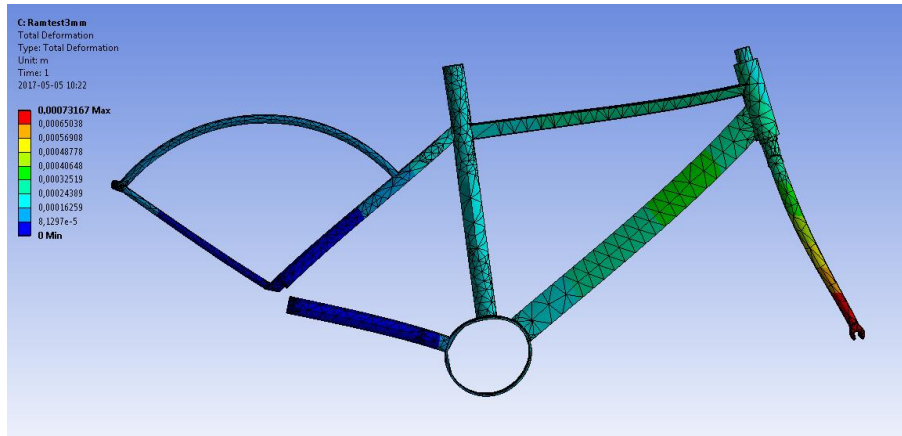


Figuren nedan visar deformationerna för *supercykeln* med ram och gaffel i aluminium, 3 mm godstjocklek samt ett ökat tvärsnitt med ca 15-20%. Maximal deformation: ca 2.05 mm.

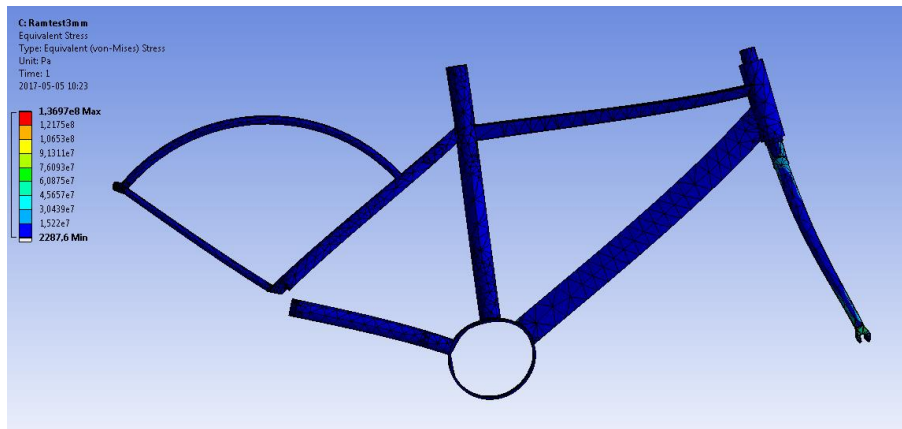


E. FE-analys

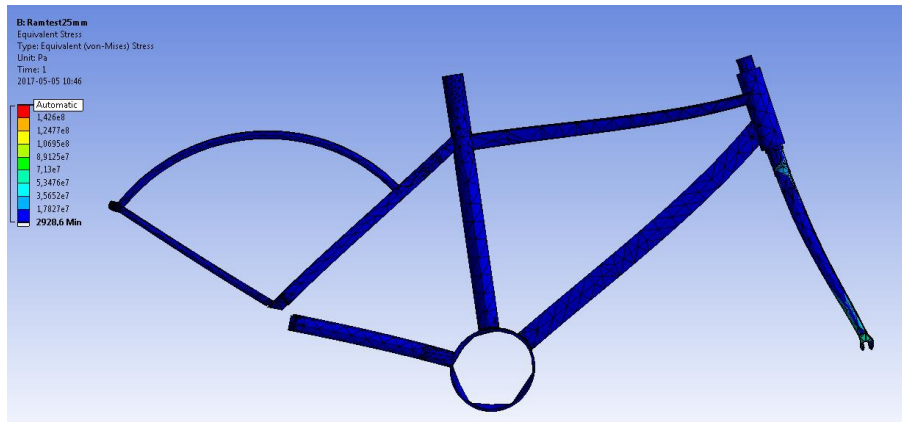
Figuren nedan visar deformationerna för *supercykeln* med ram i aluminium och gaffel i kolfiber samt 3 mm godstjocklek. Maximal deformation: ca 0.73 mm.



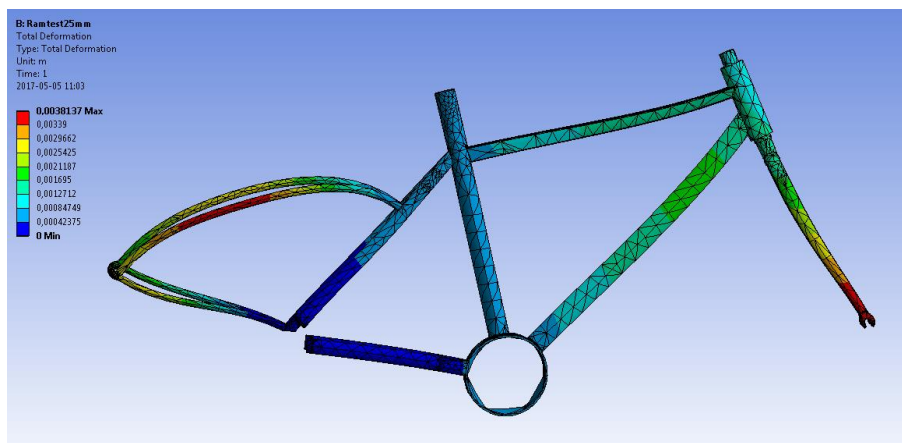
Figuren nedan visar spänningarna enligt von Mises för *supercykeln* med ram i aluminium och gaffel i kolfiber samt 3 mm godstjocklek. Maximal spänning: ca 137 MPa.



Figuren nedan visar spänningarna enligt von Mises för *supercykeln* med ram i aluminium och gaffel i kolfiber samt 2,5 mm godstjocklek. Maximal spänning: ca 168 MPa.



Figuren nedan visar deformationerna för *supercykeln* med ram i aluminium och gaffel i kolfiber samt 2,5 mm godstjocklek under extrem belastning, d.v.s. fyra gånger högre last än tidigare analyser. Maximal deformation: ca 3,8 mm.



F. Beslutsmatriser

Elimineringsmatris

Kraftöverföring		
<i>Tekniska lösningar</i>	<i>Beskrivning</i>	<i>Utvärdering med avseende på krav</i>
Remdrift	Konventionell tandrem	Uppfyller krav
Kedjedrift	Konventionell rullkedja	Uppfyller krav
Axeldrit	Konventionell drivaxel med koniska kuggväxlar	Bedöms ha för låg verkningsgrad
Generatormotor	Generator omvandlar effekt från vevaxel till el som överförs till elmotor på hjul	Bedöms ha för låg verkningsgrad, medföra hög vikt och kostnad.
Hydraulik	Vätska pumpas med vevaxel och driver hjul	Inte förbättingad
Pneumatik	Gas pumpas med vevaxel och driver hjul	Inte förbättingad

Transmission		
<i>Tekniska lösningar</i>	<i>Beskrivning</i>	<i>Utvärdering med avseende på krav</i>
Kransväxlar fram och bak	Konventionella växlar	Överlappande utväxling och medför fler reglage
Kransväxlar fram	Konventionell rullkedja	Tar för mycket plats vid vevpartiet
Kransväxlar bak	Konventionell drivaxel med koniska kuggväxlar	Uppfyller krav
Växellåda vevaxel Pinion	Växellåda med två axlar	Bedöms vara för dyra och lite för tunga
CVT Nuvinci	Utväxlingen regleras med hjälp av en snurrande kula. Genom att variera var på periferin ingående axel och utgående axel möter periferin kan utväxlingen regleras	Inte förbättingad
CVT kilrem	Utväxlingen varierar genom att kilremmens radiella position ändras då remhjulshalvorna kläms ihop eller dras isär.	Inte förbättingad
CVT Växande drev	Utväxlingen varierar genom att minst ett av dreven ändrar storlek	Inte förbättingad
Navväxel	Konventionell navväxel	Uppfyller krav
Planetväxellåd vevaxel	Bygger på samma princip som navväxlar fast vid vevaxeln	Uppfyller krav

Kesselring-matris - drivlina

Kriterium	Ideal		Alternativ																				
	w	v	Kedja + kranväxel		Kedja + nav bak		Kedja + nav fram		Rem + nav/bak		Kedja + nav fram		Kedja + nav fram/skydd		Kedja + nav bak/skydd		Enbent kedja		Enbent rem				
			t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	
Tystgående	2	5	10	2	4	3	6	3	5	10	5	10	3	6	3	6	3	6	3	6	5	10	
Livslängd	4	5	20	1	4	2	8	2	8	4	16	4	16	2	8	2	8	2	8	2	8	4	16
Underhåll	5	5	25	2	10	2	10	2	10	5	25	5	25	3	15	3	15	2	10	2	10	5	25
Kostnad	4	5	20	4	16	2	8	2	8	1	4	1	4	2	8	2	8	2	8	2	8	1	4
Hjulbyte	3	5	15	3	9	2	6	4	12	2	6	4	12	3	9	1	3	5	15	5	15	5	15
Vikt	4	5	20	5	20	3	12	2	8	3	12	2	8	2	8	2	8	2	8	2	8	2	8
Tillförlitlighet	5	5	25	3	15	4	20	4	20	5	25	5	25	4	20	4	20	4	20	4	20	4	20
Estetik	3	5	15	4	12	3	9	4	12	3	9	3	9	3	9	4	12	3	9	3	9	3	9
Verkningsgrad	4	5	20	5	20	3	12	3	12	3	12	3	12	3	12	3	12	3	12	3	12	3	12
Ranckomplexitet	3	5	15	5	15	5	15	3	9	3	9	2	6	3	9	4	12	3	9	3	9	3	9
T			185		125		109		102		131		104		104		104		93		116		116
T/T-ideal			1		0.68		0.59		0.55		0.71		0.56		0.56		0.56		0.50		0.63		0.63
Rangordning					3		5		7		1		6		6		6		8		8		4

Kriterierna är viktade (w) på en skala från 1 till 5, där 1 motsvarar mindre viktiga kriterier och 5 motsvarar mycket viktiga kriterier. Uppfyllnadsnivån (v) uppskattades för varje kriterium och lösningskoncept. Därefter multiplicerades viktningen av kriteriet med uppfyllnadsnivån ($t = w * v$) som sedan summerades till en totalsumma (T).

Kesselring-matris - lös

Huvudlös

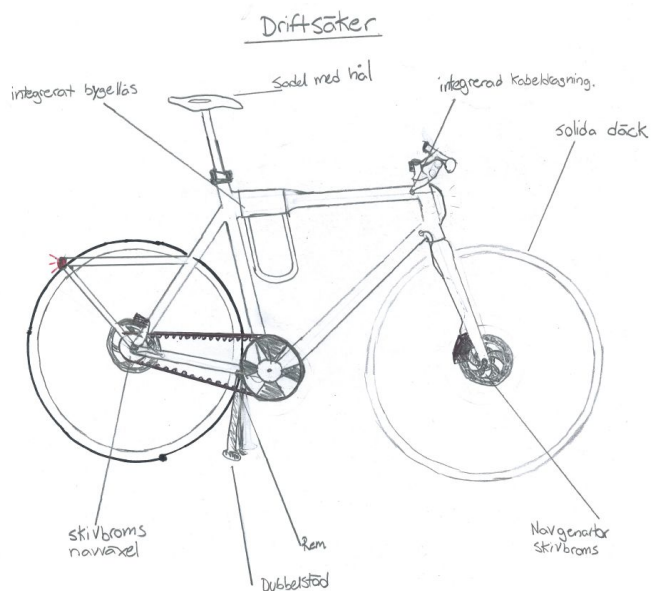
Kriterium	Snabb och tillförlitlig pendelcykel	Alternativ																
		Ideal		Kedja		Ramlös		Bygellös		Länklös		TiGr - mini		Tex-lock med hänglös		Otblöck		
		w	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t
Pris	2	5	10	3	6	4	8	3	6	2	4	2	4	1	4	2	5	10
Säkerhet	5	5	25	4	20	3	15	5	25	4	20	3	15	2	10	2	10	2
Kompatibilitet med omgivn.	3	5	15	5	15	3	9	3	9	4	12	2	6	5	15	4	12	4
Förvaring vid cykling	3	5	15	1	3	3	9	3	9	4	12	4	12	2	6	4	12	4
Användarvänlighet	4	5	20	3	12	4	16	3	12	4	16	4	16	3	12	4	16	4
Vikt	3	5	15	1	3	2	6	2	6	1	3	4	12	3	9	5	15	2
Avskräckande	2	5	10	5	10	2	4	5	10	10	8	3	6	3	6	1	2	4
Estetik	1	5	5	2	2	4	4	4	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4
Väderbeständighet	3	5	15	4	12	3	9	3	9	3	9	4	12	5	15	4	12	4
Produktkomplexitet	2	5	10	4	8	3	6	4	8	3	6	3	6	4	8	3	6	6
T		140	91	86	96	93	93	87	93	87	93	87	93	87	93	87	93	87
T/T-ideal		1	0.65	0.6142857143	0.6857142857	0.6642857143	0.6642857143	0.6214285714	0.6214285714	0.6214285714	0.6214285714	0.6214285714	0.6214285714	0.6214285714	0.6214285714	0.6214285714	0.6214285714	0.6214285714
Rankordning			5	7	2	3	3	6	3	3	3	6	3	6	3	6	3	6

Pris	Skala	5
< 300		4
< 400		3
< 500		2
< 600		1
≥ 700		

Vikt	Skala	5
< 300		4
< 400		3
< 500		2
< 600		1
≥ 700		

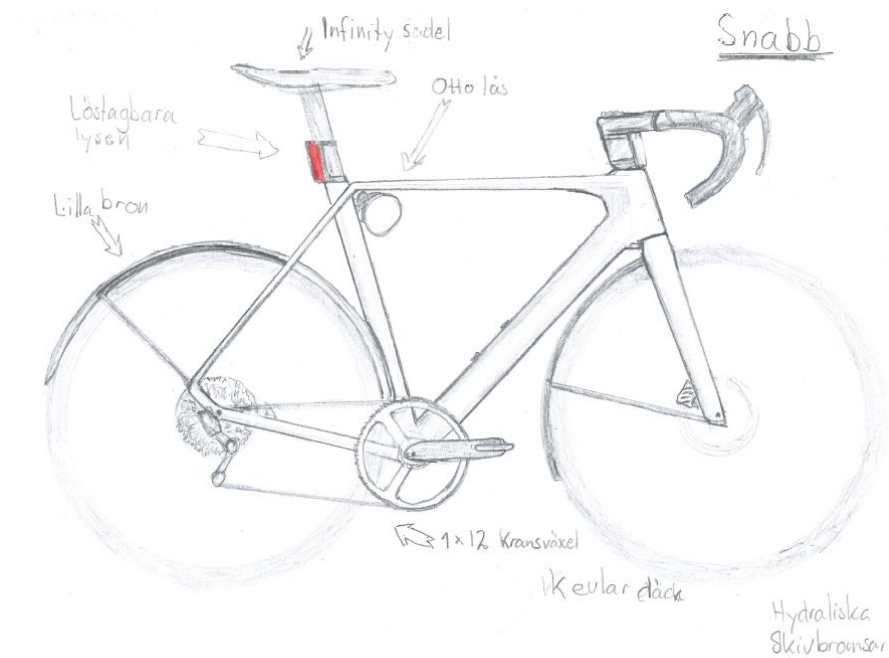
Kriterierna är viktade (w) på en skala från 1 till 5, där 1 motsvarar mindre viktiga kriterier och 5 motsvarar mycket viktiga kriterier. Uppfyllnadsnivån (v) uppskattades för varje kriterium och lösningskoncept. Därefter multiplicerades viktningen av kriteriet med uppfyllnadsnivån ($t = w * v$) som sedan summerades till en totalsumma (T).

G. Helhetskoncept

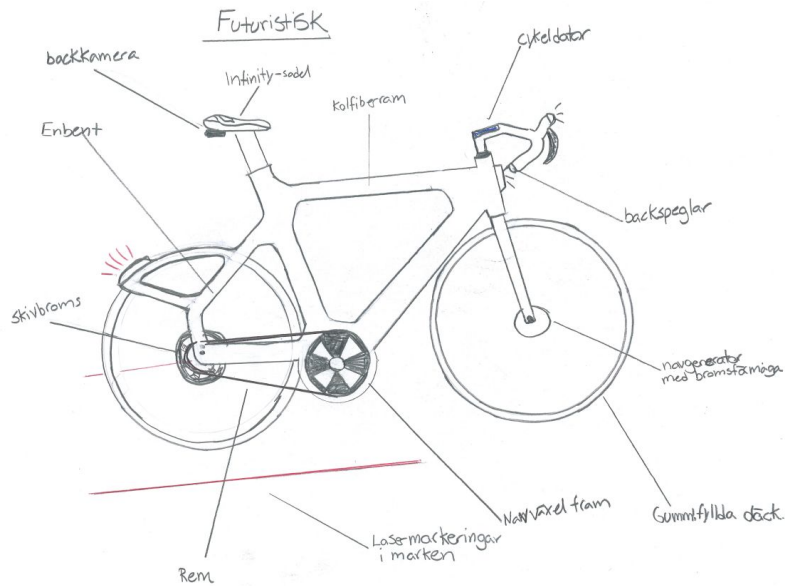


Den *driftsäkra* pendlarcykeln är försedd med stålram, remdrift och navväxel för god livslängd och hög tillförlitlighet. De solida däcken gör att användaren slipper punktering och de hydrauliska skivbromsarna ger god bromsförmåga. Standardsadel med hål i är komfortabelt och även praktiskt då inget vatten kan ansamlas. Packningslösning i form av raka rör i kombination med rakt styre och det dubbla stödet förstärker konceptets robusta och praktiska utstrålning. Vidare är cykeln även försedd med ett bygellås vars låskolv sitter fast på ramen och kan vinklas i flera lägen för att underlätta både parkering och transport. Integrerad belysning är snyggt och förhindrar stöld medan navgenerator gör att användaren slipper batteribyten.

G. Helhetskoncept

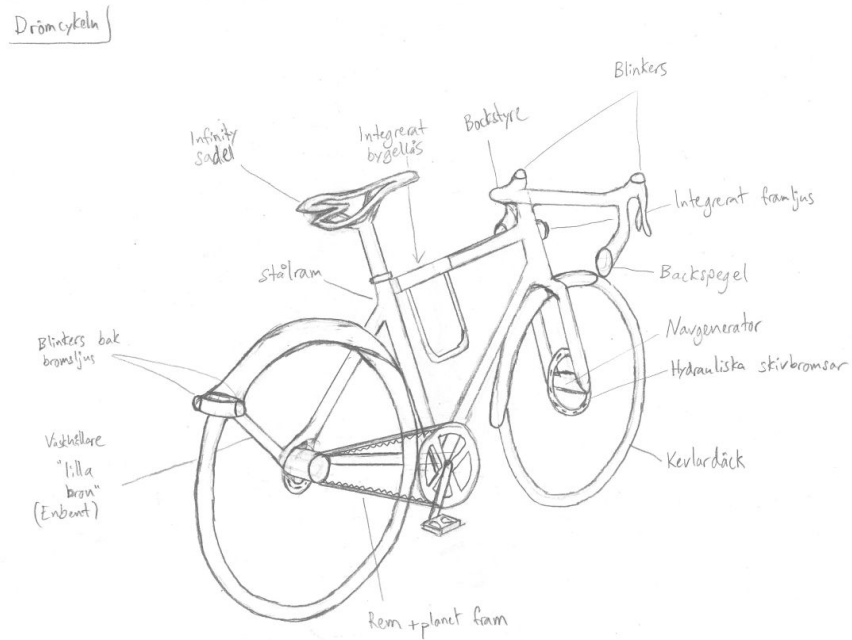


Den *snabba* pendlarcykeln har en aluminiumram med en något aggressivare körställning för mindre luftmotstånd. Kedja och utanpåliggande kranväxlar ger hög verkningsgrad. De kevlarförstärkta däcken ger bra skydd mot punktering samtidigt som rullmotståndet hålls acceptabelt och de hydrauliska skivbromsarna ger god bromsförmåga. Med packningslösning i form av lilla bron i kombination med bockstyre och infinitysadel förstärks konceptets snabba utseende. Vidare är cykeln försedd med huvudlåset Otto-lock vars låga vikt är att föredra då fart och kort restid efterfrågas. Belysningen är batteridriven och löstagbar.

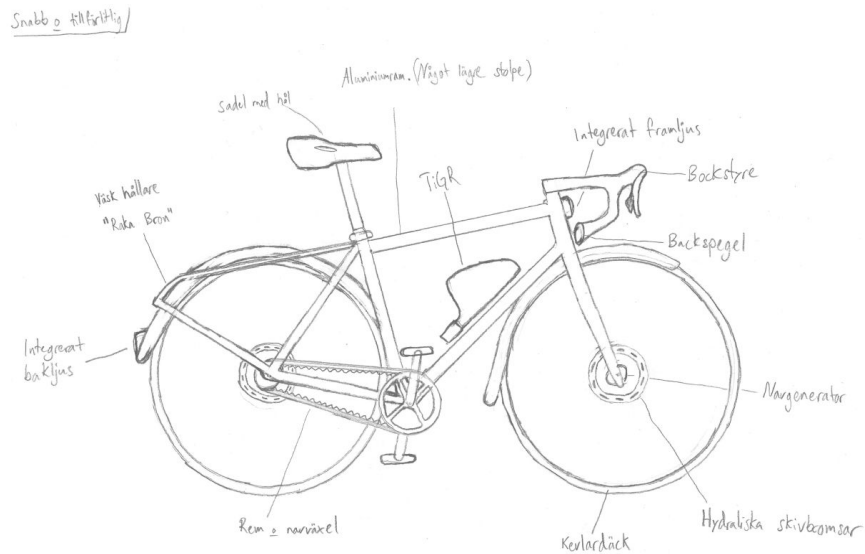


Det *futuristiska* konceptet är försett med allt häftigt. Det är en remdriven, elektroniskt semiautomatväxlad kolfibercykel. Den enbenta konstruktionen i kombination med planetväxeln placering vid vevaxeln reducerar antalet komponenter på bakhjulet för snabbare och billigare hjulbyte efter väglag. De solida däcken gör att användaren slipper punktering och de hydrauliska skivbromsarna ger god bromsförmåga. Med extra trafikutrustning i form av blinkers, bromsljus, backspeglar samt laser och kamera bakåt är den både säker och modern. Med packningslösning i form av lilla bron i kombination med bockstyre, kolfiberramen och infinitysadel förstärks konceptets snabba och lite futuristiska utseende. Vidare är belysningen integrerad för både estetik och stöldsdydd. Den skall även förses med ett bygellås som integreras i ramen.

G. Helhetskoncept

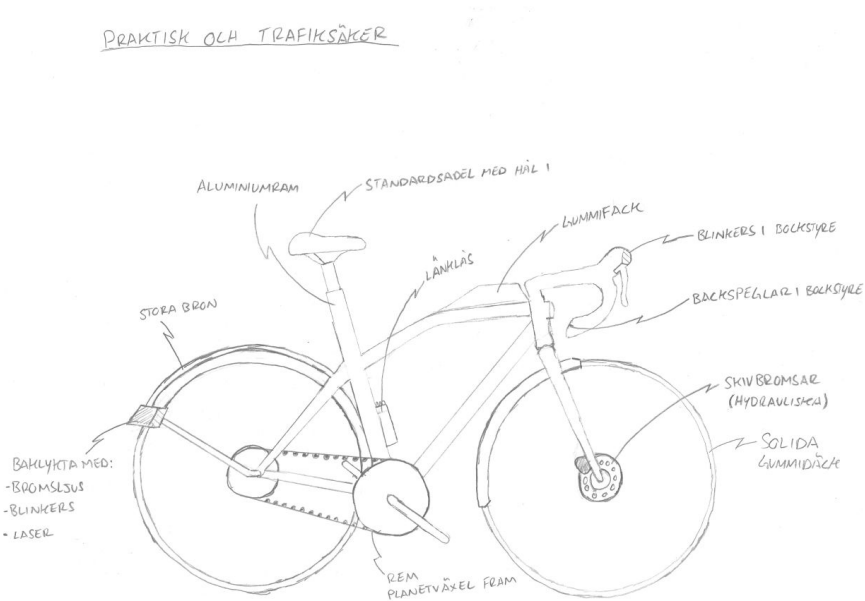


Drömcykeln utgör en något mer praktisk version av den futuristiska cykeln ovan. De väsentliga skillnaderna är att den saknar den stöldbegrärliga kameran och istället är försedd med en rejäl stålräm. Vidare är den försedd med kevlarförstärkta däck istället för de lite mer futuristiska solid-gummidäcken. I övrigt är även den här cykeln trafikutrustad med blinkers, bromsljus, laser och integrerade backspeglar. Den enbenta konstruktionen tillgodoser smidiga hjulbyten och remdriften tillgodoser lång livslängd på drivlinan.

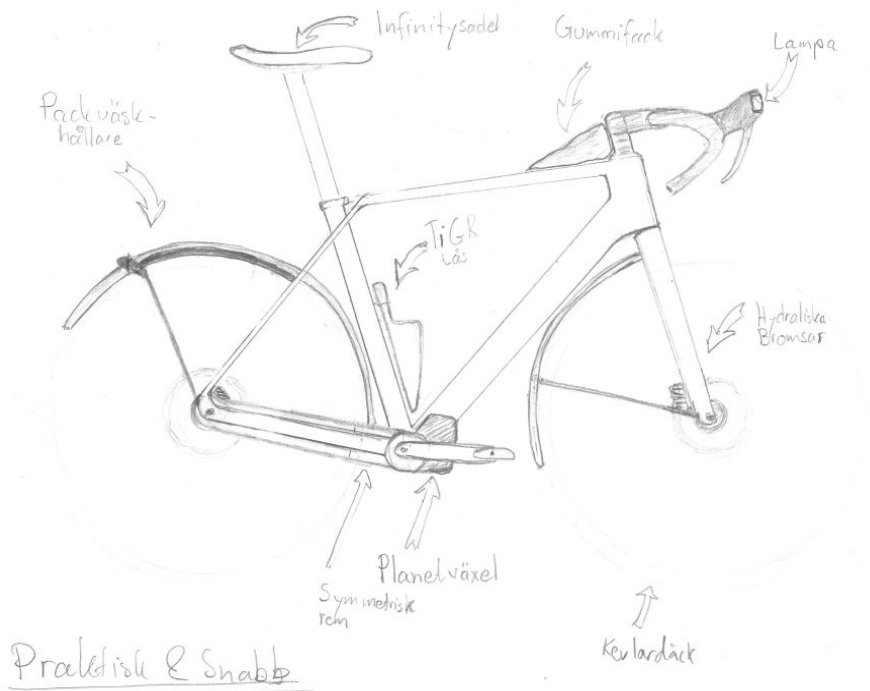


Den *snabba och tillförlitliga* pendlarcykeln har en något lägre aluminiumram för att underlätta vid tillfälliga stopp. Remdrift och navväxel ger god livslängd och hög tillförlitlighet. De kevlarförstärkta däcken ger bra skydd mot punktering samtidigt som rullmotståndet hålls acceptabelt och de hydrauliska skivbromsarna ger god bromsförmåga. Den är trafikutrustad med bromsljus och backspeglar för hög trafiksäkerhet. Med packningslösning i form av lilla bron i kombination med bockstyre och infinitysadel utstrålar konceptet också viss snabbhet. Vidare är cykeln försedd med huvudlåset TiGr mini vilket är mycket robust för att ha så låg vikt. Integrerad belysning är snyggt och förhindrar stöld medan navgenerator gör att användaren slipper batteribyten.

G. Helhetskoncept

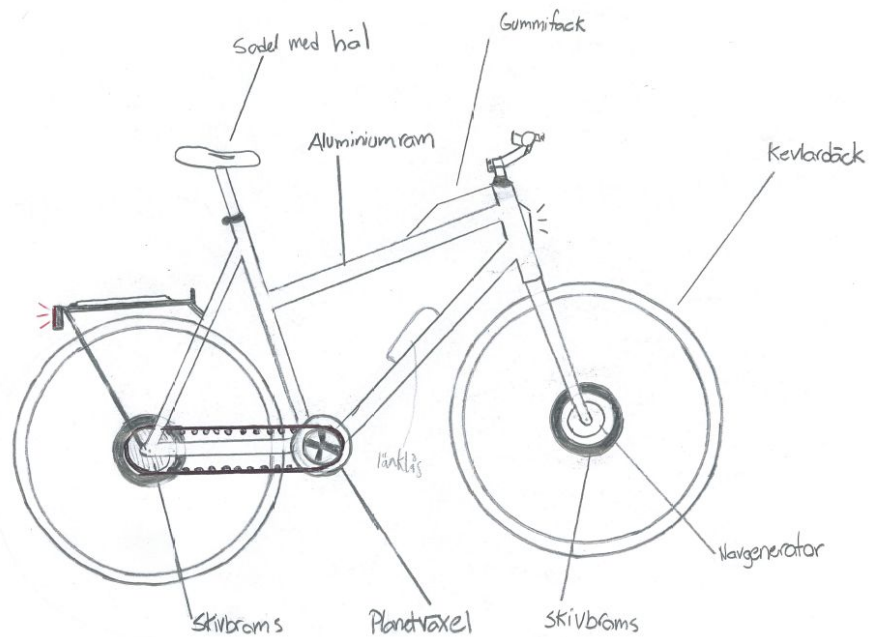


Den *praktiska och trafiksäkra* pendlarcykeln har en något lägre aluminiumram för att underlätta vid tillfälliga stopp som kan uppkomma vid exempelvis rödlys. Remdrift och planetväxel fram ger god livslängd och hög tillförlitlighet samtidigt som antalet komponenter på bakhjulet hålls nere. De solida däcken gör att användaren slipper punktering och de hydrauliska skivbromsarna ger god bromsförmåga. Med extra trafikutrustning i form av blinkers, bromsljus, backspeglar och laser är den rustad för både stadstrafik och landsväg. Standardsadel med hål i är komfortabelt och även praktiskt då inget vatten kan ansamlas. I kombination med packningslösning i form av stora bron och ett det välbeprövade länklåset karakteriseras konceptet av hög funktionalitet. Integrerad belysning är snyggt och förhindrar stöld medan navgenerator gör att användaren slipper batteribyten.



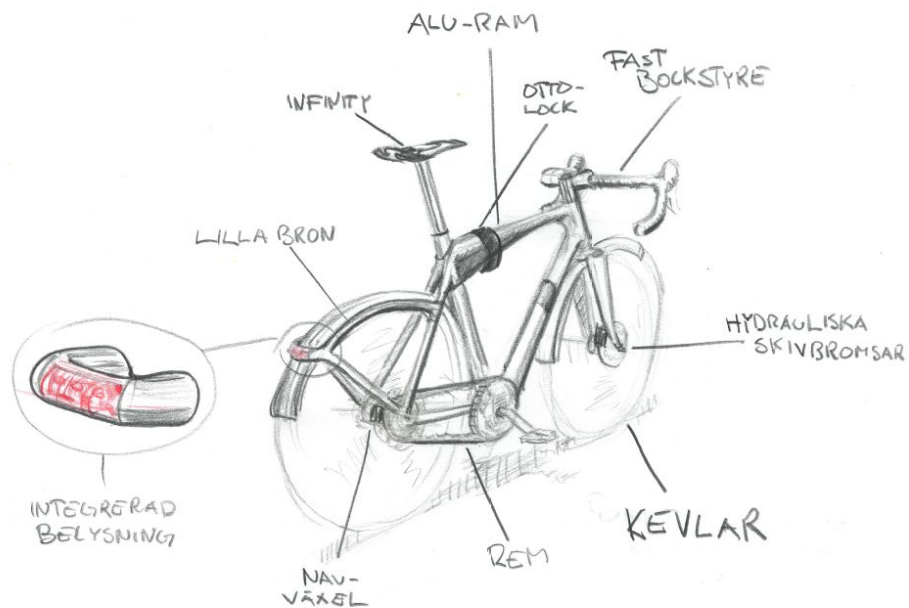
Den *praktiska och snabba* pendlarecykeln har en något högre aluminiumram för en aerodynamisk sittställning. Remdrift och planetväxel fram ger god livslängd och hög tillförlitlighet samtidigt som antalet komponenter på bakhjulet hålls nere. De kevlarförstärkta däcken ger bra skydd mot punktering samtidigt som rullmotståndet hålls acceptabelt och de hydrauliska skivbromsarna ger god bromsförmåga. Med packningslösning i form av lilla bron i kombination med bockstyre och infinitysattel förstärks konceptets snabba utseende. Vidare är cykeln försedd med huvudlåset TiGr mini vilket är mycket robust för att ha så låg vikt. Integrerad belysning är snyggt och förhindrar stöld medan navgenerator gör att användaren slipper batteribyten.

Praktisk och komfortabel

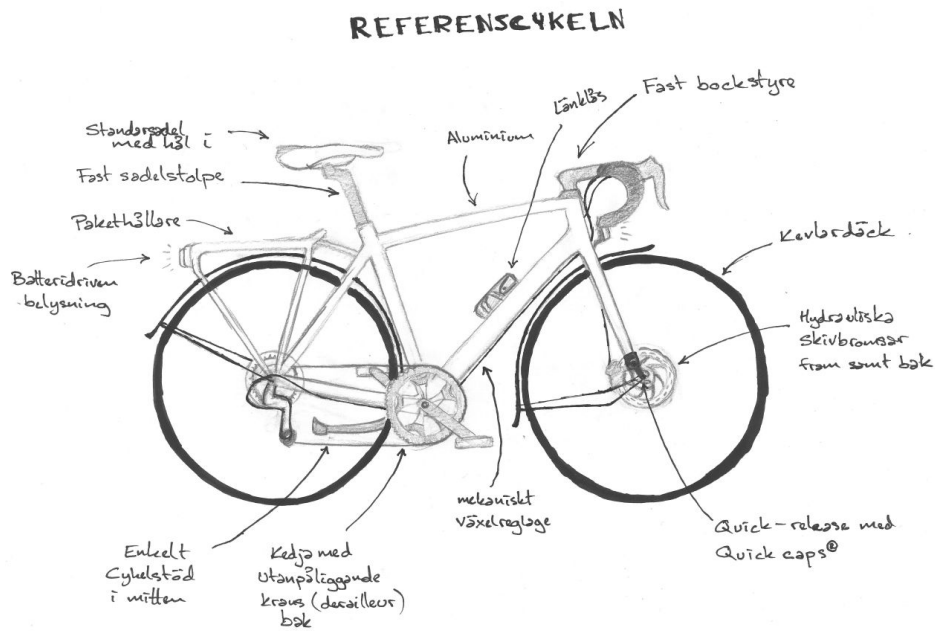


Den *praktiska och komfortabla* pendlarcykeln har en något lägre aluminiumram för att underlätta vid tillfälliga stopp. Remdrift och planetväxel fram ger god livslängd och hög tillförlitlighet samtidigt som antalet komponenter på bakhjulet hålls nere. De kevlarförstärkta däcken ger god komfort och bra skydd mot punktering. De hydrauliska skivbromsarna ger god bromsförmåga. Den lite tjockare sadeln med hål i är mycket komfortabel och även praktisk då inget vatten kan ansamlas. I kombination med pakethållare, rakt styre och det välbeprövade länklåset karakteriseras konceptet av hög funktionalitet. Integrerad belysning är snyggt och förhindrar stöld medan navgenerator gör att användaren slipper batteribyten.

SNABB & KOMFORTABEL



Den snabba och komfortabla pendlarcykeln har en något högre aluminiumram, remdrift och navväxel. De kevlarförstärkta däcken ger bra skydd mot punktering och hög komfort samtidigt som rullmotståndet hålls acceptabelt. De hydrauliska skivbromsarna ger god bromsförmåga. Med packningslösning i form av lilla bron i kombination med bockstyre och infinitysadel förstärks konceptets snabba utseende. Vidare är cykeln försedd med huvudlåset Otto lock vars låga vikt är att föredra. Belysningen är batteridriven och löstagbar.



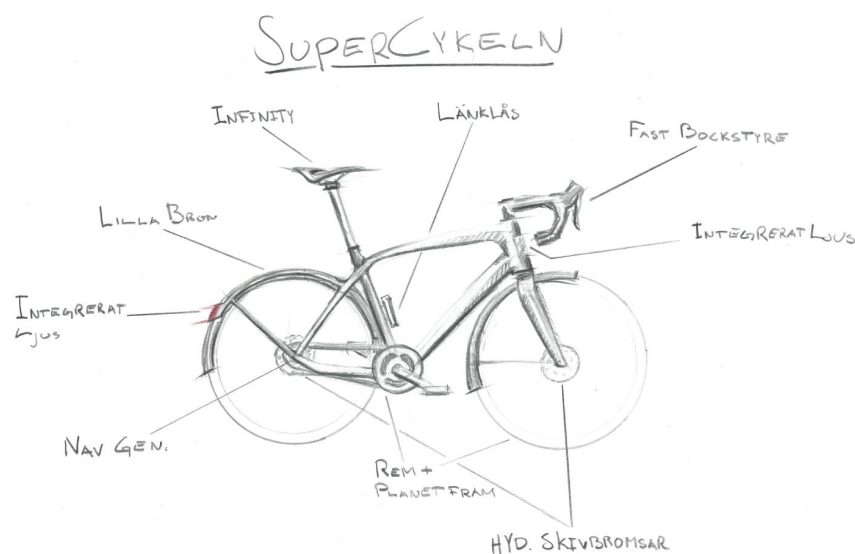
Referenscykeln utgörs av en bättre konventionell pendlarcykel. Den har skapats för att övriga koncept skall kunna jämföras med produkter som rekommenderas på marknaden idag. Cykeln har aluminiumram som erbjuder en något mer upprätt körställning än på en racer. Kedja och utanpåliggande kranväxlar ger hög verkningsgrad. De kevlarförstärkta däckerna ger bra skydd mot punktering samtidigt som rullmotståndet hålls acceptabelt och de hydrauliska skivbromsarna ger god bromsförmåga. Standardsadeln med hål i är komfortabel och även praktisk då inget vatten kan ansamlas. I kombination med pakethållare och det välbeprövade länklåset karakteriseras konceptet av hög funktionalitet. Belysningen är batteridriven och löstagbar.

H. Sammanställning av pris och vikt för de första helhetskoncepten

Futuristiska pendarecykeln			Praktiska och trafikslästra cykeln			supercykeln			supercykeln koffiber		
Komponent	vikt	pris	Komponent	vikt	pris	Komponent	vikt	pris	Komponent	vikt	pris
Bocksyre koffib	240	1700	Bocksyre alumi	300	250	Bocksyre alumi	300	250	Bocksyre koffib	240	1700
Styrstam koffib	125	2000	Styrstam alumi	155	220	Styrstam alumi	135	220	Styrstam koffib	125	2000
2 st Hjul dubbel	2900	1650	2 st Hjul dubbel	2900	1650	2 st Hjul dubbel	2900	1650	2 st Hjul dubbel	2900	1650
Standardpedale	280	600	Standardpedale	252	120	Standardpedale	252	120	Standardpedale	252	120
Sadel	216	1280	Sadel	280	600	Sadel	280	600	Sadel	280	600
Sadelstolpe koff	250	1280	Sadelstolpe alu	295	280	Sadelstolpe alu	295	280	Sadelstolpe koff	216	1280
Backspeglar	250	600	Backspeglar	250	600	Backspeglar	250	600	Backspeglar	250	600
Broms- & växelreglage hydraul	5200	5200	Broms- & växelreglage hydraul	5200	5200	Broms- & växelreglage hydraul	5200	5200	Broms- & växelreglage hydraul	5200	5200
Bromsskivor	140	238	bromsskivor	140	238	bromsskivor	140	238	bromsskivor	140	238
vevparti fram	350	589	vevparti fram	350	589	vevparti fram	350	589	vevparti fram	350	589
framlampa (80l)	250	599	framlampa (80l)	250	599	framlampa (80l)	250	599	framlampa (80l)	250	599
lampa bak med	53	189	lampa bak med	53	189	lampa bak med	53	189	lampa bak med	53	189
Däck med gumr	760	1200	Däck med gumr	760	1200	Däck med gumr	760	1200	kevlärdäck med	1300	400
drivlina rem ink	1990	5150	drivlina rem ink	1990	5150	drivlina rem ink	1990	5150	drivlina rem ink	1990	5150
koffiberram me	980	8400	Ram (Al) med B:	1725	3850	Ram (Al) med B:	1500	3850	koffiberram me	980	7700
Skärmar			Skärmar			Skärmar			Skärmar		
Bygelås	1230	329	länklås	1560	920	länklås	1560	920	länklås	1560	920
Lasermarkör	300	700	Aero storage (g)	102	170	Aero storage (g)	102	170	Aero storage (g)	102	170
Backklamera ocf	500	1800	Lasermarkör	300	700	Lasermarkör	300	700	Lasermarkör	300	700
Övrigt	1000	1500	Övrigt	1000	1500	Övrigt	1000	1500	Övrigt	1000	1500
Uppskattat försäljningspris			11816	33844	12662	22525	12977	23225	12288	31305	18783
Uppskattat försäljningspris			20306,4	13515	13951						

Örningligt dyr, ursprungligt pris 6500kr, multiplicerades med 0.8
 sammanlagt med 1,10 eller 1,20 beroende på kompletterat
 lkr, ram+15%vikt

I. Konceptbeskrivning för supercykeln



Supercykeln skapades för att försöka fånga det bästa hos övriga koncept och utgör en sportigare variant av den *praktiska och trafiksäkra* pendlarcykeln. Den något högre aluminiumramen ger lägre vikt och aerodynamisk sittställning. Remdrift och planetväxel fram ger god livslängd och hög tillförlitlighet samtidigt som antalet komponenter på bakhjulet hålls nere. Kevlardäcken gör att användaren minskar risken punktering och de hydrauliska skivbromsarna ger god bromsförmåga. Med extra trafikutrustning i form av blinkers, bromsljus, integrerade backspeglar och laser är den rustad för både stadstrafik och landsväg. Packningslösning i form av lilla bron i kombination med infinitysadel förstärker konceptets sportiga karaktär. Länklåset är praktiskt och ger bra stölskydd. Integrerad belysning är snyggt och förhindrar stöld medan navgenerator gör att användaren slipper batteribyten.

J. Intervjufrågor

Brukarintervjuer (cykelpendlare)

1. Vilket färdmedel använder du i huvudsak till arbete, skola och/eller övriga aktiviteter?

Går		Cykel		Kollektivtrafik		Bil		Övrigt	
-----	--	-------	--	-----------------	--	-----	--	--------	--

2. Vad är anledningen till att ni väljer detta färdmedel?

3. Hur lång resväg har ni, enkel väg? Antal km: _____

4. Hur ofta cyklar du varje vecka? Antal dagar i veckan: _____

Under vilka förhållanden väljer du ett annat färdmedel istället för cykeln? (väder, tid, speciella aktiviteter vid ankomst)

Vad är anledningen till detta? Vad är det som gör detta till ett problem?

Vad för förbättring på cykeln skulle få dig att cykla mer frekvent?

5. Vilka problem ser du vid cykling **som inte är** relaterat/kopplat till själva cykeln?

Varför upplever du det som problem?

7. Vilka problem ser du vid cykling som är relaterat/kopplat till själva cykeln?

Varför upplever du det som problem?

8. Vilka problem har du råkat ut för?

9. Vilka av dessa upplever du som allvarligast?

Varför anser du att dessa är de mest allvarliga?

10. Vad har du för cykel?

Vad ser du för fördelar med den cykeln?

Vad ser du för nackdelar med den cykeln?

11. Vad karakteriserar en bra cykel som används för transport mellan exempelvis arbete och hem? (varför)

12. Vilka typer av funktioner eller komponenter är överflödiga på en sådan cykel? (varför)

13. Kan du tänka dig en tjänst som får dig att cykla mer eller som underlättar för cykelpendlare? Hur skulle den se ut?

14. Beskriv kortfattat vad som är det bästa respektive det sämsta med att cykla?

Experterintervjuer (reparatörer)

Hej! Jag/vi heter _____ och jag/vi gör just nu ett kandidatarbete på Chalmers som handlar om cyklar. Tack för att du vill ställa upp på en intervju! Om det är ok för dig så spelar vi gärna in samtalet (och tar några bilder om lämpligt) så att vi lättare ska kunna analysera det i efterhand. Det kommer endast användas inom detta kandidatarbete och inte spridas någon annanstans. Du får givetvis vara anonym.

Hur länge har du jobbat som cykelreparatör?

Hur trivs du med att vara cykelreparatör?

Vilka fel och problem är vanligast förekommande hos cyklarna som du får in hit? (Fiska!)

(Exempelvis för varje delproblem som nämns):

Varför tror du de felen uppkommer?

Vilka av dessa upplever du som allvarligast?

Varför upplever du det som problem?

Vad skulle kunna förbättras?

Vilket problem är krångligast eller tar mest tid att åtgärda? (Fiska!)

Varför är det på detta sätt och har du något förbättringsförslag?

Vilka cyklar märker du har störst problem när det kommer till märke, prisklass, cykeltyp?

Vilka kommer oftast in för reparation?

Märks det stor kvalitetsskillnad mellan prisklasserna?

Vad är det i så fall som gör den skillnaden?

Vad är de vanligaste klagomålen från cyklister gällande deras cyklar?

Varför tror du det?

Vilka fel är kundrelaterade anser du? (handhavande, skötsel, kunskap vid köp...?)

Vilka av dessa upplever du som allvarligast?

Vad kan kunderna göra för att undvika problem med cykeln?

Vilken kundkrets använder era tjänster? (någon gemensam nämnare? Tekniskt kunniga/okunniga?
Ekonomisk fråga? Tid?)

Vad brukar den genomsnittliga kunden betala för sin service?

Har du några idéer kring förbättringar, önskningar eller krav på en snabb och tillförlitlig
pendlarcykel?

Har du några tips inför vårt arbete?

Vilka problem ser du vid cykling **som inte är** relaterat/kopplat till själva cykeln?

Varför upplever du det som problem?

Tack för att du tog dig tid att svara!

J. Intervjufrågor

Snabbintervjuer

Hej!

Jag heter och jag håller med ett kandidatarbete på Chalmers; och jag undrar om jag kan ställa några frågor angående era transporter och erfarenheter av cykling. Svara det som du kommer att tänka på!

1. Vilket färdmedel använder du i huvudsak till arbete, skola och/eller övriga aktiviteter?

Går		Cykel		Kollektivtrafik		Bil		Övrigt	
-----	--	-------	--	-----------------	--	-----	--	--------	--

2. Vad är anledningen till att du väljer detta färdmedel?

(om de inte cyklar) - Varför använder du inte cykeln som färdmedel?

3. Hur lång resväg har du, enkel väg? Antal km: _____

4. Hur ofta cyklar du? _____

5. Vilka problem ser du vid cykling som är kopplade till själva cykeln?

6. Vilka problem ser du vid cykling som är kopplade till andra omständigheter?

7. Vad för förbättring på cykeln skulle få dig att cykla (mer frekvent)?

8. Vad karakteriserar en bra cykel som används för transport mellan exempelvis arbete och hem?
(varför)

9. Kan du tänka dig en tjänst som skulle få dig att cykla oftare?

(Eventuellt)- Hur anser du en sådan tjänst skulle se ut? (vad skall ingå och till vilket pris ?)

10. Har du en cykel? Vad har du för cykel?

Tack för att du tog dig tid att svara!

K. Drivlina - komponenter

Komponenter	Vikt (gram)	Pris (SEK)	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Kuggrem inklusive remhjul	325	1900							1	1	1
Planetväxelsystem med 11 växlar	1665	3250		1	1	1	1	1	1	1	1
Framkrans	35	600	1	1	1	1	1			1	
Kedja	260	275	1	1	1	1	1			1	
Nav för enkel krans bak	160	400					1	1		1	1
Nav för 11-delad kasset bak	325	600	1								
Växelförare	170	650	1								
Kasett 11-delad	180	500	1								
Enkel krans bak	30	40			1	1	1	1			1
Kedjeskydd	225	180				1		1			1
Pris			1575	2499	2607	2739	2847	3090	3330	2607	3330
Vikt			970	1990	2215	2150	2375	1990	2150	2215	2150

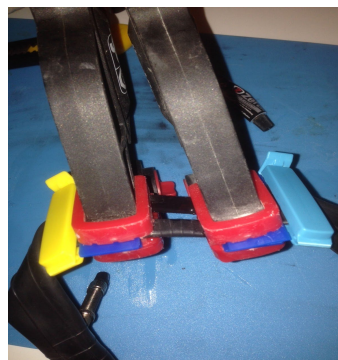
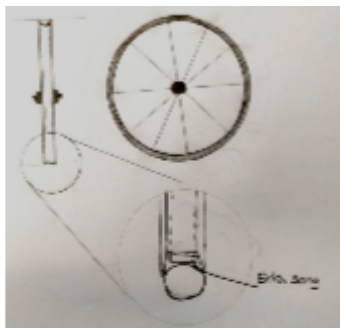
A - Kedja utan skydd + utanpåliggande växlar											
B - Kedja utan skydd + nawäxel											
C - Kedja med skydd + nawäxel											
D - Kedja utan skydd + planetväxellåda vid vevaxel											
E - Kedja utan skydd + planetväxellåda vid vevaxel											
F - Rem utan skydd + nawäxlar											
G - Rem utan skydd + planetväxellåda vid vevaxel											
H - Enbent med kedja, kedjeskydd och planetväxellåda vid vevaxel											
I - Enbent med rem och planetväxellåda vid vevaxel											

L. Dubbelslang

Lösningen består av en yttre slang som vanligtvis används som lastbärare och en inre slang som fungerar som en reservslang. Den yttre slangen används dagligen och pumpas till normalt tryck medans den inre slangen lämnas opumpad. Skulle en punktering ske kan användaren pumpa den inre slangen med en medtagen CO₂-patron. Genom att pumpa upp den inre och tömma den yttre slangen på luft kan användaren fortsätta cykla utan att behöva utföra ett slangbyte vid punkteringstillfället. Istället kan cyklisten byta slang när han har tid och på en lämplig plats med verktyg och reservdelar.

Lösningen kräver att den inre slangen har ett hål som tillåter att ventilen från den yttre slangen att passera igenom och in i fälgen, detta medför också att två ventiler behövs, en för den inre och en för den yttre slangen.

Bilden längst upp till vänster nedan utgör en principiell skiss över hur slangarna skall placeras. De övriga bilderna visar ett axplock av bilder från skapandet av prototypen för dubbelslang.



M. Estetisk utvärdering - enkät

Vänligen sätt ett kryss med respektive konceptfärg i den ruta som du tycker respektive konceptet uttrycker.

Opraktisk	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Praktisk
Dyr	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Billig
Innovativ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Låg innovationsnivå
Robust	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Vek
Låg prestanda	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Hög prestanda
Vardaglig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Exklusiv
Feminin	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Maskulin
Aggressiv	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Snäll
Snygg	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ful
Traditionell	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Modern
Lätt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Tung
Otrevlig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Trevlig
Spännande	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Tråkig

Vänligen rangordna koncept efter hur du gillar koncepten. Markera med respektive konceptfärg.

1. 2. 3.

N. Produktkatalog - slutligt koncept

Bilagan syftar till att framför allt illustrera samt kort förklara det slutgiltiga konceptet, dess ingående komponenter och lösningar. Produktkatalogen inleds med att övergripande förklara och illustrera valt koncept för att avsluta med mer specifika detaljsningar.

I figur nedan visas det koncept som projektgruppen utvecklat inom temat *snabb och tillförlitlig pendelcykel*. För att användaren lätt skall känna igen sig har den övergripande formen på cykeln behållits, detta för att ta vara på den generiska kunskap som användarna redan besitter. Vidare har en relativt aggressiv sittställning med bockstyre valts för att minimera luftmotstånd och således öka möjligheter till högre hastigheter. Genom användandet av elliptiska rör skapas en känsla av en snabb och robust cykel samtidigt som hållfastheten inte påverkas märkbart. Materialet på ramen och gaffeln valdes till aluminium respektive kolfiber. För att förenkla för användaren vid stopp, exempelvis vid rödljus, är överröret på ramen lätt lutat nedåt. För att inte göra avkall på cykelns estetik när packning ej medförs har en ny bärkonstruktion för väskor utvecklats. Denna består av *lilla bron* som löper längs med bakdäckets utsida.



Bockstyre

Många intervjuade önskade variera körställningen, detta möjliggörs bland annat av ett bockstyre (se figur nedan). Användaren kan nu placera händer på många olika positioner och därmed få en mer eller mindre framåtlutad körställningen. Exempelvis önskas en mer upprätt körställning inne i stadstrafik där en god översikt av övriga medtrafikanter är viktigt. Vidare innefattar även bockstyret integrerade backspeglar, detta för att enkelt kunna uppfatta objekt bakom cykeln. Slutligen återfinns blinkers integrerade högst uppe på broms/växel-reglagen.



Lysen

Genom integrering av lysen försvåras stöld, risken för skador på lysen minskas och samtidigt blir cykelns gestalt mer enhetlig (se figurer nedan). Framlyset består av en avlång LED-lampa integrerad i frontröret tillsammans med en vit reflex. Baklyset finns monterat tillsammans med blinkers inuti det bakre staget som binder samman *lilla bron*. Baklyset är även utrustat med bromsljus samt en röd reflex. Placeringen av belysning på staget som binder samman *lilla bron* möjliggör montering av packning utan risk att ljuset skulle skymmas. Strömförsörjningen av lysen inklusive blinkers sker via en navdynamo. Genom att mellanlagra energi i ett laddbart batteri (inbyggt i fram och baklyse) mellan dynamo och lamporna fortsätter de att lysa även vid kortare stopp, exempelvis vid rödljus. På vardera sida om de bakre blinkerserna finns en integrerad laser som skickar ut en laserstråle i form av två linjer som tydligt markerar en tänkt cykelfil. Detta förbättrar trafiksäkerheten med övriga bilister, särskilt i mörker men även vid dagsljus.



Drivlina

Drivlinan består av en planetväxellåda placerad vid vevaxeln samt remdrift (se figur nedan). Remmen är både tystgående och tillförlitlig samtidigt som underhållsbehovet är lågt. Under remmens livslängd, som i jämförelse med den konventionella kedjan är relativt lång, behöver användaren endast rengöra den med vatten. Detta ses som en stor förbättring jämfört med kedjan som kräver både rengöring och smörjning samtidigt som det måste utföras oftare än för remmen. Då remmen kräver en delbar ram för montering och demontering, är ramen delad vid bakre remhjulet och fästs med två skruvar till kedjestaget.

För att minska antalet komponenter på bakhjulet har planetväxellådan placerats vid vevaxeln och utgör därmed inte en del av bakhjulet. Hjulbyte till exempelvis vinterdäck kan nu göras enklare då hela hjulet byts istället för att bara byta däcket. Den nya planetväxellådan bygger på samma princip som existerande navväxlar där en distinkt skillnad är en genomgående input-axel.



Övrigt stöldskydd

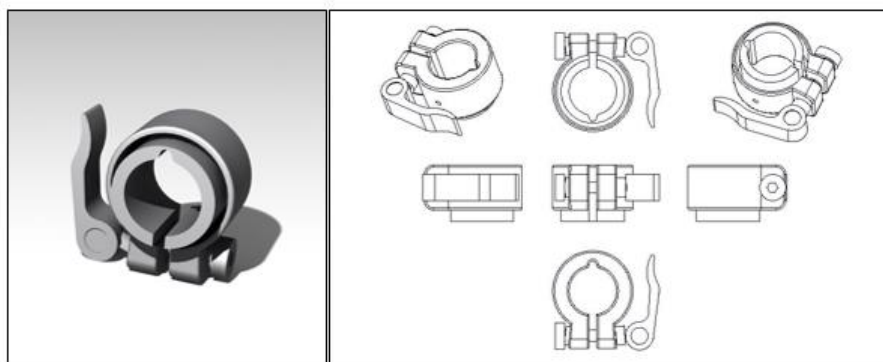
Utöver huvudlås är det nödvändigt med stöldskydd som förhindrar stöld av komponenter. När det kommer till lampor och andra tillbehör har projektgruppen jobbat mycket med integrerade lösningar. Integrerade lösningar bedöms vara attraktivt med avseende på både stöldskydd och estetik.

För att förhindra stöld utan att försvåra för användaren vid hjulbyte har en ny quick release utvecklats (se figur nedan) med inspiration från en nuvarande lösning, *quick caps*, som fungerar som ett hänglås anpassat för handtaget på en quick release. Förbättringen innebär att låset har integrerats i quick-release-handtaget vilket resulterat i ett minskat antal komponenter. När handtaget är låst tar låsbygeln i ramen vilket hindrar obehöriga från att öppna handtaget.



Sadelstolpe

För att enkelt kunna variera höjden på sadeln utan att obehöriga kan stjäla den har en ny typ av quick release utvecklats för sadelstolpen. Lösningen innebär att quick releasen sitter fast i en hylsa vars ytermått är anpassat till sadelrörets innermått. Anordningen skruvas fast med en torxskruv högst upp i sadelröret och utgör således ett stopp. Den nedre änden av sadelstolpen breddas med en annan aluminiumhylsa som löper på insidan av sadelröret. Således erhåller stolpen en stödyta både uppe och nere i röret. Den observante funderar kanske på hur monteringen skall gå till. Tanken är att quickreleasen träs på sadelstolpen underifrån innan aluminiumhylsan monteras. Stolpen med aluminiumhylsa och quickreleasen förs sedan ned i sadelröret och fixeras (se figurer nedan).



Reglage vid bockstyret

För att slå av och på lysen samt laser finns två reglage på bockstyret intill styrstammen (se figurer nedan). Det högra reglaget styr fram- och bakljus medan det vänstra reglaget styr lasern. Reglagen är vridbara och har två korta markeringar närmast styrstammen som indikerar läget för av och på. Den längre markeringen på reglaget visar det aktuella läget för lysena/lasern. På bockstyret intill broms och växelreglage finns ett reglage på höger respektive vänster sida för att styra blinkersen. Blinkersreglaget är återfjädrat. Genom att föra upp reglaget en gång slås blinkersen på och genom att återigen föra upp reglaget slås blinkersen av. Höger blinkersreglage styr höger blinkers medan vänster blinkersreglage styr vänster blinkers.



Övriga renderingar









