Mittuniversitetet
MID SWEDEN UNIVERSITY

Utveckling av en stukad sitski modell för längdskidåkning

Hannah Karlsson

Självständigt arbete
Huvudområde: Maskinteknik GR (C)
Högskolepoäng: 15 hp
Termin/år: VT 2025
Handledare: Anna-Mia Brulin
Examinator: David Sundström
Kurskod/registreringsnummer: MT033G
Utbildningsprogram: Sportteknologi – högskoleingenjör produktutveckling, 180 hp

Sammanfattning

Detta arbete har genomförts tillsammans med företaget T-Rulle AB, som utvecklar sitskis inom längdskidåkning. Syftet med arbetet var att möjliggöra att fler personer kan utöva aktiviteten längdskidåkning och därmed medföra att den regelbundna fysiska aktiviteten oavsett förutsättningar kan öka. För att uppnå detta var målet att ta fram ett koncept på en sittande del, stukad, som går att använda på en redan befintlig stomme för en knästående sitski. Vilket kan resultera i en kombinerad modell av knästående- och stukad sitski.

Arbetet är utfört via en produktutvecklingsprocess med fyra steg, förstudie, konceptgenerering, konceptval och detaljkonstruktion. I förstudien har ett flertal kvalitativa metodansatser använts, marknadsanalys, observationsstudie, intervju etc., för att samla in datamaterial och ligga till grund för en målspecifikation. Målspecifikationen är uppbyggd med fokus på justerbarhet, användarvänlighet och stabilitet. Konceptgenereringen utgick från en funktionsanalys, där delösningar skissades fram med inspiration från befintliga tekniska lösningar i vardagen, exempelvis gymutrustning och cykelsadellås. Via eliminering- och beslutsmatriser uppstod tre koncept (AE1, AE2 och A1E2) som modellerades via CAD. För att nå ett slutkoncept validerades respektive koncept mot målspecifikationen samt en återkoppling till uppdragsgivaren. Slutligt koncept resulterade i A1E2 och erbjuder justerbar lutning i ryggstöd och sits, ändring av höjd för sitsen, ryggstödet och fotstödet samt att den integreras i den befintliga stommen. Justeringar sker via höj- och sänkbara stolpar, spårprofiler och snabbkopplingslås. För att kontrollera hållfasthet och vidareutvecklingsmöjligheter har FEM-analyser genomförts.

Slutsatsen för arbetet är att konceptet A1E2 uppfyller samtliga krav i målspecifikationen och klarar hållfasthetsanslysen. För att uppfylla syftet fullt ut krävs en vidareutveckling av konceptet i form av prototyptillverkning och användartester. En slutlig produkt har potential att bidra till ökad tillgänglighet inom vinteraktiviteten längdskidåkning och därmed öka den regelbundna fysiska aktiviteten oavsett förutsättningar.

Nyckelord: Produktutveckling, Vinteraktivitet, Parasport, Hjälpmedel.

Abstract

This work has been carried out in collaboration with the company T-Rulle AB, which develops sitskis for cross-country skiing. The purpose of the work was to enable more people to practice the activity of cross-country skiing and thereby increase regular physical activity regardless of individual conditions. To achieve this, the goal was to develop a concept for a seated, reclined part that can be used on an already existing frame for a kneeling sitski. This could result in a combined model of kneeling and reclined sitski.

The work was conducted through a product development process with four stages: pre-study, concept generation, concept selection, and detailed design. In the pre-study, several qualitative methodological approaches were used, market analysis, observation study, interviews, etc. to collect data and form the basis for a requirement specification. The specification was developed with a focus on adjustability, user-friendliness, and stability. The concept generation was based on a functional analysis, where partial solutions were sketched with inspiration from existing technical solutions in everyday life, such as gym equipment and bicycle saddle locks. Through elimination and decision matrices, three concepts (AE1, AE2, and A1E2) were developed and modeled using CAD. To reach a final concept, each concept was validated against the requirement specification and reviewed with the client. The final concept resulted in A1E2, offering adjustable tilt in the seat and backrest, height adjustment of the seat, backrest, and footrest, and integration into the existing frame. Adjustments are made through height-adjustable posts, track profiles, and quick-release locks. To assess strength and further development possibilities, FEM analyses were carried out.

The conclusion of the work is that the A1E2 concept meets all requirements in the specification and passes the strength analysis. In order to fully achieve the purpose, further development of the concept is needed in the form of prototype manufacturing and user testing. A final product has the potential to contribute to increased accessibility in the winter activity of cross-country skiing and thereby increase regular physical activity regardless of individual conditions.

Keywords: Product Development, Winter Activity, Parasport, Assistive Technology

Förord

Stort tack till uppdragsgivaren, T-rulle AB för möjligheten att utföra mitt examensarbete hos er. Det har varit ett givande samarbete, där jag uppskattat möjligheten att dela erfarenheter och kunskaper åt båda håll. Arbetet har gett mig möjlighet att både utmanas och tillämpa mina kunskaper inom produktutvecklingsprocessen – från idé till koncept.

Tack till samtliga deltagare som med kort framförhållning och bristande snömängd tog sig tid till att vara en del av min datainsamling. Värdefull information som lagt grunden för utvecklingsprocessen.

Innehållsförteckning

Sammanfattning ..... **ii**

Abstract ..... **iii**

Förord ..... **iv**

Innehållsförteckning ..... **v**

Terminologi ..... **vii**

1 Introduktion **1**
1.1 Bakgrund 1
1.2 Syfte 2
1.3 Mål 3
1.4 Avgränsningar 3

2 Metod **4**
2.1 Förstudie 4
2.1.1 Marknadsanalys 4
2.1.2 Litteraturstudie 4
2.1.3 Intervju 4
2.1.4 Observationsstudie 5
2.1.5 Enkät 5
2.1.6 IDEO – Try it Yourself 5
2.1.7 Målspecifikation 6
2.2 Vetenskaplig metod 6
2.3 Konceptgenerering 7
2.3.1 Funktionsanalys 7
2.3.2 Generera lösningar 7
2.3.3 Kombinera lösningar 7
2.4 Konceptval 8
2.4.1 Elimineringsmatris 8
2.4.2 Pugh's relativa beslutsmatris 8
2.4.3 Modellering CAD 8
2.4.4 Val av koncept 9
2.5 Detaljkonstruktion 9
2.5.1 Slutmodellering 9
2.5.2 FEM-analys 9
2.5.3 Riskanalys 10
2.5.4 Produktsammanställning 11

3 Resultat **12**
3.1 Förstudie 12

3.1.1 Marknadsanalys 12
3.1.2 Litteraturstudie 13
3.1.3 Intervju 14
3.1.4 Observationsstudie 15
3.1.5 Enkät 16
3.1.6 IDEO – Try it Yourself 17
3.1.7 Målspecifikation 19
3.2 Konceptgenerering 20
3.2.1 Funktionsanalys 20
3.2.2 Generera lösningar 20
3.2.3 Kombinera lösningar 24
3.3 Konceptval 26
3.3.1 Elimineringsmatris 26
3.3.2 Pugh's relativa beslutsmatris 27
3.3.3 Modellering CAD 28
3.3.4 Val av koncept 30
3.4 Detaljkonstruktion 32
3.4.1 Slutmodellering 32
3.4.2 FEM-analys 33
3.4.3 Riskanalys 35
3.4.4 Produktsammanställning 36

4 Diskussion 37
4.1 Resultatdiskussion 37
4.2 Metoddiskussion 39
4.3 Framtida utvecklingsarbete 41
4.4 Slutsats 41

Referenser 42

Bilagor 44

Terminologi

Parasport	Är idrott för personer med funktionsnedsättning. Likvärdig form av idrott som utövas under anpassade förutsättningar.
Stukad sitski	Att det är en vinkel i höftleden samt vid knäveck.
Adaptiv	Anpassningsbar, något är utformat för att kunna anpassas till olika behov, förutsättningar eller situationer.
CAD	Computer Aided Engineering. Ett datorbaserat verktyg för att skapa 3D-modeller, göra simuleringar etc.
FEM	Finita Elementmetoden, en numerisk beräkningsmetod som används för att utföra hållfasthetsanalyser.
KH	Knähög position, knäna högre än höften, sittande position med ryggstöd.
KL	Knäna lägre än höften position, knästående position utan ryggstöd.
Solid Works	Programvara för modellering och simulering.

1 Introduktion

1.1 Bakgrund

Enligt folkhälsomyndigheten finns det riktlinjer inom fysisk aktivitet och stillasittande – det ska genomföras regelbunden aktivitet hos både vuxna och barn varje vecka [1]. För att uppfylla detta krävs det att alla kan utföra aktiviteter på ett lämpligt och skonsamt sätt. En aktivitet som går att utöva på olika ansträningsnivåer och som främjar till en mer aktiv vardag är längdskidåkning. För att genomföra aktiviteten används pjäxor, skidor och stavar för att kunna ta sig framåt [2].

Para-längdskidåkning är en idrott inom parasport som utförs i både stående och sittande positioner, vid sittande åkning används en sitski som hjälpmedel. En sitski används av dem som har en funktionsnedsättning i benen eller underkroppen [3]. Sitski finns i olika modeller, se Figur 1, 2, 3, knästående, sittande - stukad eller med raka ben [4]. Genom att hjälpmedlet finns kan fler personer ta sig ut och ha en aktiv vardag. I dagsläget används sitskis främst av personer som tränar och tävlar på elitnivå, dessa är individanpassade och framtagna till dem. Det gör att priset på en ny sitski blir högt och att det är svårt att köpa en begagnad p.g.a. individanpassningen som inte går att ändra på. Det finns två ledande företag som tillverkar sitski i dagsläget, norska – Hovdeside [5] och franska – Tessier [6]. Även det svenska företaget Anatomic Sitt [7] har några varianter av vinteraktivitetshjälpmedel. Inom parasportförbundet finns sitskis tillgängliga att låna ut till personer som vill testa. Dessa är i första hand en knäståendemodell, vilket kräver att utövaren har en bålstyrka [8].

Figur 1. Sittande sitski med raka ben.

Figur 2. Knästående sitski, T-rulle.

Figur 3. Sittande sitski, benen nedåt.

I tidigare forskning beskrivs det att både knähög position, KH, och knäna lägre än höften, KL, har fördelar samt att lämplig position beror på utövarens funktionsnedsättning. Däremot nämns det som svårt att optimera både prestation och säkerhet i en och samma sitski [9]. I studie [3] framgår det att sitski utövare med nedsatt bålstyrka bör inta, om det är möjligt, en hållning som efterliknar den knäståendepositionen (KL). Detta för att en knäståendehållning är mer ekonomisk vid stakningen. I studien [8] har den positionen testats och resulterat i att utövaren kräver kontroll av bålstyrkan för att kunna hantera sitskin i knäståendeposition. En person som saknar eller har nedsatt bålstyrka behöver ha stöd för överkroppen för att kunna utföra rörelse - stakning. Den normala hjälpen för detta är att använda sig av ett högre ryggstöd från sätet och med knäna i högre position än höften (KH) [8] [9].

Det saknas en sitski på marknaden som passar alla, en som är lättillgänglig att låna eller att köpa in som privatperson samt att den passar både dem med och utan bålstyrkan. Medarbetare på Jämtland – Härjedalens Parasportförbund har grundat företaget T-rulle AB, detta för att de saknade sitskis på marknaden. T-rulle har under föregående år tagit fram en ny stomme och knästående del till en sitski, som har ett lägre pris och som är anpassad till vardagsmotionären, se Bilaga 1. Deras nästa steg är att ta fram en stukad modell som passar samma stomme, se Bilaga 2.

Genom att ta fram en ny kombinerad sitski som är anpassad för vardagsmotionären, kommer fler få möjlighet att ta sig ut i naturen och vara mer aktiva. Det är flera parter som kommer att del av en förbättring eller nyutvecklad sitski, privatpersoner i samhället, företag och föreningar inom vintersport.

1.2 Syfte

Syftet är att möjliggöra att fler personer kan utöva aktiviteten längdskidåkning samt att öka tillgängligheten för olika sitski modeller på ett enkelt sätt. Vilket medför att den regelbundna fysiska aktiviteten oavsett förutsättningar kan öka.

1.3 Mål

Målet är att ta fram ett koncept på en sittande del - stukad som går att använda på en redan befintlig stomme för en knästående sitski. Vilket kommer resultera i en kombinerad modell av knästående-, samt stukad sitski.

Forskningsfrågor

Hur utformas en sittande del till en sitski för att passa olika kroppstyper på lämpligt vis? Hur ska justeringar på den stukade modellen ske, där verktyg inte behövs?

1.4 Avgränsningar

Projektet kommer inte att beröra någon utveckling av den redan befintliga stommen eller knästående delen. Arbetet kommer att behandla produktutvecklingsfasen fram till ett slutligt koncept uppritat i CAD. Projektet kommer främst berör de hårda delarna och konstruktionslösningen av produkten. De mjuka delarna, sitsdyna, ryggdyna och spänne kommer tas hänsyn till men ingen utveckling av de kommer att ske. Prototyp och funktionstest kommer inte genomföras på det slutliga konceptet, samt att material- och tillverkningskostnadsberäkning genomförs inte.

Arbetet omfattar 15 högskolepoäng, vilket motsvarar 10 veckors heltidsarbete.

Samtliga bilder och illustrationer i denna rapport är tagna av författaren, om inget annat anges.

2 Metod

Projektet genomförs utifrån kurslitteraturen Johannesson et al [10]. Där de fyra produktutvecklingsfaserna har genomförts, förstudie, konceptgenerering, konceptval och detaljkonstruktion.

2.1 Förstudie

2.1.1 Marknadsanalys

För att få en översikt på hur marknaden ser ut utförs en marknadsanalys som första steg i ett produktutvecklingsarbete. Vilka produkter finns idag och kan anses som konkurrenter, samt vilka tekniska lösningar använder de sig av [10, pp. 100-103].

I denna marknadsanalys studerades sekundärdata, som sökes fram i sökmotorn Google med sökord som ”cross-country sitski” eller ”nordic sitski”. Till största del bestod analysen av konkurrerande produkter, där kraven för att produkterna skulle studeras var att det var en sittande position, ta sig fram av egen kraft och att produkten går att använda i skidspår.

2.1.2 Litteraturstudie

För att bidra till kunskapsutveckling inom ett område är det viktigt att veta vilken kunskap som redan finns. Det är därför relevant att inför en ny undersökning eller projekt sätta sig in i nuvarande kunskapsläge genom en litteraturstudie [11, pp. 77-78, 84].

Litteraturstudien utfördes via Mittuniversitetets databaser, främst i databasen Pubmed. Med lämpliga sökord ”sitski” och ”cross-country”. Fokus var att samla in information kring rörelse och användning av en sitski inom längdåkning.

2.1.3 Intervju

Intervju är en metod som fördelaktigt används för att samla in information om ett ämne från en eller flera personer [11, pp. 162-168].

Den muntliga intervjun som utfördes med uppdragsgivare, T-Rulle AB, var via fysiskt möte, semistrukturerad och dokumenterades via skriftliga anteckningar. Se Bilaga 5 för att ta del av intervjuguide.

2.1.4 Observationsstudie

En observationsstudie är en forskningsmetod, där data samlas in genom observationer av en händelse, process eller produkt i sin naturliga miljö. Observatören observerar det som händer, lyssnar på vad som sägs och ställer frågor [11, pp. 154-161].

Observationen som genomförts var en direkt observation, deltagande och ostrukturerad. Vilket innebar att deltagarna observerades under användning av de två befintliga sitski modellerna, se Bilaga 3, och det fanns inga förutbestämda kategorier som skulle observeras. Observatören var närvarande och förde anteckningar under hela observationstillfället. Efter användning av sitski modellerna, samlades information in från respektive deltagare genom anteckningar och en webbaserad enkät. Totalt deltog åtta personer under observationen. Syftet med observationen var att upptäcka outtalade problem och att få in åsikter från en bred målgrupp.

2.1.5 Enkät

En enkät innebär att respondenter får besvara ett antal frågor i ett frågeformulär [11, pp. 168-175].

Samtliga deltagare i observationsstudien hade möjlighet att besvara en webbaserad enkät, se Bilaga 4, med öppna frågor varav en bestod av en 5-gradig skala, där fem anses vara av högsta prioritet. Vid redovisning av den kvantitativa frågan beräknades ett totalvärde, median och medelvärde ut på respektive aspekt.

2.1.6 IDEO – Try it Yourself

IDEO är ett verktyg för att hitta nya tillvägagångssätt och består av ett 50 tal olika kort som är indelade efter fyra områden, Learn, Look, Ask och Try [12]. Kortet Try it Yourself innebär att använda den produkt som ska utvecklas utifrån hur den är tänkt att användas. Detta ökar förståelsen för produkten och den tänkta målgruppen.

Vid genomförandet av IDEO användes de två befintliga modellerna, se Bilaga 3, utifrån hur de är tänkta att användas. Detta genomfördes i samband med observationsstudien, samma plats och likvärdiga förutsättningar. Reflektioner och upplevelse antecknades efter användning.

2.1.7 Målspecifikation

Att upprätta en målspecifikation innebär att ta reda på och beskriva alla krav och önskemål, som är relevanta för den produkt som ska utvecklas. Målspecifikationen används som referens vid koncept- och konstruktionslösningar samt vid utvärdering av den slutliga produktlösningen [10, pp. 117,150].

Målspecifikationen är uppbyggd av krav och önskemål baserat på resultaten från datainsamlingsmetoderna. Önskemålen är viktade enligt en skala 1–5, där fem anses vara av högsta prioritet. Viktningen är baserad på datainsamlingen, hur ofta en aspekt nämns eller hur högt den värderas. Målspecifikationen är återkopplad till uppdragsgivaren, för att säkerhetsställa att den är korrekt uppsatt.

2.2 Vetenskaplig metod

Arbetet genomfördes med kvalitativa metodansatser. Urvalet av deltagare som deltagit under samtliga datainsamlingsmetoder är personer i närområdet och blev tillfrågade om att delta, ett bekvämlighetsurval. Det var en spridning på erfarenhet kring längdskidåkning generellt, personer med och utan funktionsnedsättning samt att ålder, kroppsbyggnad och kön är slumpmässigt valt. Intervjuguiden och enkäten med intervjufrågor som användes finns bifogad i Bilaga 4 och 5. Samtliga deltagare tog del av ett informationsbrev, se Bilaga 6 och 7, och därefter gav sitt muntliga samtycke till att medverka i arbetet.

Nästintill all data som samlades in bearbetades och analyserades med tematisk analys [11, pp. 216-221]. Den tematiska analysen genomfördes i fyra steg, renskrivning av handskrivna anteckningar, sortering av datamaterialet – vilket genomfördes genom färgkodning. För att sedan namnge ett tema på respektive färg. Teman i denna analys är i explicit form och identifierades genom induktiv analys. Slutligen en sammanställning och slutsatser kring respektive tema. Teman och sammanställning för varje datainsamlingsmetoder presenteras i resultat.

2.3 Konceptgenerering

2.3.1 Funktionsanalys

Att sätta samman en funktionsanalys innebär att skapa en struktur över alla funktioner som ska åstadkommas av produkten och dess ingående delar. Konstruktionsproblemet delas in i mindre delfunktioner, för att därefter finna lösningar som uppfyller varje delfunktion [10, pp. 120,162-164].

Konstruktionsproblemet tilldelades en huvudfunktion, som i sin tur bröts ned i funktionstyper - *ställbarhet, stabilitet och användarvänlighet*. Under respektive funktionstyp finns delfunktioner, baserade på kraven från målspecifikationen, listade och lämpliga första dellösningsförslag har lades till.

2.3.2 Generera lösningar

Generera lösningar innebär att söka lösningar till de identifierade delfunktionerna i funktionsanalysen.

Den systematiska metoden som användes var att återkoppla till marknadsanalysen och litteraturstudien samt att se till befintlig teknik för delfunktionerna [10, p. 165]. Den kreativa metod som användes var skissning, vilket är ett enkelt sätt att visualisera idéer och öka utvecklingen av nya lösningar. Dessa två metoder genomfördes parallellt med varandra och det kreativa applicerades på det systematiska, de redan befintliga lösningarna och teknikerna. Bland annat studerades cykellås [13], handtaglåsspakar [14], gymutrustning och befintliga aktivitetsrullstolar och fritidshjälpmedel [15] [16].

2.3.3 Kombinera lösningar

De olika dellösningsförslagen ska slutligen kombineras och sättas samman till totallösningar [10, pp. 120,174].

Detta skedde genom en morfologisk matris, som består av delfunktioner med respektive dellösningsförslag. Lösningskombinationer skapades med hjälp av linjer mellan dellösningar och resulterade i totallösningar. De dellösningsförslag som inte kombinerades ihop och de totallösningarna som ansågs var orimliga, eliminerades bort.

2.4 Konceptval

2.4.1 Elimineringsmatris

För fortsatt elimineringsprocess av totallösningarna, som numera benämns koncept, användes en elimineringsmatris. Matrisen undersöker om totalkoncepten uppfyller följande kriterier [10, p. 182]:

- Löser huvudproblemet
- Uppfyller kraven i målspecifikationen
- Kan realiseras i verkligheten
- Är fördelaktiga ur säkerhets- och ergonomisk synvinkel

De koncept som uppfyller samtliga kriterier och de koncept som är intressanta att vidareutveckla, fortsätter vidare i processen. Matrisen är uppbyggd och bedöms med skala likt litteraturen Johannesson [10, p. 183].

2.4.2 Pugh's relativa beslutsmatris

Pugh's relativa beslutsmatris är ytterligare ett sätt att reducera antalet koncept. I denna matris är urvalskriterierna baserade på de som finns formulerat i målspecifikationen. Konceptlösningarna sammanställs i matrisen tillsammans med en referenslösning, som är en välkänd existerandelösning. Varje urvalskriterier bedöms för respektive konceptlösning, utefter hur bra de uppfyller det i förhållande till referenslösning. Bedömningen sker via poängsystemet i Johannesson [10, p. 184].

Vid utförandet av denna metod, användes Eskaip [6] som referenslösning i första omgången av elimineringen. De urvalskriterier som använts består av ett krav och fem önskemål från målspecifikationen. De krav och önskemål som koncepten ansågs uppfylla likvärdigt togs inte med, därefter valdes kriterierna ut efter högts viktning. Beslutsmatrisen genomfördes två gånger och vid andra omgången, användes det koncept som uppnått högst nettovärde som referens.

2.4.3 Modellering CAD

Genom att modellera koncepten i CAD fås en bättre bild av hur de är utformade samt hur dess lösningar tänkt fungera. Koncepten ritas upp i en 3D-modell och kan ses i olika perspektiv, tilldelas dimensioner och sättas samman med den befintliga stommen.

De koncept som gick vidare från Pugh's, modellerades upp i programvaran SolidWorks. De dimensioner som användes vid modelleringen är baserade på de två befintliga modellerna, se Bilaga 3, detta eftersom uppdragsgivaren inte uppgett specifika mått.

2.4.4 Val av koncept

För att nå ett slutligt koncept, bedömdes de kvarvarande koncepten utifrån målspecifikationen, via poängsättning (+), (-) och (0). Där noll tilldelas vid delvis uppfyllt kriterier. En subtraktion mellan (+) och (-) beräknas för att nå ett resultat. Även en återkoppling till uppdragsgivaren genomfördes, där deras bedömning och feedback blev det avgörande valet. För att säkerställa att konceptet presterar likvärdigt som konkurrerande produkter, jämförs det även mot den marknadsanalys som tidigare genomförts.

2.5 Detaljkonstruktion

2.5.1 Slutmodellering

Det valda slutkonceptet fortsattes utvecklas och förfinas i Solid Works, för att se vilka förändringar som ger bättre slutresultat. Fokus var att stabilisera konstruktionen och att reducera antal och storlek på komponenterna.

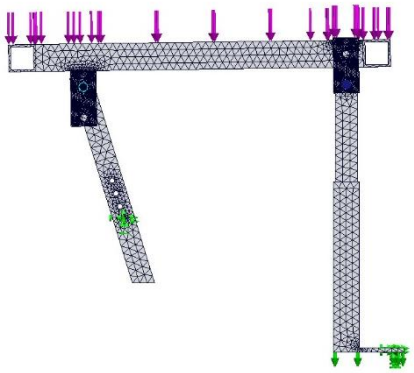
2.5.2 FEM-analys

FEM-analys används för att utföra beräkningar på hållfastheten, ex. spänningar och deformationer, hos en CAD-modell som utsätts för belastning. Metoden innebär att dela upp den modellerade konstruktionen i mindre element, ett rutnät – Mesh. Därefter placeras randvillkor ut på modellen, likt den verkliga situationen och ett material tillämpas på modellens delar. För att genomföra en FEM-analys på ett fullständigt vis finns det aspekter som behövs säkerställas, bestämda dimensioner, materialval och tillverkningsmetoder. Eftersom detta är aspekter som inte fastställts i arbetet, genomförs en enklare hållfasthetsanalys med avseende på Von Mises - Jämförelsespänning. Analysen genomförs för att säkerställa att det slutliga konceptet är hållbart och rimligt att fortsätta vidareutveckla. Genom att se till denna spänning, hittas kritiska punkter som kan vara relevanta att undersöka.

Analysen genomfördes på solida element och i ett statiskt fall. Fixeringen av konstruktionen var via låsning av skruvhålen för både translation och

rotation i samtliga stolpar. Kontakten mellan de främre stolparnas undersida och stommens ovansida tillät dock rotationer. Sitsen låstes samman med hjälp av pinfixering i samtliga stolpar. Meshen som användes var i storlek nio på hela konstruktionen och med en förfining, storlek 1,5, vid hålen kring sammansättningen av sitsen och stolparna, se Figur 4. Materialet som tillämpades var ett liknande aluminium som används i den befintliga stommen.

Analys på sitsen genomfördes med krafter från vertikalt läge, där lasten är utbredd över hela sitsen. Lasten sattes till 1620 N och är en produkt av 110kg X 9,81 X SF. Max vikten 110kg togs från befintligmodell [7] och säkerhetsfaktorn, SF = 1,5, är från en rekommendation i Karl Björks formelsamling [17] av statiskt lastfall. En analys på ryggstödet genomfördes med Remote load, att en kraft appliceras på ett avstånd från den faktiska geometrin. Lasten som användes på ryggstödet var 50 % av maxlasten.



Figur 4. Visar hur modellen ser ut vid genomförandet av FEM-analysen. Lila pilar är den last som placeras på modellen, gröna pilar är låsningar och trianglarna på modellen är mesh.

2.5.3 Riskanalys

En riskanalys är en övergripande metod för att identifiera och bedöma de risker och fel som kan påverka eller uppstå med produkten. Johannesson [10, pp. 315-317] beskriver hur en Feleffektanalys – FMEA genomförs, som är en del av en riskanalys, denna metod är tillgrund för den riskanalys som genomfördes på slutkonceptet.

Analysen består av möjliga fel och risker, orsaken till att det uppstår, sannolikhet att det sker, vilken allvarlighetsgrad de har och vilka konsekvenser som kan uppstå. En rekommenderad åtgärd finns även angivet. Sannolikhet- och allvarlighetsgraden är bedömd enligt skalan i Johannesson [10, pp. 315-317]. I tabellen står S för sannolikhetsgraden att det inträffar och A – allvarlighetsgraden när det inträffar. Analysen bygger på subjektiva grova skattningar och bedömningar, eftersom konceptet inte tillverkats som en prototyp och testats.

2.5.4 Produktsammanställning

Produktsammanställning är en översikt av produktens alla komponenter och en uppdelning av standard eller unika delar [10, pp. 191-192]. Standarddelar innebär komponenter som finns tillgängliga och införskaffas färdiga, medan unika delar är de komponenter som behövs utvecklas och tillverkas specifikt för denna produkt.

Många av komponenterna består av en mindre ändring som går att genomföra på en standardkomponent, därav har även en beskrivning lagts till och ett förslag på befintlig komponent anges [18].

3 Resultat

3.1 Förstudie

3.1.1 Marknadsanalys

Teman som marknadsanalysen resulterade i var följande:

- **Anpassningsmöjligheter:** Vilka olika komponenter går att justera för att anpassa produkten så att den passar individen?
- **Användarvänlighet:** Hur lätt är det att genomföra justeringarna?
- **Materialval och vikt:** Huvudkonstruktionens material och vikt, även materialinformation om övriga komponenter kan förekomma.
- **Övrig kommentar:** Om det är något viktigt om produkten som inte tas upp vid övriga teman.

Fullständig tabell av marknadsanalysen, se Bilaga 8. Nedanför i Tabell 1 presenteras en sammanställning från respektive tema.

Tabell 1. Sammanställning från hela marknadsanalysen.

Tema	Sammanställning
Anpassningsmöjligheter	Justering av sits och ryggstöd finns nästintill på samtliga modeller. Justering av fotstöd är vanligt – dock på längden, eftersom modellerna är uppbyggda med ben framåt.
Användarvänlighet	Nästintill all justering på samtliga modeller sker med verktyg.
Materialval och vikt	Vanligt material i en sitski-stomme är aluminium och en medelvikt på 5,1kg.
Övrig kommentar	De flesta modeller på marknaden idag har benen framåt. Sitsen byts ut efter person/kroppsstorlek.

3.1.2 Litteraturstudie

Teman som upptäcktes i litteraturstudien från källorna [19] [8] [9] [3] [20] presenteras i punktform nedan och det sammanställda resultatet visas i Tabell 2.

- **Knäposition (KH och KL):** Handlar om de två vanligaste sittpositioner som finns för en stukad sitski modell, vad de innebär och vilka risker samt fördelar som finns med respektive position.
- **Skador:** Vilka skador som är aktuella vid användning av ett adaptivt hjälpmedel.
- **Utformning:** Hur olika hjälpmedel bör utformas.
- **Biomekanik:** Hur kroppen påverkar prestationen och inte bara produkten.

Tabell 2. Sammanfattning från litteraturstudien.

Tema	Sammanställning av litteraturstudie
Knäposition (KH, KL)	Utövare med nedsatt bålkontroll, sitter med knäna högre än höften (KH) - positionen förknippas med en stor ryggradsflexion. Knäna lägre än höften (KL) = bättre andning, lägre skaderisk, kan hämma prestanda och effektivitet. Idrottare med förlust av bålkontroll, kan inte använda sig av KL – inte utan stöd. Sitskiåkare bör, om möjligt, ha en hållning som efterliknar den knästående - men det krävs att utövaren kan kontrollera bålmusklerna.
Skador	Större ryggradsflexion, vilket kan leda till skador i nedre delen av ryggen vid KH. Om man har nedsatt känsel eller förlust av muskelmassa i nedre extremiteterna – risker att få trycksår.
Utformning	Idrottare som har en kraftig nedsättning i bålstabilitet, behöver ett stöd för överkroppen från utrustningen. Hjälpen för detta är att använda sig av ett högre ryggstöd och knäna i högre position (KH). Viktigt att sätet sitter tätt mot kroppen, vilket säkerställer att ryggstödet stödjer ryggraden och bäckenet samt att benen och fötterna stadigt stödda.

	Spännremmar används för att hålla utövaren stadigt i sätet och vaddering är minimal för att skapa en integrerad enhet mellan rullstol och utövare. Risken för mjukdelsskador minimeras, om ökning av yta på sätet som kommer i kontakt med kroppen sker. Sätesdumpning = bakre lutning mot sätesbasen, för att trycka ryggen mot ryggstödet, vilket ökar stabiliteten. Vilket också minskar vinkel mellan låren och bålen - hjälper till att förbättra balansen.
Biomekanik	En välutformad och anpassad rullstol/hjälpmedel är nödvändigt för optimal idrottsprestation men inte tillräckligt - handlar om utövaren, som måste använda sig av en effektiv biomekanik.

3.1.3 Intervju

Från intervju med uppdragsgivaren T-rulle AB uppkom både krav och önskemål på produkten. Se Bilaga 9 för sammanställning av tematisk analys av intervjun. Sammanfattade punkter från intervjun som är viktiga att ta med i utvecklingen var följande:

- Viktigt att tillverka en stabil stomme (krav), som står emot både vridning och böjning från olika håll.
- Använda samma fästning som den knästående har i stommen.
- Återanvända komponenter som finns på liknande produkter idag.
- Måste finnas (krav) justeringsmöjligheter, ändra lutning i ryggstöd och sits, höja/sänka fotstöd och ryggstöd.
- Justeringar ska ske utan verktyg (krav), för att kunna anpassas under användning - ökar användarvänligheten.
- Ett spänne vid knäna borde finnas för att kunna utföra rörelse/kraft med benen/underkroppen.
- Benen i sittposition, nedåt. Viktigt att kunna justera höjden - variation hur man vill ha det vid olika terräng och för varje individ.

3.1.4 Observationsstudie

Datainsamlingen från observationsstudien skedde i två steg, observationer av observatören och kommentarer från deltagare. Liknande tema gick att finna i de två datamaterialen, vilket resulterade i en gemensam sammanställning, Tabell 3. Teman observationerna och kommentarerna resulterade i var följande:

- **Anpassningsmöjligheter och utformning:** Hur utformningen upplevdes och önskemål kring justeringar av sitsen, ryggstödet och fotstödet.
- **Ergonomi och kroppen:** Hur påverkas kroppen och vilket stöd vill den ha.
- **Stabilitet och säkerhet:** Hur är balansen/stabiliteten och hur upplevs modellerna.
- **Åkningen:** Hur är det att manövrer produkten.
- **Förståelse:** Hur tydlig och lätthanterlig är produkten.
- **Remmar och spännband:** Hur upplevs användningen av de.

Tabell 3. Sammanställning av resultatet från observationsstudien och kommentarer från deltagare.

Tema	Sammanställning
Anpassningsmöjligheter och utformning	Tänka på att utformning ska passa stora och små personer, för att alla ska få en bra upplevelse och hantera produkten själv. Vill kunna justera ryggstödet och sitsen, Tänka på placering av lås grejer, Rundad rygg, Få till en bra knähöjd.
Ergonomi och kroppen	Utformning så att rörelse går att genomföra obehindrat oavsett kroppsbyggnad. Avlastning av axlar och nacke. Låsa knäna, Benen nära kroppen.
Stabilitet och säkerhet	En stabil konstruktion för att minimera vinglighet och en rädsla av att välta. Justering av höjden.

Åkning	Även här viktigt med en stabilitet, går att använda sig av lutning och armrörelse bättre. Stabilitet och justeringar – kan jobba med lutning och armstyrka.
Förståelse	Fortsatt ha en enkel konstruktion och komponenter som är lätthanterliga.
Remmar och spännband	Snowboardbindningar och spänne vid smalben/knä.

3.1.5 Enkät

Enkäten, se Bilaga 4 för att ta del av frågorna, genomfördes i samband med observationsstudie och deltagarna uppmanades till att besvara den. Totalt samlades 10 svar in, samtliga svar granskades och de viktigaste, flest återkommande svaren har valts ut och presenteras nedan:

- Placering av fötterna/benen nära produkten är bättre.
- Behåll utformning av sitsen från de båda modellerna.
- Skapa en stabilare stomme och anpassad sits kan resultera i en bättre åk-känsla.
- Fortsätta använda en enkel och tydlig konstruktion.
- Justeringar i rygg, sits och fotstöd.
- Justering utan verktyg.

I Tabell 4 presenteras totalvärde, median och medelvärde för de insamlade svaren av fråga 11 i enkäten. De aspekter som uppnår högst värde, prioriteras och blir en del av målspecifikationen. Dessa aspekter resulterade i följande, *ändra lutning ryggstöd*, *justering utan verktyg och användarvänlighet*. Även *lutning av sits* når ett högt värde och kommer prioriteras.

Tabell 4. Sammanställning av svaren från fråga 11 i enkäten, med ett uträknat medelvärde från respektive aspekt.

Aspekt	Totalvärde	Median	Medelvärde	Prioritet
Ändra höjden ryggstöd	29	3	2,9	
Ändra lutning ryggstöd	34	3,5	3,4	Prioritera
Ändra ryggstöd framåt/bakåt	29	3	3,22	
Ändra höjd sitsen	30	3	3	
Ändra lutning sitsen	34	3	3,4	Prioritera
Ändra sitsen framåt/bakåt	21	2	2,1	
Justering utan verktyg	45	4,5	4,5	Hög prioritet
Användarvänlighet	40	4	4	Hög prioritet
Låg vikt	32	3	3,2	

3.1.6 IDEO – Try it Yourself

Reflektionerna kring användningen av de två befintliga modellerna presenteras i Tabell 5 och de teman som reflektionerna resulterade i var följande:

- **Sätet:** Åsikter om hur sätet, sits och ryggstöd är uppbyggt.
- **Fotstödet**: Placering av fotstödet.
- **Höjden:** Hur upplevdes höjden för respektive produkt.
- **Användning och upplevelse:** Övriga upplevelser eller tankar kring produkterna som uppstod vid testet.

Tabell 5. En tematisk analys över metoden IDEO - Try it Yourself.

Tema → Upplevelse ↓	Sätet	Fotstödet	Höjden	Användning
Upplevelse Modell S	Kändes väldigt kal – saknade några kanter runt mig Sitsen var bra, mjukare än tänk och det var bekvämt	Mycket mer naturligt att ha benen nära sitsen, hamnade mer som i stående skidåkning Fick ut stakningen bättre och kunde få upp en högre fart	Obehagligt att man satt så högt upp, det var ostabilt	Svårt att hantera den både med bålstyrka men definitivt utan! Upplevde att jag kunde arbeta mer med armarna i S än i T.
Upplevelse Modell T	Stabil och bekväm sits, trodde inte det Kändes som man satt väldigt djupt - ryggstödet var mycket lutat, men det kan vara bra om man tänker sig att man inte använder bålen - man får ut mer av stakningen?	Satte fötterna på första stödet som var närmst sittdelen, kändes mest naturligt – det var fel. Fanns ingen anledning till att ha fötterna så långt bort?	Tyckte det var behagligt och tryggt att sitta så nära marken	Omöjligt att inte använda sig av bålen - kan bara föreställa mig hur svårt/jobbigt det är utan en bålstyrka. Upplevde dock den lite mer som en bekväm modell - svårt att tänka sig att man ska kunna komma upp i hastighet.

3.1.7 Målspecifikation

Utifrån all den data som samlades in under samtliga datainsamlingsmetoder fastställdes en målspecifikation, se Tabell 6.

Tabell 6. Målspecifikationen med krav och önskemål, baserat på alla datainsamlingsmetoder.

Tema	Nr.	Kriterium	Krav / Önskemål	Vikt (prioritet)
1. Utformning	1.1	Justera lutning av sits och ryggstöd	K	
	1.2	Justering av fotstöd - höjden	K	
	1.3	Justera höjden sitsen	Ö	3
	1.4	Justera höjden ryggstöd	K	
	1.5	Rundat ryggstöd	Ö	4
	1.6	Justera ryggstöd fram/bak	Ö	3
	1.7	Justera sitsen fram/bak	Ö	2
	1.8	Stabilitet i stommen (hög styvhet i konstruktionen)	K	
	1.9	Höjd på sitsen, uppnå 45 cm	K	
	1.10	Återanvända befintliga komponenter	Ö	4
	1.11	Material i stomme (Aluminium)	Ö	1
	1.12	Vikt (under 10kg)	Ö	1
	1.13	Spänne höft + lår + knä + fot	Ö	4
2. Kroppen	2.1	Position KH	Ö	3
	2.2	Rörelsefrihet i överkroppen - inga föremål i vägen för att ta sig framåt (stakning)	Ö	3
	2.3	Låsa knäna - spänne	K	
	2.4	Benen i sittposition, fotstöd nära kroppen	Ö	5
3. Användarvänlighet	3.1	Justering utan verktyg	K	
	3.2	Enkel konstruktion	Ö	4
	3.3	Lätthanterliga komponenter	Ö	5

3.2 Konceptgenerering

3.2.1 Funktionsanalys

Tabell 7 är resultatet av den funktionsanalys som genomfördes, där huvudfunktion brutits ner till delfunktioner och de första dellösningarna angivits.

Tabell 7. Funktionsanalys, med dellösningar till de olika delfunktionerna.

Huvudfunktion	Sitski stukad modell som har anpassningsmöjligheter, som kan justeras utan verktyg		
Kriterier nr.	Funktionstyp	Delfunktion	Första förslag till dellösningar
1.1	Ställbarhet	Justera lutning – sitsen	Cykelsadellåsning (med skruv eller runt rör) Spinning cykellås = spaklås Teleskoplås/krycklås Sprint lösning Fasta inställningshål – ökande lutning Bänkpress eller strykbräda Gym ihakning Distanser eller klossar Skenor Gångjärn
1.1	Ställbarhet	Justera lutning – ryggstöd	
1.2	Ställbarhet	Justera höjd – fotstöd	
1.4	Ställbarhet	Justera höjd – ryggstöd	
1.8	Stabilitet	Stabilisera stommen	Mitten stolpen + fram Mitten stolpe + baktill Mitten stolpe enbart
3.1	Användarvänlighet	Justera utan verktyg	Använda befintliga lås = cykelsadellås x2, spaklås, sprintar osv Handtag och vred

3.2.2 Generera lösningar

Systematisk metod

Genom att återkoppla till marknadsanalysen 3.1.1 och litteraturstudien 3.1.2, togs följande inspiration:

Marknadsanalys

- Tessier har en smart lösning med att ändra lutning på ryggstödet, detta genom ett spår som går i en radie, se Bilaga 3.

- Anatomic SITT modellen använder sig av vred och fasta hållsättningar för att ändra lutning av sitsen.

- JS adaptive sports – Intressant lösning hur de löser kombinerad höj/sänk och lutning på sisten [21]. Detta genom att justera fram och bak stolparna till olika höjder, lutning ställs in samtidigt som höjd ändras.

Litteraturstudie

- Ur källa [19] [8] [9] hämtades inspiration om att utforma sitsen så att en KH position går att utföra. Information om att ta sig framåt utan bålstyrka i en längdsitski, kräver ett bra stöd från utrustningen, framför allt i överkroppen, viktigt med ryggstöd.

- Från källa [20], där utformning av en rullstol framgår, hämtades inspiration om att skapa ett samband mellan utövare och hjälpmedel, skapa en enhet. Få till en bra kontakt mellan kropp och sitsen/ryggstödet både till yta och till stöd i form av remmar/spänne.

Från att studera befintlig teknik som finns i andra relevanta produkter, uppkom följande:

Tekniska lösningar

- Konstruktion, skapa en konstruktion i stommen som sträcker sig framåt och håller fast sitsen på sidorna – en grenliknande modell [16]. Svårt att genomföra då mittenstolpen är smal och vill användas.

- Låsningar och fäste, cykelsadellås, se Figur 5, med snabbkoppling, antigen genom att låsa runt ett rör, klämfunktion eller genom att ha förutbestämda hål. Vid bestämda hål, går även krycklås funktionen använda sig av.

Gymutrustning

- Låsning – Spinning lås, se Figur 6.

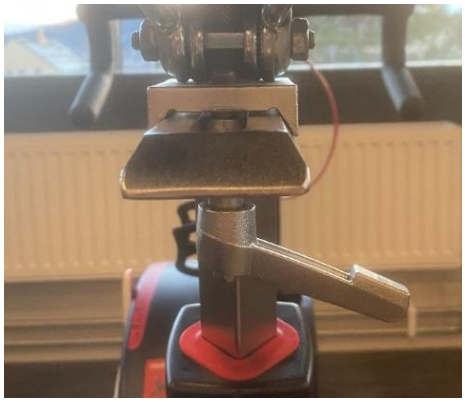
- Bänkpress bänk – Justeras genom ihakning i tresteg, kan även förknippas med hur en strykbräda fungerar.

- Låsning för att ändra höjden på hållare för skivstänger – ihakning, se Figur 7.

Övrigt

- Tennisrullstol har funktionen att låsa knäna för att få mer stabilitet och en mer enhetlig känsla. Låsningen sker via underbenet och täcker ett större område strax under knät. Låsning kan också ske via skålformade spännen, anpassade runt knät.

Figur 5. Snabbkopplingslås på en cykel för att justera sadel höjden, även kallat cykelsadellås.

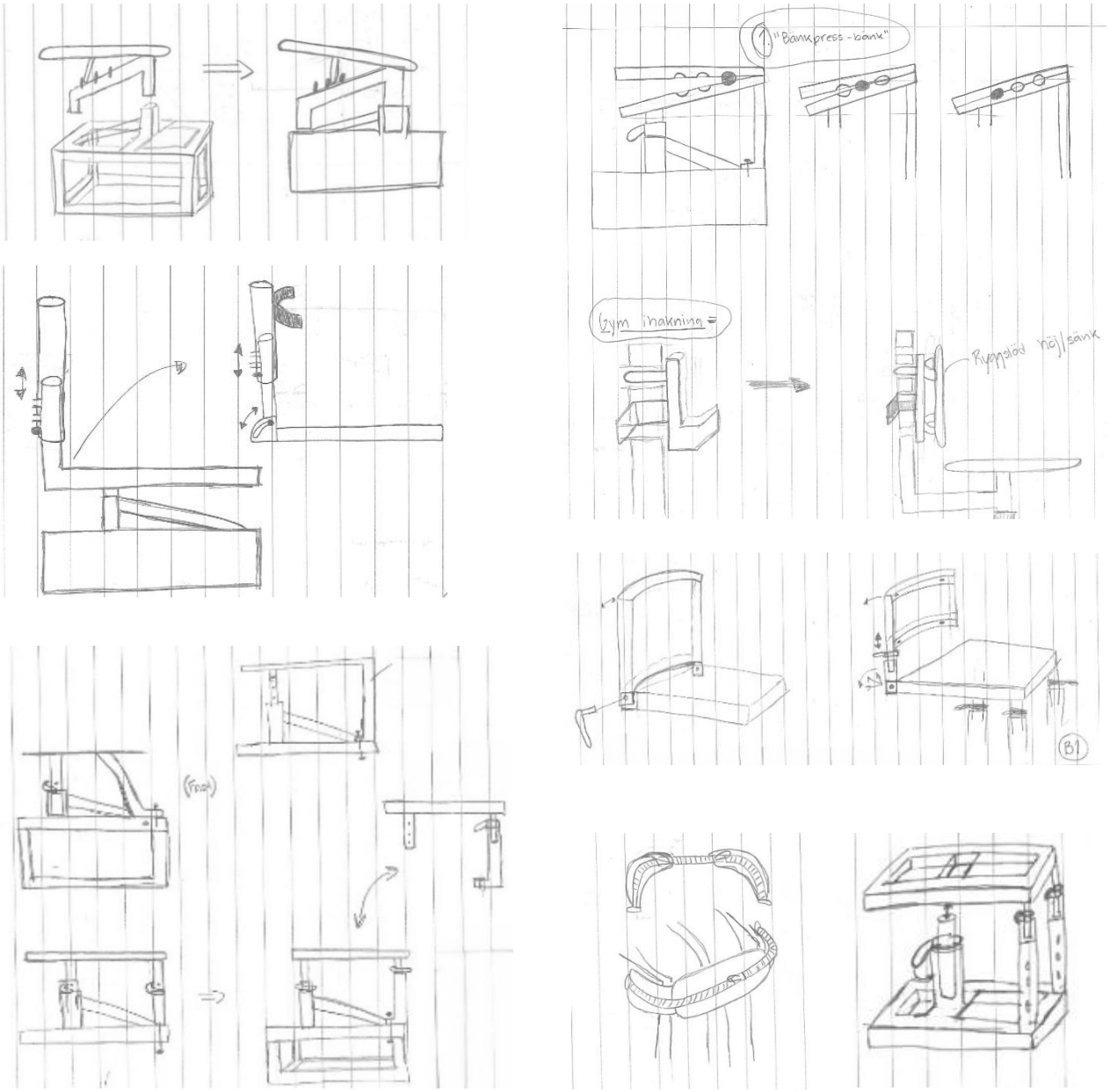


Figur 6. Låsning på en spinning cykel för att justera en sadel framåt/bakåt.

Figur 7. Ihakningshållare för skivstänger.

Kreativa lösningar

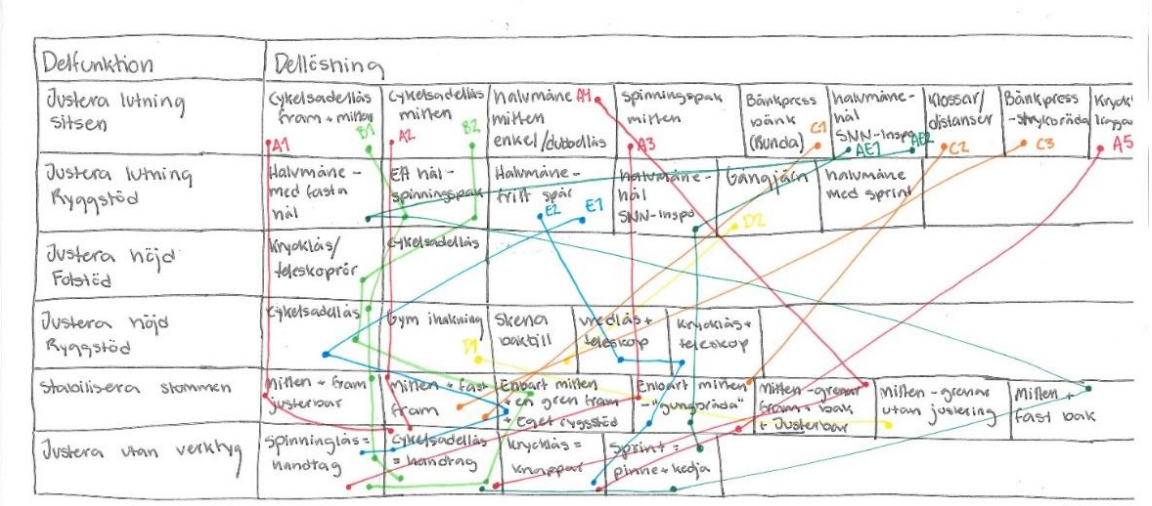
Lösningarna från den systematiska metoden kombinerades ihop tillsammans med egna tankar och idéer, vilket resulterade i första skisser, se Figur 8.



Figur 8. Flera bilder på de första skisserna av lösningarna med inspiration från den systematiska metoden.

3.2.3 Kombinera lösningar

Vid genomförandet av den morfologiska matrisen, Figur 9, skapades totallösningar. Det uppkom hela totallösningar som täcker alla delfunktioner eller lösningsförslag som täcker två-tre delfunktioner och förbli en dellösning. För att få struktur över vad lösningsförslagen innehåller, namngavs de med bokstäver, se Tabell 8.



Figur 9. Morfologisk matris, delfunktioner och dellösningar som kombineras med linjer.

Tabell 8. Beskrivning av bokstavsnamn samt lösningsförslag från den morfologiska matrisen.

A = stomme + sisten + utan verktyg	A1	A2	A3	A4	A5
B = stomme + sisten + ryggstöd x2 + utan verktyg + (ev. fotstöd)	B1	B2			
C = stomme + sisten	C1	C2	C3		
D = stomme + ryggstöd (eller bara ryggstöd x2)	D1	D2			
E = stomme + ryggstöd x2 + utan verktyg	E1	E2			
AE = A + E = stomme + sisten + ryggstöd + utan verktyg	AE1	AE2			

Lösningsförslagen granskades och dess rimlighet bedömdes. Därefter genomfördes en första eliminering av förslag, se Tabell 9.

Tabell 9. Eliminering av lösningsförslag, där de förslagen med kryss elimineras. De grönmarkerade förslagen går vidare till vidareutveckling.

A1	~~A2~~	~~A3~~	A4	~~A5~~	Vidareutveckla	
B1	B2					A1 + E2
~~C1~~	~~C2~~	~~C3~~				B1
~~D1~~	~~D2~~					B2
~~E1~~	E2					AE1
AE1	AE2					AE2

De förslag som har ett kryss över sig var inte rimliga att vidareutveckla och svåra att kombinera ihop med andra lösningsförslag. Efter första eliminering återstod sju lösningsförslag, se Bilaga 10 för att ta del av skisser, att gå vidare med och försöka kombinera ihop till totallösningar. Vid fortsatt granskning av lösningsförslagen uppkom en kombination av A1 och E2. A4 ansågs svår att kombinera med ett ryggstöd och eliminerades. Resterande var nästintill fullt klara koncept, där enbart fotstöd saknades.

Vid framtagning av totallösningar, efter genomförd morfologisk matris, sågs att samtliga totallösningar kan använda sig av samma typ av fotstöd och spännen. Därav är detta exkluderat från tabellerna och utvecklingen kring dessa komponenter är inte i fokus.

3.3 Konceptval

3.3.1 Elimineringsmatris

Tabell 10. Elimineringsmatris med beslut om vidareutveckling.

Koncept	Löser huvudproblemet	Uppfyller alla krav	Realiserbar	Säker och ergonomisk	Tillräcklig info	Elimineringskriterier: (+) Ja (-) Nej (?) Mer info krävs Beslut: (+) Fullfölj lösning (-) Eliminera lösning (?) Sök mer info	
						Kommentar	Beslut
A1+E2	+	?	+	+	-	Mer info om lutning – sisten	+
B1	+	?	?	+	-	Mer info om lutning – sitsen	?
B2	+	?	?	-	-	Mer info om lutning – sisten och ej säker lut. ryggstöd	-
AE1	+	+	+	+	-	Mer info om fäste av justering	+
AE2	+	+	+	+	-	Mer info om fäste av justering	+
A4	-	-	-	-	-		-

För att tydliggöra att A4 inte är ett lämpligt koncept att gå vidare med, finns det med i elimineringsmatrisen, Tabell 10. Ett annat koncept som elimineras är B2, det upplevs ha en osäker konstruktion. B1 väljs bort eftersom det är uppbyggt likt A1+E2 och i elimineringsmatrisen uppnår det konceptet ett högre resultat.

Koncept som går vidare för vidareutveckling är: *A1+E2=A1E2, AE1* och *AE2.* Dessa koncept skissas upp på nytt och vidareutveckling av lutning på sits och ryggstöd sker. Detta förtydligas i skisser som finns i Bilaga 11.

3.3.2 Pugh's relativa beslutsmatris

Tabell 11. Pugh's relativa beslutsmatris med Eskaip (Tessier) som referensprodukt.

Kriterium		Alternativ			
		Ref.	AE1	AE2	A1E2
K. 1.1	Justera lutning sits + ryggstöd		+	+	+
Ö. 1.3	Justera höjden sisten		-	-	+
Ö. 1.10	Återanvända befintliga komponenter		+	+	+
Ö. 2.4	Benen i sittposition, fotstöd nära kroppen		+	+	+
Ö. 3.2	Enkel konstruktion		+	+	+
Ö. 3.3	Lätthanterliga komponenter		+	+	+
Summa +			5	5	6
Summa 0			0	0	0
Summa -			1	1	0
Nettovärde		0	4	4	6
Rangordning		3	2	2	1
Vidareutveckling		Nej	Ja	Ja	Ja

Tabell 12. Andra omgång av Pugh's, med A1E2 som referensprodukt.

Kriterium		Alternativ		
		Ref. = A1E2	AE1	AE2
K. 1.1	Justera lutning sits + ryggstöd		+	+
Ö. 1.3	Justera höjden sitsen		-	-
Ö. 1.10	Återanvända befintliga komponenter		0	0
Ö. 2.4	Benen i sittposition, fotstöd nära kroppen		0	0
Ö. 3.2	Enkel konstruktion		-	-
Ö. 3.3	Lätthanterliga komponenter		0	0
Summa +			1	1
Summa 0			3	3
Summa -			2	2
Nettovärde		0	-1	-1
Rangordning		1	2	2
Vidareutveckling		Ja	Ja	Ja

Vid genomförande av första omgången av Pugh's beslutsmatris, se Tabell 11, presterar koncept A1E2 bäst och når högst nettovärde och rangordnas därmed först. Detta innebär att koncept A1E2 sätts som referens inför andra omgången av Pugh´s.

Ur andra omgången, se Tabell 12, uppnås likvärdiga resultat hos de tre koncepten och samtliga tas med för modellering. AE1 och AE2 är liknande koncept, de innehåller samma lösningar för att åstadkomma lutning på ryggstöd och sits. Det som skiljer de två koncepten åt är montering i stommen, fast fram kontra fast baktill. Kommentar till Ö.3.2 i Tabell 12, sitsen är ”större” vid AE1 och AE2 än vid referensen därav ett minus. Konstruktionen är lika enkel men består av mer material.

3.3.3 Modellering CAD

Koncept AE1, Figur 10 och 11, består av en mittenstolpe och två främre stolpar som är fasta. Justering av lutning på ryggstöd och sits, sker via spårprofil och snabbkopplingslås. Ryggstöd och fotstöd går att justera i höjdled via krycklås eller cykelsadellås.

Figur 10. Koncept AE1 sett från sidan och placerad på den befintliga stommen.

Figur 11. Närbild på justeringslösning av lutning på ryggstöd och sits, koncept AE1.

Koncept AE2, Figur 12 och 13, är en liknade lösning av föregående koncept. Mittenstolpe och i detta fall, två bakre stolpar är fasta för att bära upp sitsen. Justering av lutning på ryggstöd och sits, sker via spårprofiler och snabbkopplingslås med placering på insidan av stommen. Justering av höjd på ryggstöd och fotstöd sker via krycklås eller snabbkopplingslås. Modellen består av fler komponenter eftersom fotstödet behöver fästat på egna stolpar.

Figur 12. Koncept AE2 sett från sidan och placerad på den befintliga stommen.

Figur 13. Närbild på justeringslösning av lutning på ryggstöd och sits, koncept AE2.

Koncept A1E2, Figur 14 och 15, består av en mittenstolpe och två främre stolpar som är justerbara i höjdled med hjälp av snabbkopplingslås. Det är även denna justering som skapar en lutning i sitsen, genom att höja de främre stolparna och låta mittenstolpen stå lägre. Mellan stolpar och sitsen finns en led för att skapa rörelse. Justering av lutning på ryggstödet sker via spårprofiler och cykelsadellås. Höjdjustering av ryggstöd och fotstöd sker likt de andra två koncepten.

Figur 14. Koncept A1E2 sett från sidan och placerad på den befintliga stommen.

Figur 15. Närbild på justeringslösning av lutning på ryggstöd och sits, koncept A1E2.

3.3.4 Val av koncept

Tabell 13. En sammanställning och poängsättning av hur koncepten uppfyller målspecifikationen. Varje krav (K) och önskemål med dess viktning (ÖX) är bedömt på respektive koncept med en skala av, uppfyller (+), delvis uppfyllt (0) och icke uppfyllt (-). Ett resultat fås via subtraktion av (+) och (-).

Målspecifikation		AE1	AE2	A1E2
1.1	K	+	+	+
1.2	K	+	0	+
1.3	Ö3	-	-	+
1.4	K	+	+	+
1.5	Ö4	+	+	+
1.6	Ö3	-	-	-
1.7	Ö2	-	-	-
1.8	K	0	+	+
1.9	K	+	+	+
1.10	Ö4	+	+	+
1.11	Ö1	+	+	+
1.12	Ö1	-	-	+
1.13	Ö4	+	0	0
2.1	Ö3	+	+	+
2.2	Ö5	+	+	+
2.3	K	+	0	0
2.4	Ö5	+	+	+
3.1	K	+	+	+
3.2	Ö4	+	0	+
3.3	Ö5	+	+	+
Resultat:		11	8	14

Redovisning av de tre koncepten, via skisser och CAD-modeller, till uppdragsgivare resulterade i följande feedback:

- Feedback kring koncept A1E2 och AE1, mycket påfrestning på mittenstolpen då all tyngd blir på samma ställen. Går det stabilisera upp den på något sätt?
- Tycker konceptet A1E2 är mest relevant att gå vidare med, bra lösningar som är värda att se närmre på.
- A1E2 är konceptet som såg estetiskt bäst ut, samt att konstruktionen var bra utformad.

Genom att återkoppla till målspecifikationen och en poängsättning, se Tabell 13, uppnådde koncept A1E2 högst poäng. Dock är resultatet mellan

koncepten likvärdiga, vilket resulterade i att återkopplingen från uppdragsgivaren vad avgörande vid slut val. Slutligt koncept blev A1E2.

För att säkerställa att konceptet presterar likvärdigt som konkurrerade produkter, återkopplas konceptet till marknadsanalysen 3.1.1. Tabell 14 är en utökad version av Tabell 1 och är ett resultat av hur slutkoncept A1E2 ställer sig mot marknadens produkter.

Tabell 14. Sammanställning hur slutkonceptet A1E2 ställer sig mot marknadsanalysens produkter.

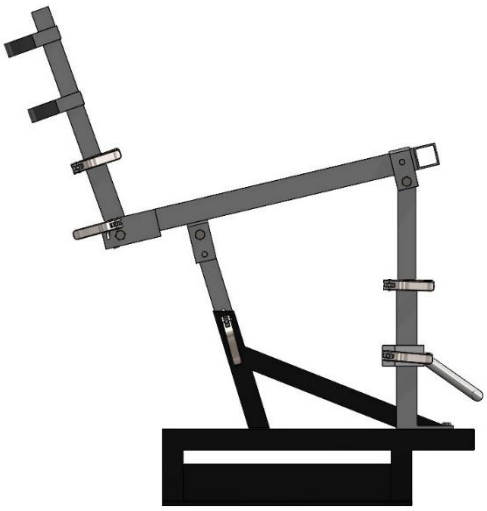
Tema	Sammanställning	Koncept A1E2
Anpassning	Justering av sits och ryggstöd finns nästintill på samtliga modeller. Justering av fotstöd är vanligt – dock på längden, eftersom modellerna är uppbyggda med ben framåt.	Justering av sits och ryggstöd finns. Justering av fotstöd. Justering av höjd ryggstöd.
Användarvänlighet	Nästintill all justering på samtliga modeller sker med verktyg.	Justering utan verktyg. Återanvända komponenter.
Materialval och vikt	Vanligt material i en sitski-stomme är aluminium och en medelvikt på 5,1kg.	Anpassad för aluminium och en vikt under 10 kg – ca 6,7 kg.
Övrig kommentar	De flesta modeller på marknaden idag har benen framåt. Sitsen byts ut efter person/kroppsstorlek.	Benen nedåt, enligt en KH position. Sitsen är justerbar och går att anpassa efter användare.

3.4 Detaljkonstruktion

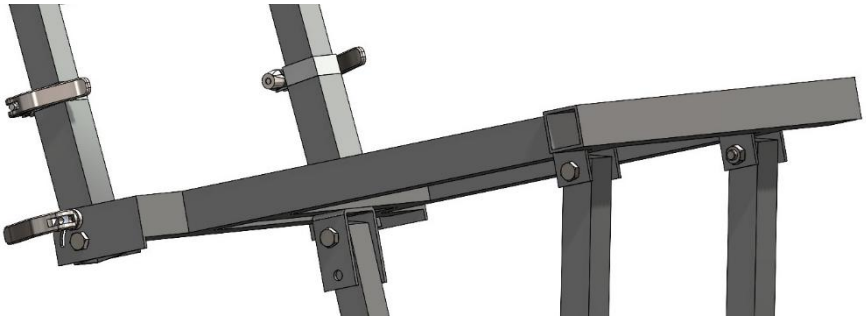
3.4.1 Slutmodellering

Figur 16, 17 och 18, är en förfining av A1E2 placerad på den befintliga stommen och med U-profiler vid fäste mellan sitsen och stolpar. Samt att lås [22] och bultar är placerade rätt.

Figur 16. Slutkoncept A1E2 placerade i befintlig stomme, med bultar och snabbkopplingslås inkluderat.

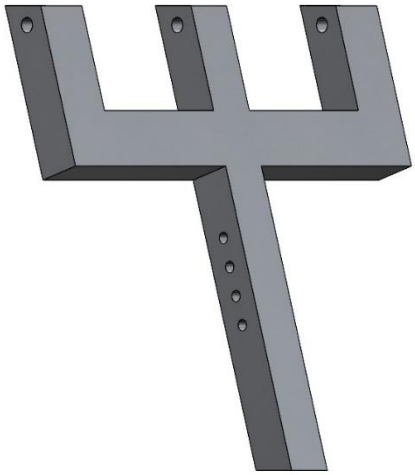


Figur 17. Koncept A1E2 sett från sidan och placerad på den befintliga stommen.

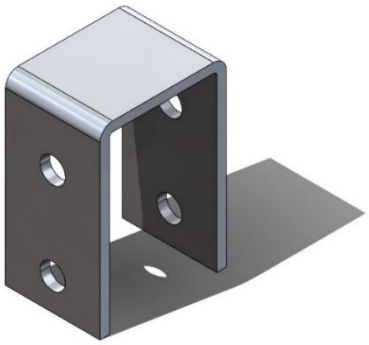


Figur 18. Närmre bild på justeringslösning av lutning på sitsen och ryggstödet, koncept A1E2.

Figur 19 och 20, visar en ny variant av mittenstolpen till konceptet A1E2 efter feedback från uppdragsgivare och den U-profil som placeras mellan sitsens och stolparna.



Figur 19. Ny tredelad stolpe som passar i den befintliga stommen.



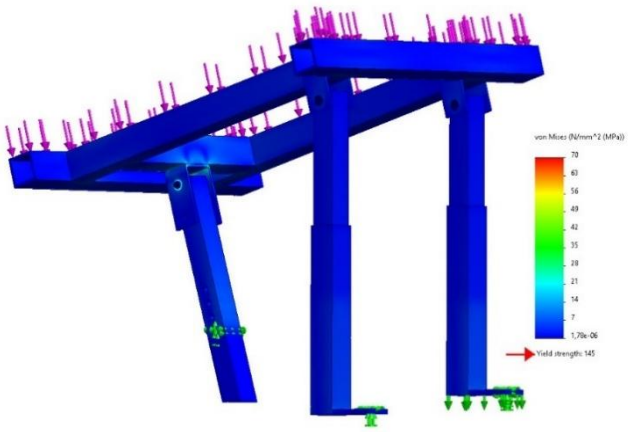
Figur 20. U-profil som placeras mellan sitsen och stolparna ner till stommen. Samma profil används vid samtliga tre ställen, därav två par hål.

3.4.2 FEM-analys

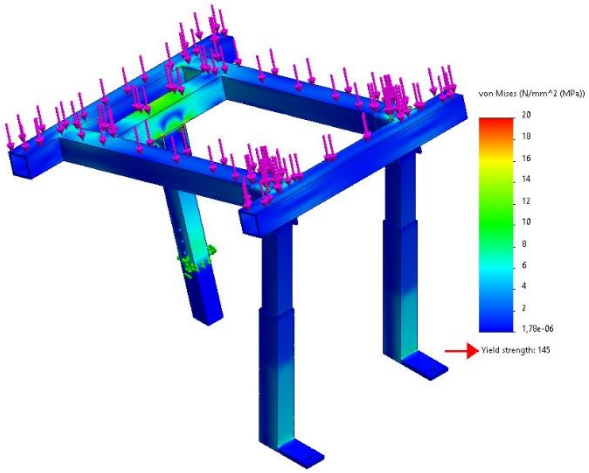
Nedför presenteras resultatet av FEM-analyserna. Konstruktionen har tilldelats en färgskala som beskriver hur mycket spänning som uppstår på det belastade området. Skalan är inställd till att vid belastning högre än 70 MPa närmar sig eller uppnås en röd färg, vid analys av sits. Vid analys av ryggstöd är skalan inställd på 145 MPa. Dessa områden benämns som kritiska och kan vara relevanta att se närmre på, även fast områden håller sig långt under sträckgränsen på 145 MPa.

FEM 1, en mittenstolpe: Figur 21 är resultatet av en belastning på 1620 N fördelat över sitsen. Konstruktionen uppnår inte sträckgränsen på 145 MPa och ingen plastisk deformation sker. De områden och komponenter som uppnår en högre spänning och bör ses över är, U-profilerna som är i hopsättningen mellan sitsen och stolparna ner till stommen. Mest utsatt är den U-profil som används vid mittenstolpen, en spänning på 53 MPa. Övriga områden som uppnår högre spänning och tar mycket belastning

är ovansidan av mittenbalken, framsidan samt låsningen på mittenstolpen. För att se detta tydligare, sänks skalan till 20 MPa, se Figur 22.

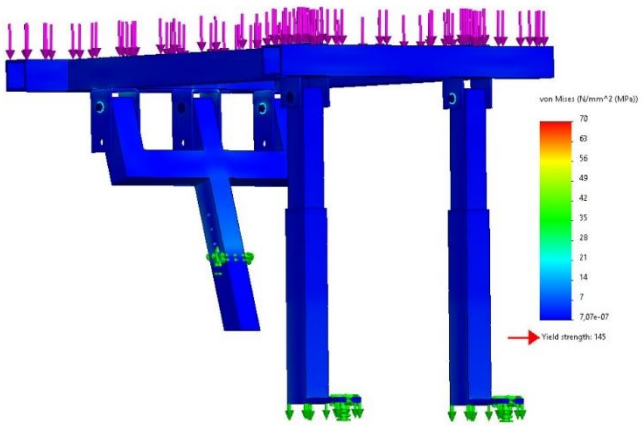


Figur 21. FEM-analys på sitsen med enkel stolpe, en belastning på 1620 N och färgskala satt till 70 MPa.

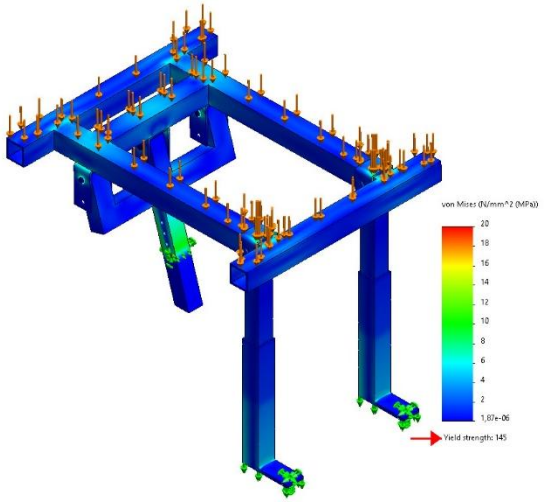


Figur 22. FEM-analys på sitsen med enkel stolpe, en belastning på 1620 N och färgskala satt till 20 MPa.

FEM 2, tredelad mittenstolpe: Vid användning av en tredelad stolpe med tre U-profiler och låsningar, uppnås en lägre spänning kring U-profilerna – 19,9 MPa, se Figur 23. Vid nedsänkning av skalan till 20 MPa, Figur 24, syns det att mittenbalken uppnår en lägre spänning och en ökning på mittenstolpen har skett. En spänning på 11,9 MPa utmätts vilket fortfarande är långt under sträckgränsen 145 MPa.

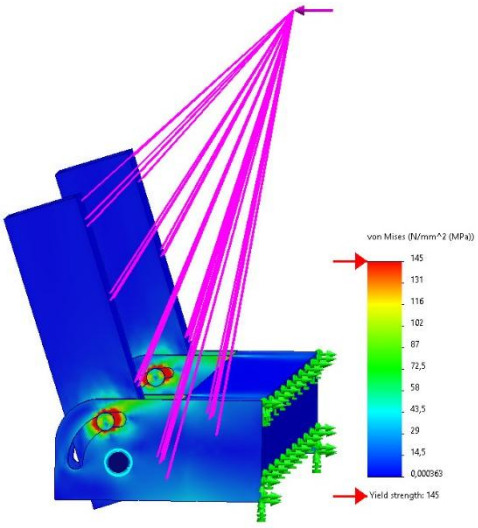


Figur 23. FEM-analys på sitsen med tredelad stolpe, en belastning på 1620 N och färgskala satt till 70 MPa.

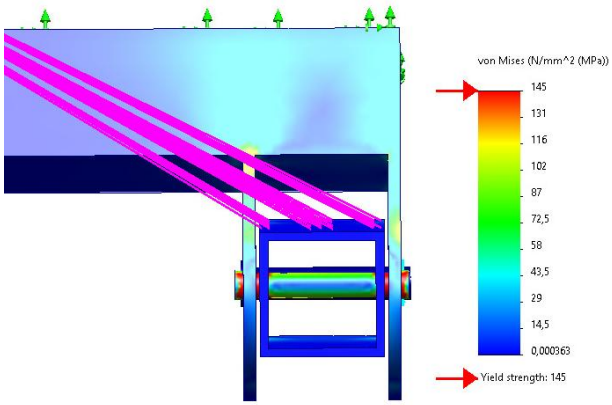


Figur 24. FEM-analys på sitsen med tredelad stolpe, en belastning på 1620 N och färgskala satt till 20 MPa.

FEM 3, ryggstödet 50% last: Det område som upptäckts, se Figur 25 och 26, som kritiskt och kan behöva vidta åtgärder är där snabbkopplingslåset ska låsas och hålla fast lutningen av ryggstödet. Pinnen uppnår en spänning på 174 MPa vilket är över sträckgränsen. Dimensionen av denna låspinne är för tillfället på 6 mm och det har inte tagits någon hänsyn till att materialet i den kan vara ett annat än aluminium i verklig produkt. Även spårprofilen är ett kritiskt område, den är konstruerad i en 3 mm tjock plåt och uppnår likt fyrkantsröret en spänning på 173 MPa.



Figur 25. FEM-analys på ryggstödet med en belastning på 810 N och färgskala satt till 145 MPa.



Figur 26. FEM-analys på ryggstödet, bild på konstruktionen ovanifrån.

3.4.3 Riskanalys

I Bilaga 12, finns Tabell 12.1 som är en riskanalys av slutkonceptet A1E2. Riskanalysen består av risker och fel med komponenter och för användare. Analysen är en första omgång och bör beaktas vid vidareutveckling av konceptet, samt att en ny riskanalys bör genomföras på nytt vid vidareutveckling av konceptet.

3.4.4 Produktsammanställning

Tabell 15. Produktens komponenter uppdelade efter standard eller unika delar, samt ett förslag på lösning.

Komponent	Standard/Unik	Förslag och beskrivning
Framstolpe övre x2	Standard	25x25x3mm fyrkantsrör/stänger, aluminium, borrat hål
Framstolpe nedre x2	Unik	30x30x3mm fyrkantsrör, aluminium, men påsvetsad profil för låsning
Mittenstolpe	Unik	Aluminium
Sitsen	Standard	30x30x3mm fyrkantsrör, aluminium, svetsas samman
U-profiler	Standard/Unik	Aluminium, borrat hål, eventuellt förlängning av höjd
Ryggstöd övre-rör x2	Standard	30x30x3mm fyrkantsrör eller rundstänger, aluminium
Ryggstöd nedre-rör x2	Standard	30x30x3 fyrkantsrör, aluminium, borrat hål
Spårprofil	Unik	Aluminium
Låsningar	Standard	Cykelsadellås/Snabbkoppling
Remmar/spännen	Standard	Snowboardbindning
Sitsen dyna	Standard	Åkmadrass
Ryggen dyna	Standard	Åkmadrass
Skena mellan ryggstöd	Unik	
Fotstöd	Unik	Aluminium

I Tabell 15 kan en komponent ha angivits som standard om enbart en mindre ändring skett exempelvis i form av borttagning av material. Övriga komponenter stänger/pins, skruvar och muttrar har i modellering bestått av M6 och M8 i storlek.

4 Diskussion

4.1 Resultatdiskussion

Målet med arbetet var att ta fram ett koncept på en sittande del – stukad som går att använda på en befintlig stomme, vilket uppfylls genom det slutliga konceptet – A1E2. Konceptet har anpassningsmöjligheter och justeras med hjälp av höj- och sänkbara stolpar, spårprofiler och snabbkopplingslås. Eftersom ett koncept framtagits som går att arbeta vidare med finns potential att uppnå syftet fullt ut med en ökad möjligheten till att fler kan utöva aktiviteten längdskidåkning, samt bidra till regelbunden fysik aktivitet oavsett förutsättningar. I bakgrunden till arbetet finns det beskrivet om ett behov att skapa en produkt som är anpassningsbar, lätthanterligt, tillgänglig och till ett rimligt pris. Inga material eller tillverkningskostnader har genomförts, därför finns det ingen garanti på att priset är lägre än de befintliga modellerna. Men eftersom en prioritering av att använda sig av befintligt komponenter och liknande material som stommen, finns det goda förutsättningar till att hålla nere kostnaderna. Konceptet är kompatibel med den befintliga stommen, som är såld till olika föreningar och finns till utlåning hos dem, därmed är chansen till att nå ut till rätt målgrupp större nu än innan projektet. Vilket medför att tillgängligheten kan öka tids nog, vid fortsatt arbete med produkten.

Utifrån den bakgrund som skrev inledningsvis, var det väntat att funktioner som justeringsmöjligheter och användarvänlighet skulle vara centrala. Detta bekräftades genom de datainsamlingsmetoder som genomförts, där exempelvis justering av ryggstöd och sits, lätthanterliga komponenter och justering utan verktyg blev kriterier i målspecifikationen. Däremot blev andra delar av utvecklingsarbetet inte som förväntat, det skedde en del avgränsningar under arbetets gång eftersom tiden var begränsad. En förhoppning om att utveckla hela produkten, inklusive spänne och dynor fanns vid start. Detta fick läggas åt sidan och enbart tas hänsyn till vid utveckling av konstruktionen.

Det slutliga konceptet är också utformat efter vad som sägs vara lämpligt för personer som har en nedsatt eller saknar bålstyrka, genom en KH position och ett stödjande ryggstöd [8] [9]. Detta uppfylls genom att ha skapat en sits med benen nära kroppen och justering av lutning på ryggstöd och sits. Viktigt var även att få till ett bra stöd mellan sätet och användaren, vilket uppfylls genom alla justeringsmöjligheter samt att pla-

cering för spännen är genomförbart. Under utvecklingsprocessen upptäcktes det, likt tidigare forskning [9], svårt att skapa en optimerade modellen ur två olika perspektiv – prestation och säkerhet. Konceptet är inte utformat för låg vikt och höga hastigheter, vilket är relevant vid ökad prestation. Det är utformat ur ett säkerhetsperspektiv, vilket medför en högre vikt, ökad stabilitet och därmed svårare att uppnå höga hastigheter.

För att nå ett slut koncept validerades de tre koncepten mot den målspecifikation som fanns för arbetet, de poängsattes och A1E2 uppnådde 14 poäng. De resterande koncepten resulterade i 11 respektive 8 poäng, vilket är en liten poängskillnad. Poängsättningen skedde via (+), (-) och (0), och varje kriterier hade samma betydelse poängmässigt. Det är inte fullt tillförlitligt att enbart basera beslutet på detta resultat, hade ett annat och mer prioritering/viktsmässigt poängsystem använts hade resultatet möjligtvis varit annorlunda. Därför var det lämpligt att låta uppdragsgivaren ge sin åsikt och feedback kring koncepten och därefter fastställa slutkonceptet. Att A1E2 uppnådde högts poäng är på grund av den lägre vikten, mindre i antal komponenter och att konceptet även uppfyllde önskemålet om att höja-sänk sitsen.

Resultatet av FEM-analyserna visar att konceptet klarar hållfastheten, men att det finns några områden som är kritiska och bör ses över vid vidareutveckling. Dessa områden och komponenter är U-profilerna, låsningen och spårprofilen vid ryggstödet. Vid test av den tredelande mittenstolpen, uppstod lägre spänningar eftersom belastningen fördelades ut på en större yta. Det uppstod inte lika stor punktbelastning, vilket är ett resultat som kan vara intressant att ta med till prototyptillverkning. Viktigt att nämna och att ha med vid granskning av resultat av FEM-analyserna, är att det är genomfört med ett statiskt lastfall. För att efterlikna en verklig produkt, bör framtida tester genomföras med ett dynamiskt lastfall, med relevant belastning och rätta dimensioner. Den belastning som använts på sitsen, 110kg och att ryggbelastningen konstant skulle vara 55kg, kan anses var överdrivet högt. Även monteringen, exempelvis svetsning, av komponenterna är inte med vid hållfasthetsanslysen. Detta innebär att det i verklig produkt skulle finnas mer material i dessa områden och därmed skulle kritiska punkter och områden elimineras ytterligare. Viktigt att också ha i åtanke vid granskning av FEM-resultatet är att en punkt med hög spänning kan beror på en skarp kant/hörn, låsningar i närheten av området och för stor mesh.

Vidare så avslutades arbetet med att skapa en produktsammanställning och en riskanalys. Produktsammanställningen genomfördes för att skapa en struktur inför framtida arbete, samt för att på ett tydligt sätt se hur bra önskemålet om återanvändning av befintliga komponenter uppnås. Ur sammanställningen framgår det att många komponenter går att ta in som standard och enbart modifiera genom enkla ändring, exempelvis borrat hål eller svetsad tilläggskant. Den riskanalys som genomförts är enkel och övergripande och även den kan underlätta för framtida arbete och ett sätt att veta vad som bör hanteras varsamt.

4.2 Metoddiskussion

Generellt har produktutvecklingsprocessens olika steg från Johannesson [10] fungerat bra genomgående. Det är en process som på ett strukturerat sätt ta en idé fram till ett koncept med metoder som är givande och krävande. Vissa steg i processen anses dock vara mer lämpade att utföras med flera personer inblandade, detta eftersom ett produktutvecklingsarbete till största del genomförs i en projektgrupp. Det upptäcktes främst vid utförande av konceptgenerering och konceptval, där det uppfattades som svårt att vara kreativ ensam och inte dela sina idéer och lösningar med någon annan.

Den metod som upplevdes som givande i förstudien var observationsstudien med tillhörande kommentarer. Detta gav en förståelse för hur personer hanterade produkten i dagsläget och vilka problem eller svårigheter som kan uppstå. Att använda sig av flera personer och låta de testa samma produkt, resulterade i att ett bredare perspektiv fångades in. Vid genomförandet av observationen deltog personer både med och utan funktionsnedsättning. Relevant hade varit att låta fler personer med funktionsnedsättning, den faktiska målgruppen, genomföra ett test av produkterna och uttrycka sig. Detta var svårt att genomföra eftersom snömängden och tiden var begränsad samt att ett flertal av aktuella utövare bor på annan ort. Att använda sig av åtta deltagare är en start, men för att stärka upp resultat mer, bör fler personer tillfrågas om att vara en del av framtida tester. Fler personer ger ett mer tillförlitligt resultat.

Att använda sig av en enkät som ett komplement till observationsstudien, upplevdes något överflödigt samtidigt som det var bekräftande. Enkätsvaren kunde bekräfta att samma sak som observerats även uttrycktes av deltagarna själva och genom att samla in svar via en enkät får flera personer vara med och tycka kring en produkt. Enkäten bestod främst av

öppna frågor, vilket innebar att egen formulering av svaret var tillåtet. Detta krävde att frågorna var utformade så tydligt som möjligt, men att alla deltagare tolkade frågorna rätt är inget som kan garanteras. Det går att identifiera brister i frågeformuleringarna, det upptäcktes genom skillnader i de insamlade svaren, de hade tolkat frågorna olika. Eftersom denna metod användes som komplement till observationsstudien, var det inget som påverkade resultat av datainsamlingen.

De matriser som användes vid skapandet och eliminering av koncepten, var väl användbara. Metoderna användes fullt ut och gav tydliga resultat, det var lätt att skapa kombinationer av delösningarna samt att bedömningen skedde i tydliga steg. Däremot hade en mer rättvis bedömning varit att diskutera de olika koncepten och hur de förhåller sig till varandra, i en projektgrupp. Fördelaktigt med personer inom flera olika kunskapsområden, ex. konstruktion, design och ergonomi. Detta för att få en bredare syn på hur produkterna verkligen förhåller sig tillvarandra och de krav som ställs.

Modellering av koncepten i CAD var en metod som underlättade förståelsen för hur de faktiskt fungerar. För att skapa bättre resultat och mer verklighetsbaserade hade det underlättat med fastställda dimensioner att anpassa sig till. Det hade även skapat en säkerhet kring hållfasthetsresultatet, FEM-analyserna. Att genomföra en hållfasthetsanalys för att validera konceptet och se att det är relevant att fortsätta arbeta med, var en lämplig metod i detta stadie. Det optimala sättet att validera produkten hade varit att ta fram en prototyp och testa funktionerna i verklighet. Men utvecklingsarbetet nådde inte fram till det, vilket även framgår i avgränsningarna. Att omprioritera tiden hade eventuellt kunnat ge möjlighet att skapa en mindre prototyp, för att testa och se att lösningarna fungerar som tänkt. Den tiden som lagts på förstudien och datainsamlingen hade kunnat förkortas, eftersom det var många metoder som genomfördes och resulterade i samma resultat.

För att bearbeta och analysera den kvalitativa data som samlats in tillämpades tematisk analys. Denna metod bidrog till ett strukturerarat datamaterial och det framkom tydliga teman, som även var återkommande i samtliga datainsamlingsmetoder. Metoden har dock svagheter som är viktigt att vara medveten om, att den bygger på mina subjektiva tolkningar av datamaterialet. Vilket innebär att de teman som fastställts är baserade på egna antaganden. För att minimera att det enbart är egna beslut, har kodningen genomförts med samma färgkoder i all insamlad data

och de identifierade teman har jämförts mot varandra. Den andra svagheten som finns är att vid användning av enbart kvalitativa metoder finns inget statistiskt resultat, vilket nås med kvantitativa metoder. Om arbetet pågått under längre tid hade det varit aktuellt att genomföra användartester och därmed hade kvantitativa data samlats in och skapat resultat. Däremot är det kvalitativa metoder som är mest relevant att använda sig av vid en design och produktutvecklingsprocess som denna.

4.3 Framtida utvecklingsarbete

För att uppfylla syftet fullt ut krävs det vidareutveckling av konceptet, i form av prototyptillverkning och användartester. Genom att ta fram en prototyp kan dimensioner och justeringsgrad fastställas, vilket är nästa steg för konceptet. Det är lämpligt att genomföra användartester för att se hur funktionerna och konstruktionen fungerar med rätt målgrupp och i den tänkta miljön.

Ytterligare vidarearbete som bör genomföras är att se till de mjuka delarna, spännen, dynor och fotstödet. Även material och tillverkningsmetoder bör tas hänsyn till i framtiden för att hålla ner kostnaderna och samtidigt ha en hög hållfasthet på produkten.

4.4 Slutsats

Slutsatsen för detta projekt är att det uppnått sitt mål genom ett koncept som presenteras med hjälp av en CAD-modellering. Konceptet är en stukad sitski modell som passar den befintliga stommen, den har utvecklats med fokus på justerbarhet, stabilitet och användarvänlighet. Konceptet uppfyller målspecifikationens krav och klarar hållfasthetsanalysen. Det är en konstruktion som består av justeringsmöjligheter i både sits och ryggstöd med hjälp av höj och sänkbara stolpar samt spårprofiler. Låsningen för respektive justering sker via snabbkopplingslås, som är en befintlig komponent. För att säkerställa konceptets funktioner och hållbarhet föreslås prototyptillverkning och användartester i den faktiska miljön som framtida arbete. En slutlig produkt har potential att bidra till ökad tillgänglighet inom vinteraktiviteten längdskidåkning, samt möjliggöra att den regelbundna fysiskaktiviteten oavsett förutsättningar kan öka. Arbetet är lämpligt att fortsätta vidareutveckla utifrån både tekniska och sociala hållbarhetsaspekter. Arbetet har även givit en god inblick i hur en produktutvecklingsprocess kan genomföras och dess olika utmaningar.

Referenser

[1] Folkhälsomyndigheten, ”Riktlinjer och rekommendationer för fyisk aktivitet och stillasittande,” Juli 2023. [Online]. Available: https://www.folkhalsomyndigheten.se/livsvillkor-levnadsvanor/mat-fysisk-aktivitet-overvikt-och-fetma/fysisk-aktivitet-och-stillasittande/riktlinjer-och-rekommendationer-for-fysisk-aktivitet-och-stillasittande/. [Använd 28 02 2025].

[2] ParaMe, ”Hitta träning: Längdskidor,” [Online]. Available: https://parame.se/hitta-traening/laengdskidor/. [Använd 28 02 2025].

[3] K. Lajunen, W. Rapp, J. P. Ahtianinen, S. J. Lindinger och V. Linnamo, ”Effect of sitting Posture on Sit-Skiing Economy in Non-disabled Athletes,” *Front. Sports Act. Living,* vol. 2, nr 44, April 2020.

[4] P. Jämtland-Härjedalen, *Arvfondsprojekt,* Östersund, 2024.

[5] Norway, Sitski, ”To Alternativer for langrennsløypene,” [Online]. Available: https://www.sitski.no/sittende-alpint/piggeutstyrpulk. [Använd 26 03 2025].

[6] Tessier, ”Eskaip: Lightweight and customizable Nordic sled,” [Online]. Available: https://www.tessier-adaptive-sports.com/en/eskaip-cross-country-sled-para-nordic-skiing/. [Använd 26 03 2025].

[7] Anatomic SITT, ”Zitzi Zlider - kälke,” [Online]. Available: https://anatomicsitt.com/sv/ovriga-produkter/zitzi-zlider/. [Använd 26 03 2025].

[8] M. Lund Ohlsson och M. S. Laaksonen, ”Sitting position affects performance in cross-country sit-skiing,” *Eur J Appl Physial,* vol. 117, pp. 1095-1106, April 2017.

[9] M. Lund Ohlsson, J. Danvind och L. J. Holmberg, ”Shoulder and Lower Back Joint Reaction Forces in Seated Double Poling,” *J Appl Biomech,* vol. 34, nr 5, pp. 369-376, Oktober 2018.

[10] H. Johannesson, J.-G. Persson och D. Pettersson, Produktutveckling: Effektiva metoder för konstruktion och design, 2:a red., Stockholm: Liber AB, 2013.

[11] M. Gustavsson och K. Säftsten, Forskningsmetodik 2.0: För ingenjörer och andra problemlösare, 2:1 red., Lund: Studentlitteratur AB, 2023.

[12] IDEO, *IDEO Method Cards.*

[13] Cykloteket, ”Sadelstolpsklämmor: Cube RFR Seat post clamp with quick release Blacknnnred,” [Online]. Available: https://www.cykloteket.se/sv/articles/2.676.100429/cube-rfr-seat-post-clamp-with-quick-release-blacknnnred. [Använd 14 04 2025].

[14] Wiberger, ”Ställbara låsspakar,” [Online]. Available: https://www.wiberger.se/kategori/spakar. [Använd 14 04 2025].

[15] Sunrisemedical, ”Sportrullstolar,” [Online]. Available: https://www.sunrisemedical.se/sports/rgk/sports-wheelchairs. [Använd 14 04 2025].

[16] EDEY FX, ”SITSKI,” [Online]. Available: https://edeyfx.com/project/sit-ski/. [Använd 14 04 2025].

[17] K. Björk, Formler och tabeller för mekanisk konstruktion, 9 red., Karl Björks Förlag HB.

[18] Alumeco, ”Produkter: Aluminium,” [Online]. Available: https://www.alumeco.se/produkter/aluminium/m. [Använd 10 05 2025].

[19] Y. Tian, X. Chen, Y. Liu, S. Gang, Z. Zhou, C. Liu och B. Huo, ”Effects of poling camber angle on the biomechanics of cross-country sit-skiing.,” *Sci Rep,* vol. 13, 28 November 2023.

[20] R. A. Cooper och A. J. De Luigi, ”Adaptive Sports Technology and Biomechanics: Wheelchairs,” *PM&R,* vol. 6, pp. S31-S39, 16 Augusti 2014.

[21] JS Adaptive Sports, *How to adjust JS Adaptive Sports Adjustable sit ski Frame,* 2024.

[22] GRABCAD COMMUNITY, ”Library- seat clmap,” [Online]. Available: https://grabcad.com/library?page=1&time=all_time&sort=recent&query=seat%20clamp.

[23] SmartGroup, ”Spike Snow,” [Online]. Available: https://smartgroup.no/produkt/spike-snow/. [Använd 26 03 2025].

[24] Enabling Technologies, ”Cross country sit ski,” [Online]. Available: https://enablingtech.com/collections/cross-country-sit-ski. [Använd 26 03 2025].

[25] JS Adaptive sports, ”Nordic Sit Ski - Fixed Frame,” [Online]. Available: https://www.jsadaptivesports.com/products/p/fullfixedsitski. [Använd 26 03 2025].

Bilagor

Bilaga 1 – Informationsblad T-Rulle AB
Bilaga 2 – Befintlig stomme
Bilaga 3 – Befintliga modeller
Bilaga 4 – Enkätfrågor
Bilaga 5 – Intervjuguide
Bilaga 6 – Informationsbrev, Observationsstudie
Bilaga 7 – Informationsbrev, Intervju
Bilaga 8 – Marknadsanalys
Bilaga 9 – Sammanställning tematiskanalys, Intervju
Bilaga 10 – Skisser
Bilaga 11 – Skisser, Tre koncept
Bilaga 12 – Riskanalys

Bilaga 1. Informationsblad T-Rulle AB

T-Rulle AB

T-Rulle 1 Knästående sitski

T-Rulle 1 är framtagen för att få den mest effektiva skidåkningen. Man har i studier av sittpositioner konstaterat att det mest effektiva vid sitskiåkning är knästående med knäna lägre än höftleden, vilket är den position som används av de flesta skidåkare i dagsläget. För att kunna använda sitskin måste åkaren ha bra bålstabilitet.

T-Rulle 1 ska kunna användas av de flesta åkare genom att den går att justera efter åkarens längd. Den tål de påfrestningar som uppstår under åkning och det går att spänna fast ben och höft på ett sätt som ger bra åkkänsla. I dagsläget monteras bindningarna på skidor med Rottefella NIS-platta.

T-Rulle 1 kan även användas vid:

- Skridskoåkning
- Rullskidåkning

T-Rulle AB
Ödland 185
83293 Frösön
Org. nr.: 559488–0949
Godkänd för F-skatt
Leif Danielsson 073-816 44 00
Simon Hedström 073-066 30 54

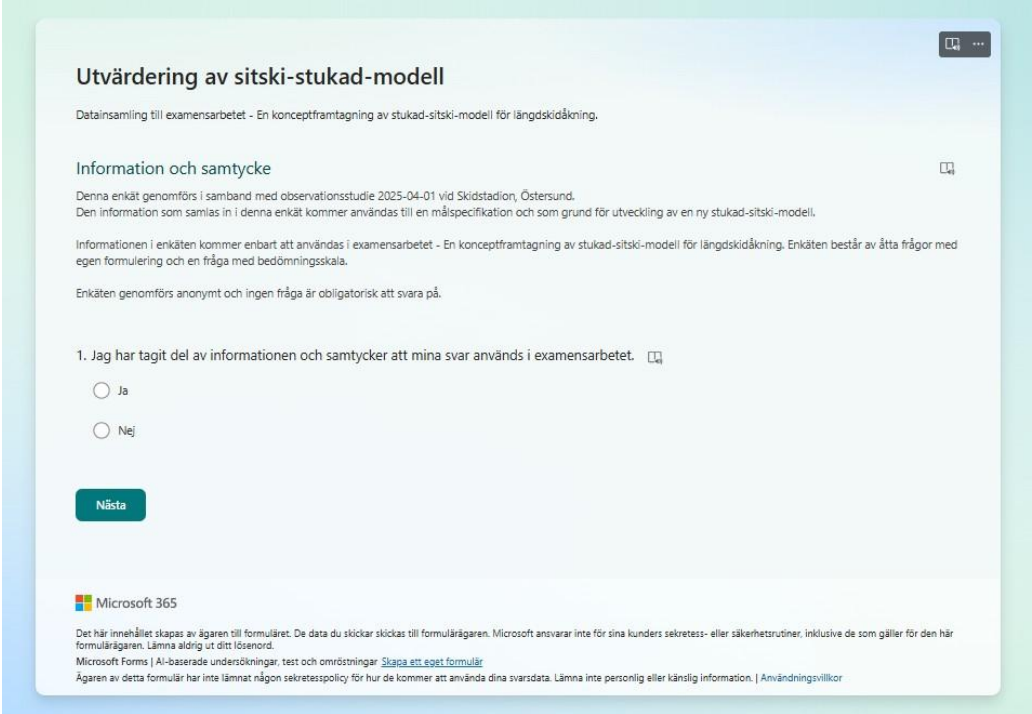
Bilaga 2. Befintlig stomme

Bilaga 3. Befintliga modeller

Figur 3.1. Befintlig sitski-modell, vid namn S.

Figur 3.2. Befintlig sitski-modell, vid namn Eskaip från företaget Tessier. Benämns som T.

Bilaga 4. Enkätfrågor



Utvärdering av sitski-stukad-modell

Datainsamling till examensarbetet - En konceptframtagning av stukad-sitski-modell för längdskidåkning.

Information och samtycke

Denna enkät genomförs i samband med observationsstudie 2025-04-01 vid Skidstadion, Östersund.
Den information som samlas in i denna enkät kommer användas till en målspecifikation och som grund för utveckling av en ny stukad-sitski-modell.

Informationen i enkäten kommer enbart att användas i examensarbetet - En konceptframtagning av stukad-sitski-modell för längdskidåkning. Enkäten består av åtta frågor med egen formulering och en fråga med bedömningsskala.

Enkäten genomförs anonymt och ingen fråga är obligatorisk att svara på.

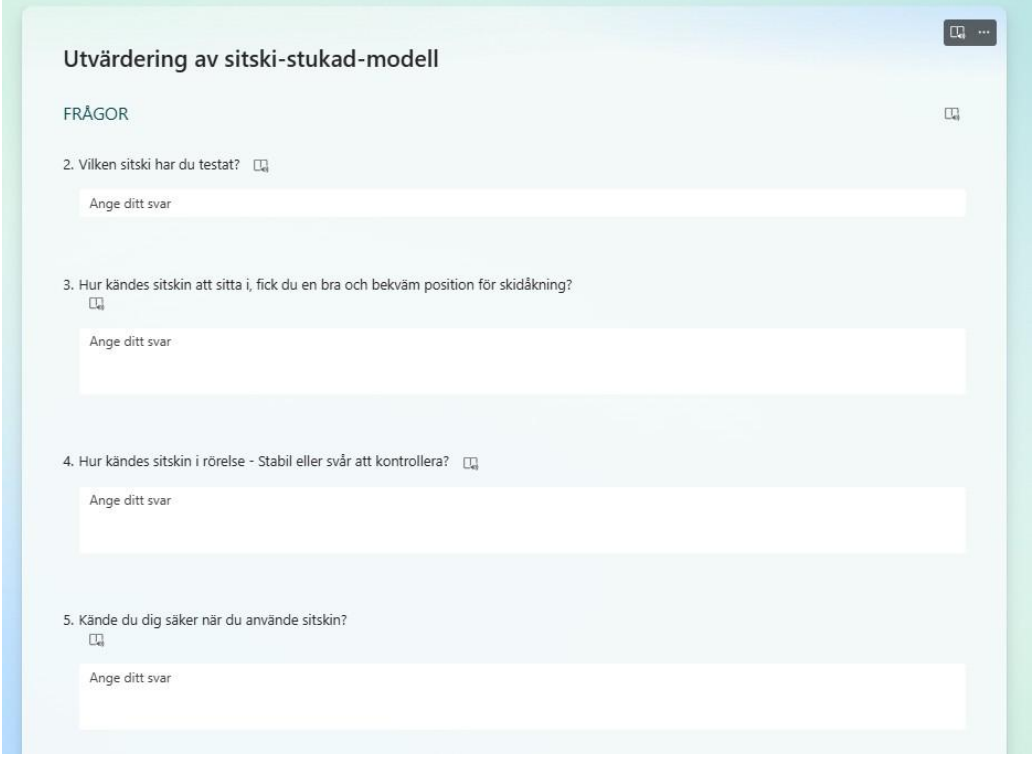
1. Jag har tagit del av informationen och samtycker att mina svar används i examensarbetet.

- ◯ Ja
- ◯ Nej

Nästa

Microsoft 365

Det här innehållet skapas av ägaren till formuläret. De data du skickar skickas till formulärägaren. Microsoft ansvarar inte för sina kunders sekretess- eller säkerhetsrutiner, inklusive de som gäller för den här formulärägaren. Lämna aldrig ut ditt lösenord.
Microsoft Forms | AI-baserade undersökningar, test och omröstningar Skapa ett eget formulär
Ägaren av detta formulär har inte lämnat någon sekretesspolicy för hur de kommer att använda dina svarsdata. Lämna inte personlig eller känslig information. | Användningsvillkor



Utvärdering av sitski-stukad-modell

FRÅGOR

2. Vilken sitski har du testat?

Ange ditt svar

3. Hur kändes sitskin att sitta i, fick du en bra och bekväm position för skidåkning?

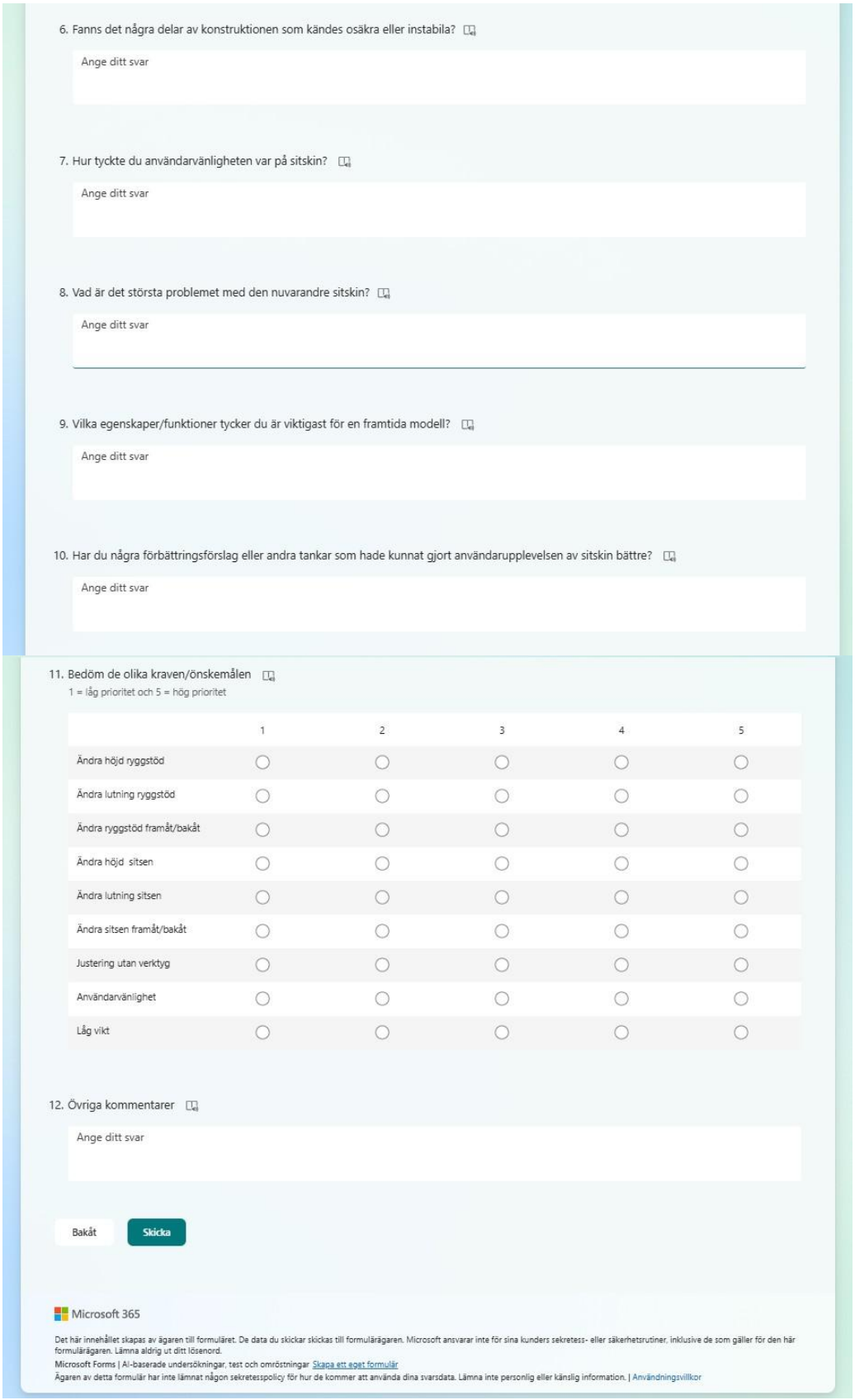
Ange ditt svar

4. Hur kändes sitskin i rörelse - Stabil eller svår att kontrollera?

Ange ditt svar

5. Kände du dig säker när du använde sitskin?

Ange ditt svar



6. Fanns det några delar av konstruktionen som kändes osäkra eller instabila?

Ange ditt svar

7. Hur tyckte du användarvänligheten var på sitskin?

Ange ditt svar

8. Vad är det största problemet med den nuvarandre sitskin?

Ange ditt svar

9. Vilka egenskaper/funktioner tycker du är viktigast för en framtida modell?

Ange ditt svar

10. Har du några förbättringsförslag eller andra tankar som hade kunnat gjort användarupplevelsen av sitskin bättre?

Ange ditt svar

11. Bedöm de olika kraven/önskemålen

1 = låg prioritet och 5 = hög prioritet

	1	2	3	4	5
Ändra höjd ryggstöd	○	○	○	○	○
Ändra lutning ryggstöd	○	○	○	○	○
Ändra ryggstöd framåt/bakåt	○	○	○	○	○
Ändra höjd sitsen	○	○	○	○	○
Ändra lutning sitsen	○	○	○	○	○
Ändra sitsen framåt/bakåt	○	○	○	○	○
Justering utan verktyg	○	○	○	○	○
Användarvänlighet	○	○	○	○	○
Låg vikt	○	○	○	○	○

12. Övriga kommentarer

Ange ditt svar

Bakåt Skicka

Microsoft 365

Det här innehållet skapas av ägaren till formuläret. De data du skickar skickas till formulärägaren. Microsoft ansvarar inte för sina kunders sekretess- eller säkerhetsrutiner, inklusive de som gäller för den här formulärägaren. Lämna aldrig ut ditt lösenord.

Microsoft Forms | AI-baserade undersökningar, test och omröstningar Skapa ett eget formulär

Ägaren av detta formulär har inte lämnat någon sekretesspolicy för hur de kommer att använda dina svarsdata. Lämna inte personlig eller känslig information. | Användningsvillkor

Bilaga 5. Intervjuguide

Intervjuguide – Utformning av sittande del/stukad till sitski-längdåkning

Intervju med *xxxx,* för att samla in data om krav och önskemål till en målspecifikation.
Tid och plats för intervjun var, xxx och xxx.

Allmänt kring behov och krav

- Vilka behov och krav ser du på en sittande modell för längdskidåkning i sitski?
- Finns det delar i de nuvarande modellerna du upplever som klumpiga, obekväma eller svåranvända?

Form och design - Ryggstöd och sittplatta

- Vilka justeringar eller förändringar anser du bör vara möjliga med ryggstödet?
- Hur tycker du att sittplattans utformning bör kunna justeras?
- Hur mycket stöd behöver du från rygg och sidor när du åker?
- Jag har förstått att lutning är viktigt att kunna anpassa, men hur är det med höjden av ett ryggstöd?
- Vill du kunna röra dig fritt i överkroppen eller sitta mer fastlåst?
- Hur viktigt är det med vadderingen ~~eller de ergonomiska formerna~~?
- Hur tycker du att den sittande delen bör anpassas för att passa olika kroppslängder eller vikt?
- Är det viktigt för dig att kunna göra justeringar utan verktyg? Varför?
- För att anpassa den till sig, hur mycket ändringar ska genomföras? Eller är målet är att den från början är optimal för alla personer?

Fixering

- Vad föredrar du för fixering vid sidorna – kantstöd eller bara spänne? Varför?
- Hur tänker du kring antal remmar/spännen? Placering av dessa?

Stabilitet och sittposition

- Hur högt från marken kan man sitta utan att stabiliteten påverkas negativt?
- Har du erfarenheter av att olika höjder påverkar tekniken, säkerheten eller känslan?

Benens position och komfort

- Tycker du att benen bör placeras rakt fram eller nedåt – och varför?
- Hur påverkar benpositionen din åkning?

Konstruktion

- Hur ser du att den sittande delen ska monteras på den befintliga stommen?
- Vad tycker du om materialval – är låg vikt viktigare än stabilitet, eller tvärtom?

Reflektioner från observationsstudien

- Jag har funderat på att 40 cm kan vara en lämplig höjd – ur upplever du det?
- Du nämnde något om att positionen på benen påverkas av terrängen – vill du utveckla det?

Övriga frågor

- Har du egna idéer på hur en förbättrad sitt-del skulle kunna se ut?

Bilaga 6. Informationsbrev, Observationsstudie

Information till forskningspersoner

Jag vill fråga dig om du vill delta i ett examensarbete som genomförs av en student på kandidatnivå. I det här dokumentet får du information om projektet och om vad det innebär att delta.

Vad är det för ett projekt och varför vill jag att du ska delta?

Examensarbetet genomförs vid Mittuniversitetet, Institutionen för ingenjörsvetenskap, matematik och ämnesdidaktik.

Examensarbetet genomförs tillsammans med Parasportförbundet och T-rulle AB, där målet är att ta fram ett koncept på en stukad (sittande) modell som går att använda på en redan befintlig stomme för en knästående sitski. Vilket kommer resultera i en kombinerad modell av knästående-, samt stukad sitski.

Att jag söker ditt deltagande är för att du kan ha värdefulla insikter till utvecklingen av produkten. Din feedback kommer vara en viktig del i framtagningen av en målspecifikation samt vara en del av grunden för utvecklingen av den nya modellen.

Hur går projektet till?

Deltagandet i detta projekt innebär att vara en del av en observationsstudie och besvara en enkät. Du som deltagare får prova att använda en befintlig stukad-sitski-modell och jag (testledare) studera utförandet. Under och efter utförandet vill jag även ta del av din upplevelse/känsla och dina synpunkter, därför kommer frågor att ställas och önskas besvaras. Insamlad information från observationen kommer att sparas genom skriftliga anteckningar och eventuellt illustrationer. För att samla ytterligare information, kommer du få fylla i en enkät efter avslutad observationsstudie.

Syftet med observationsstudien är att samla in användares upplevelser och synpunkter kring dagens stukad-sitski och genom att delta kommer du att hjälpa till att skapa en sitski som bättre möter användarnas behov.

Av dig som deltagare, förväntar jag mig att du är villig att dela med dig av din upplevelse – där både positiva och negativa synpunkter är välkomna. Studien kommer genomföras en gång och tidsåtgången är ca 30 minuter. Platsen är Skidstadion, Östersund.

Möjliga följder och risker med att delta i projektet

De risker som finns med att delta i studien är att det kan upplevas ovant att sitta fast med benen vid utförandet samt att en risk för att trilla finns. Risken för att skada sig är liten, detta för att både underlag och hastighet kommer att anpassas. Studien utförs på planmark vid skidstadion och med låga hastigheter, samt att erfarna personer inom området kommer finnas på plats.

Under observationsstudien kommer alltid testledare finnas med och ha uppsikt på testpersonen samt agera om något skulle inträffa.

Ingen försäkring kommer att tecknas vid studien, utan deltagare ansvarar för det själv.

Vad händer med dina resultat?

De synpunkter som du delat med dig av vid observationsstudien och vid enkäten kommer jämföras mot övriga deltagare som genomfört samma studie, samt vara en del av målspecifikationen. Informationen kommer inte vara kopplade till dig som person och därför kommer inga personuppgifter samlas in.

Resultaten får bara användas på det sätt som är beskrivet ovan och som du har gett muntligt samtycke till.

Hur får du information om resultatet av projektet?

Deltagare kan ta del av hela projektets resultat vid avslutat och godkänt examensarbete, via Digitala Vetenskapliga Arkivet (DiVA).

Deltagandet är frivilligt

Ditt deltagande är frivilligt och du kan när som helst välja att avbryta deltagandet. Om du vill avbryta ditt deltagande behöver du inte uppge varför.

Om du vill avbryta ditt deltagande ska du kontakta den ansvariga för projektet (se nedan).

Ansvariga för studentarbetet

Ansvarig för projektet är Hannah Carlsson, 0703888228 och haka2205@student.miun.se.

Bilaga 7. Informationsbrev, Intervju

Information till forskningspersoner

Jag vill fråga dig om du vill delta i ett examensarbete som genomförs av en student på kandidatnivå. I det här dokumentet får du information om projektet och om vad det innebär att delta.

Vad är det för ett projekt och varför vill jag att du ska delta?

Examensarbetet genomförs vid Mittuniversitetet, Institutionen för ingenjörsvetenskap, matematik och ämnesdidaktik.

Examensarbetet genomförs tillsammans med Parasportförbundet och T-rulle AB, där målet är att ta fram ett koncept på en stukad (sittande) modell som går att använda på en redan befintlig stomme för en knästående sitski. Vilket kommer resultera i en kombinerad modell av knästående-, samt stukad sitski.

Att jag söker ditt deltagande är för att du kan ha värdefulla insikter till utvecklingen av produkten. Din feedback kommer vara en viktig del i framtagningen av en målspecifikation samt vara en del av grunden för utvecklingen av den nya modellen.

Hur går projektet till?

Deltagandet i detta projekt innebär att delta i en intervju.

Syftet med intervjun är att samla in information om krav och önskemål för en utveckling av en stukad-sitski-modell. Av dig som deltagare, förväntar jag mig att du är villig att dela med dig av dina synpunkter, både positiva och negativa samt på befintlig och framtida modell. Studien kommer genomföras en gång och tidsåtgången är ca 60 minuter. Platsen är Skidstadion, Östersund.

Vad händer med dina resultat?

De synpunkter som du delat med dig av vid intervjun kommer vara en del av målspecifikationen. Informationen kommer inte vara kopplade till dig som person och därför kommer inga personuppgifter samlas in.

Resultaten får bara användas på det sätt som är beskrivet ovan och som du har gett muntligt samtycke till.

Hur får du information om resultatet av projektet?

Deltagare kan ta del av hela projektets resultat vid avslutat och godkänt examensarbete, via Digitala Vetenskapliga Arkivet (DiVA).

Deltagandet är frivilligt

Ditt deltagande är frivilligt och du kan när som helst välja att avbryta deltagandet. Om du vill avbryta ditt deltagande behöver du inte uppge varför.

Om du vill avbryta ditt deltagande ska du kontakta den ansvariga för projektet (se nedan).

Ansvariga för studentarbetet

Ansvarig för projektet är Hannah Carlsson, 0703888228 och haka2205@student.miun.se.

Bilaga 8. Marknadsanalys

Tabell 8.1. Marknadsanalys över befintliga produkter, där en tematisk analys har genomförts.

Tema ↓ Produkt →	Zlider [7]	Spike Snow [22]	SNN Flexikjelke [5]	Eskaip (Tessier) [6]	Enabling Technologies [23]	JS Adaptiv Sports [24]	Sammanställning
Anpassning	Sisten-justerbar vinkel och höjd Vinkel sitsen – 13 till + 23 grader Fotstöd justera längden från sitsen till fotplattan	Sitsen- justera vinkel, höjd och bredd Vinkel sitsen -19 till -37 grader. Fotstöd-justera efter benlängd Höjden, 30–40 cm	Sitsen, justera framåt/bakåt, Sittvinkel, lutning 30 grader Fotstöd, justera efter utövarens längd Ryggvinkel, lutning 80–110 grader	Sitsen, justering av höjd och vinkel Fotstöd, 3 lägen, kort standard och lång Ryggstödet - justering av vinkel	Ingen efter tillverkning	Sitsen, lutning/stigning 20 grader Sitsen – justering av höjden	Justering av sits och ryggstöd finns nästintill på samtliga modeller Justering av fotstöd är vanligt – dock på längden, eftersom modellerna är uppbyggda med benen framåt
Användarvänlighet	Delvis utan verktyg	Justering måste ske med verktyg	Justering måste ske med verktyg	Justering måste ske med verktyg	Inget att justera	Justering måste ske med verktyg	Nästintill all justering på samtliga modeller sker med verktyg
Materialval och vikt	Sitsen av material som ger hög komfort och tryckavlastning	Sitsen – mjukt material = minskar risk för skav och trycksår	Vikt 6kg Material i ramen– aluminium	Vikt 4,9 kg Ramen– aluminium	Information saknas	Vikt ca 4,5kg	Vanligt material i en sitskistomme är aluminium och en medelvikt på 5,1kg

Bilaga 8 - Marknadsanalys

	Vikt 11kg Konstruktionen – aluminium	Vikt 5,1kg Konstruktionen – aluminium					
Övrig kommentar	Sisten är i olika storlekar - måste bytas och väljas efter utövare Modell där benen är fram	Saknas ryggstöd på originalmodellen Modell där benen är framåt	Modell där benen är framåt	Sitsen i två storlekar S och L, som går att kombinera med andra sitsar från Tessier Modell där benen är framåt	Fasta stommar, som anpassas redan vid tillverkningen		De flesta modeller på marknaden idag, har benen framåt Sitsen byts ut efter person/kroppsstorlek

Bilaga 9. Sammanställning tematiskanalys, Intervju

Tema som upptäcks i svaren från intervjun:

- **Konstruktion:** hur ska produkten utformas, åsikter kring uppbyggnaden, materialet och vikten.
- **Justeringar:** vilka justeringar ska finnas och på vilka sätt bör produkten kunna anpassas.
- **Kroppen:** hur påverkas kroppen och vad behöver den för stöd av produkten.

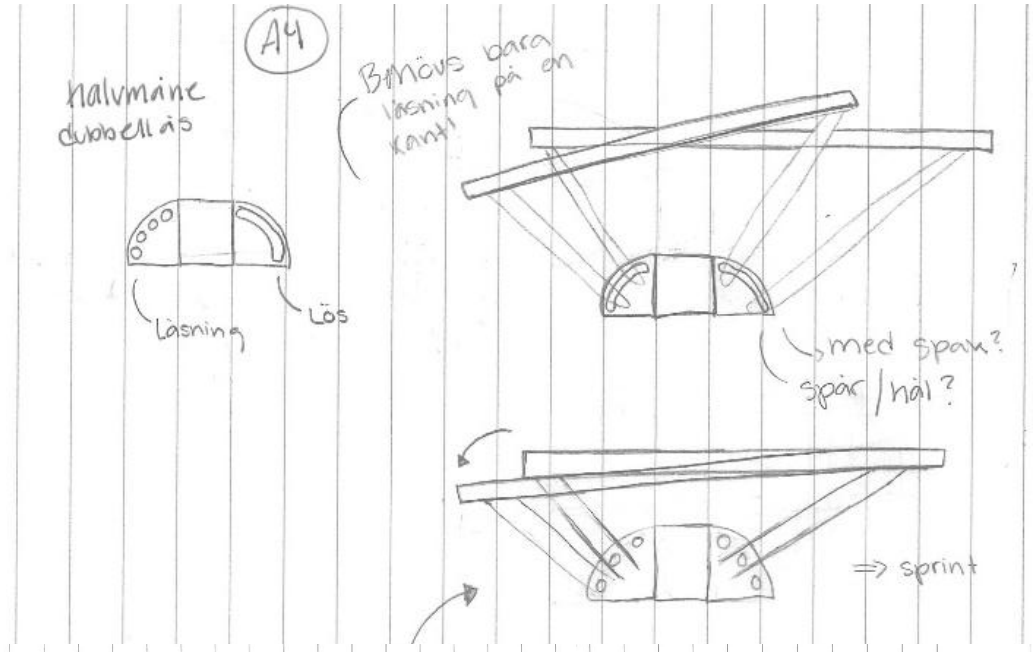
Tabell 9.1. En sammanställning över den intervju som genomförts, där teman identifierats.

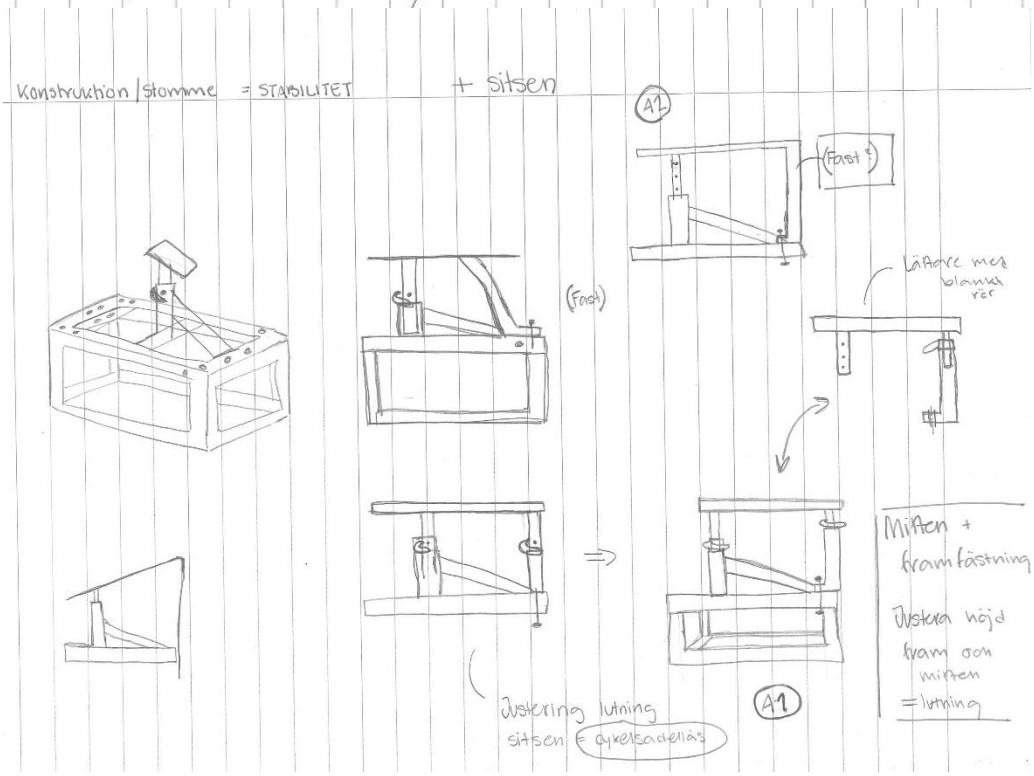
Tema	Sammanställning
Konstruktion	Viktigt att tillverka en stabil stomme (krav 2), som står emot både vridning och böjning från olika håll. Använda samma fästning som den knästående har i stommen. Viktigt att få till en bra grundkonstruktion, som uppfyller syftet och inte att den har en lätt vikt. Höjden ska gå att justera eller i alla fall uppnå 45 cm. Återanvända lämpliga komponenter som finns på olika lämpliga produkter idag.
Justeringar	Måste finnas (krav 1) justeringsmöjligheter, ändra lutning i ryggstöd och sits, höja/sänka fotstöd och ryggstöd. Önskemål som ska beaktas, flytt av ryggstöd efter ram, fotstöd rakt ner, fast knäna och höja sitsen.

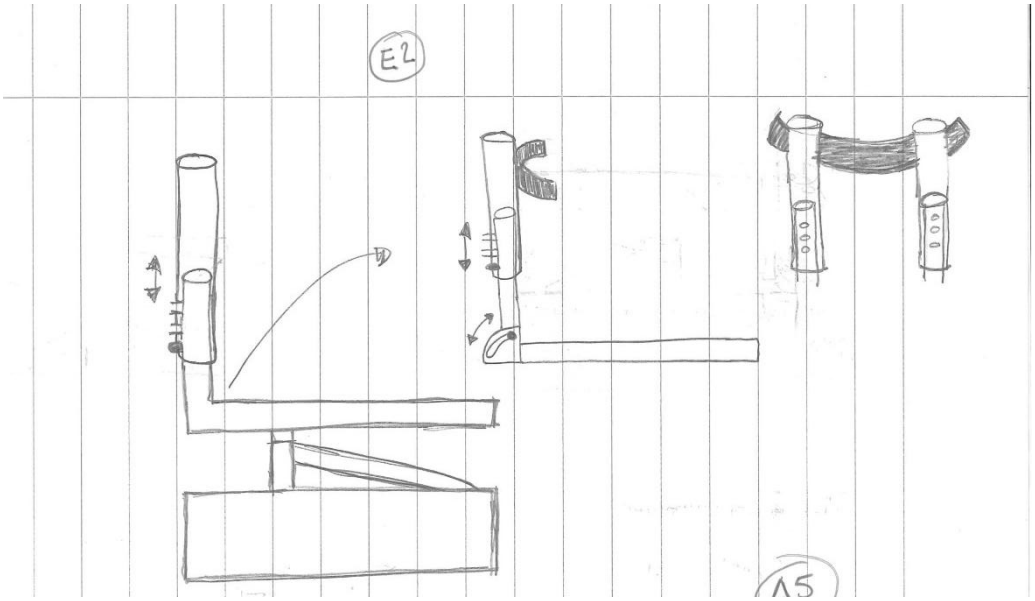
Bilaga 9 – Sammanställning tematiskanalys, Intervju

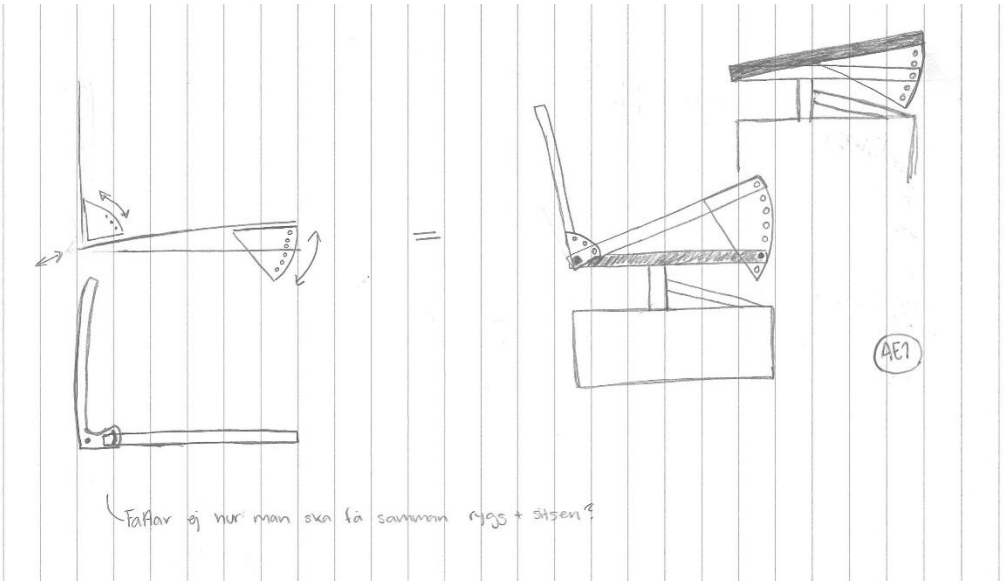
	Justeringar ska ske utan verktyg (krav 3), för att kunna anpassas under användning - ökar användarvänligheten. Modellen ska vara simpel och passa så många som möjligt, anpassningar ska ske med spännen och justeringar. Snowboardbindning/spänne vid - höft, lår, knä och fot Inga formgjorda komponenter, det kommer inte fungera för alla och kostnaden blir hög.
Kroppen	Ett spänne vid knäna borde finnas för att kunna utföra rörelse/kraft med benen/underkroppen. Fri i överkroppen, för att kunna utföra bra armrörelser - inte spänne över bröstet. Samt att andningen fungerar bra. Benen i sittposition, nedåt. Viktigt att kunna justera höjden - variation hur man vill ha det vid olika terräng och för varje individ.

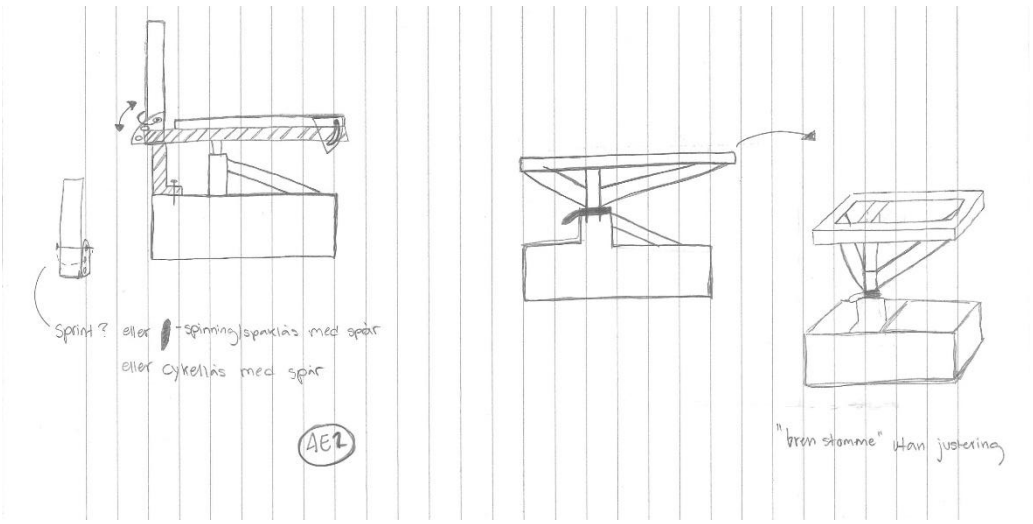
Bilaga 10. Skisser

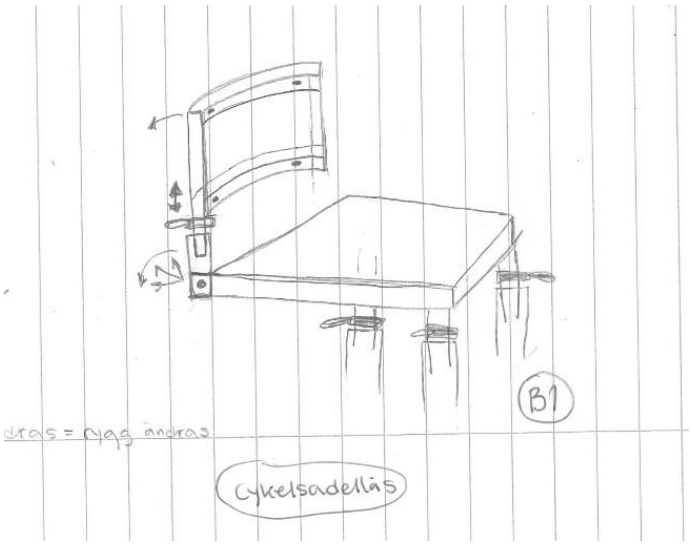




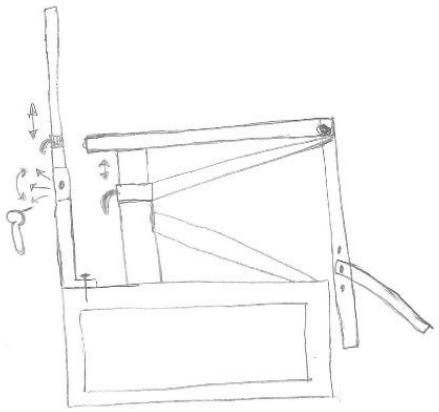

E2
A5


=
AE1
Fattar ej hur man ska få samman ryggs + sitsen?

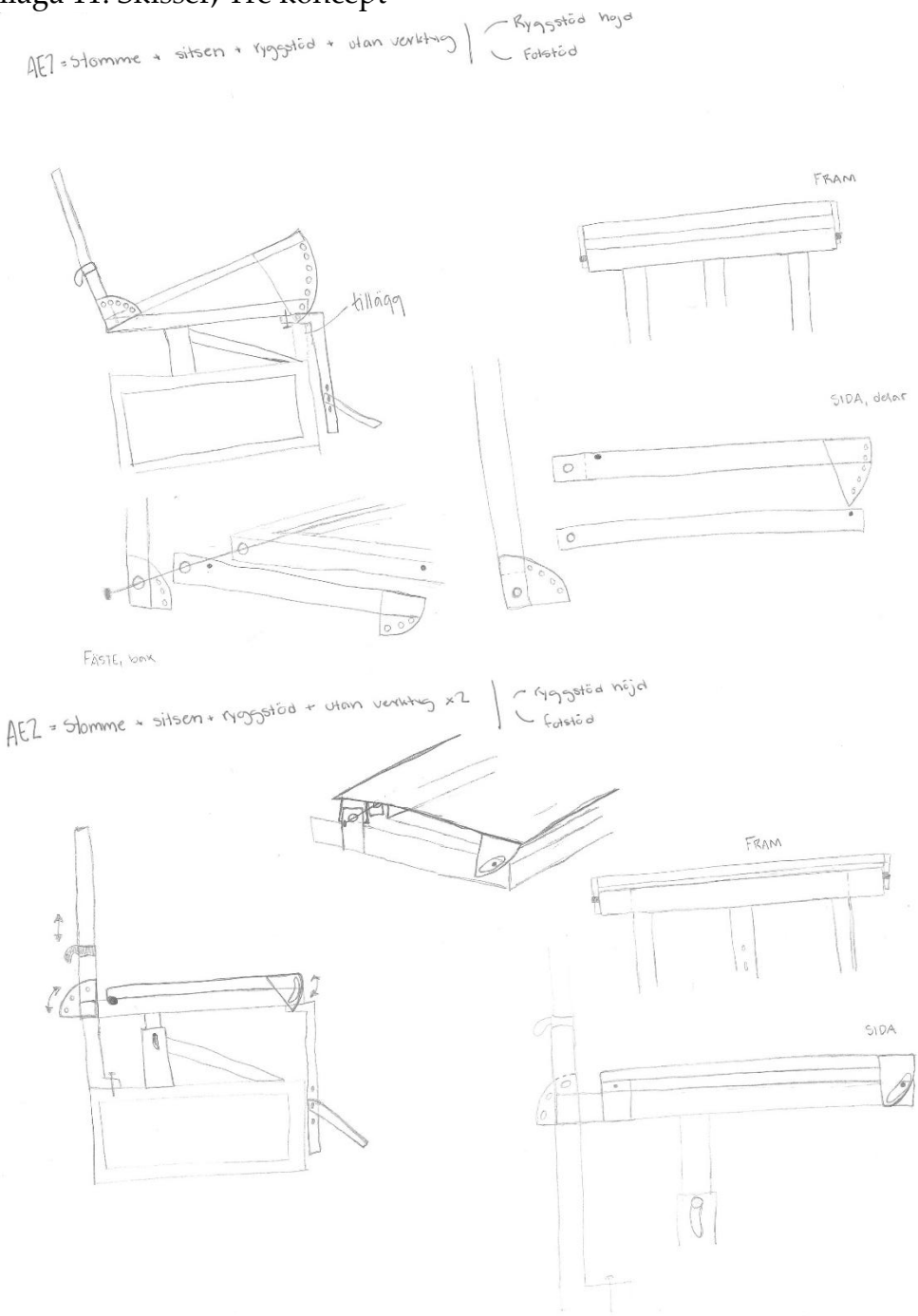

Sprint? eller + spinning/spinkiäs med spår
eller cykelkiäs med spår
AE2
"bremstomme" utan justering



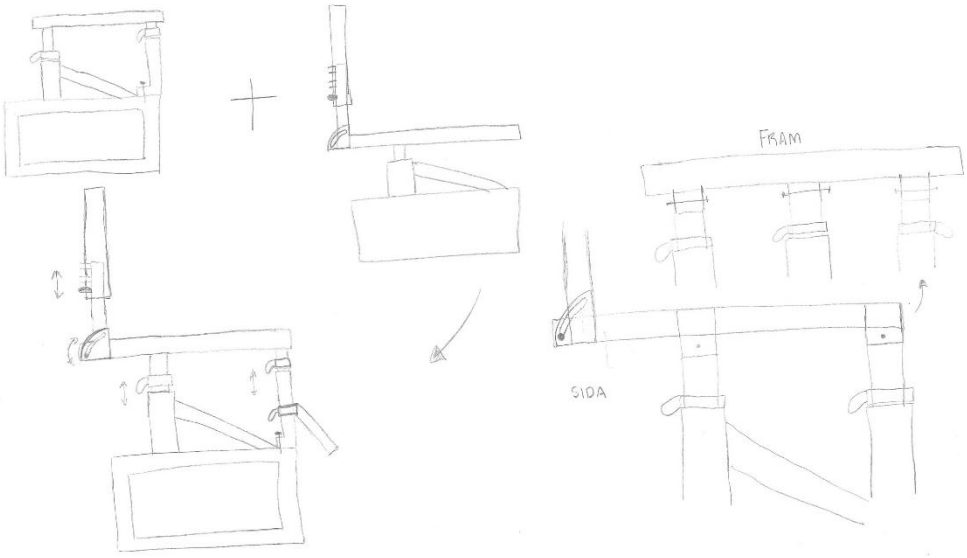
B2 = stomme + sitsen + ryggstöd x2 + utan verktyg +

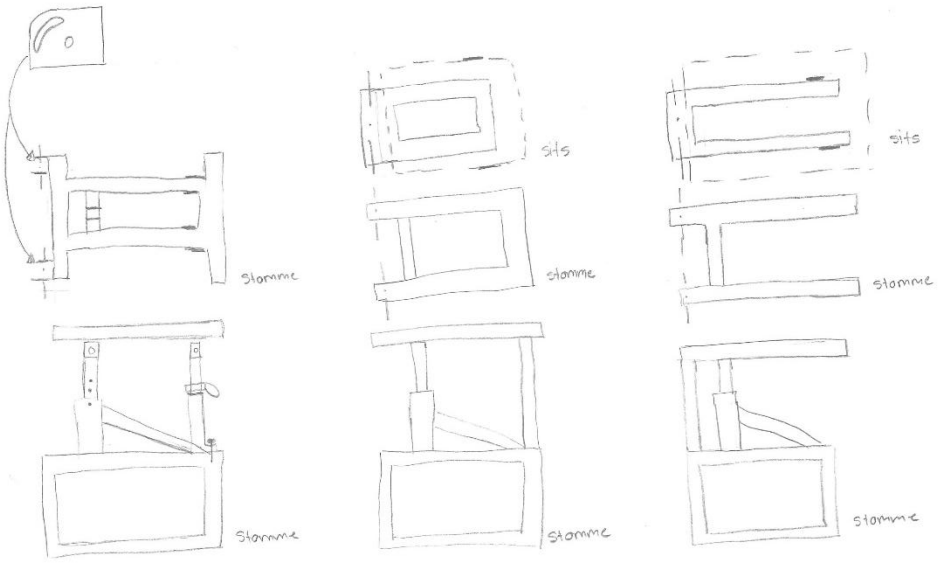


Bilaga 11. Skisser, Tre koncept



A1.+E2 = stomme+sitsen+utan verktyg + stomme + ryggstöd x2 + utan verktyg x2 | ⌜ fotstöd
⌞ komponera





A1E2 AE1 AE2

Bilaga 12. Riskanalys

Tabell 12.1. Övergripande riskanalys, där fel och risker med konceptet identifierats.

Typ	Risk och fel	Orsak	Konsekvenser	S	A	Rekommenderad åtgärd
Snabbkopplingslås	Låset klämmer inte ihop tillräckligt hårt	Inte tillräckligt åtdragen Smuts, is eller slitage i mekanismen	Påverkar säkerheten och stabiliteten, Inställningen glider/går inte justera, Fallrisk	4	10	Genomföra tester på komponent innan val Lås säkring
Stolpar	Stolparna kärvar Stolparna - böjer, deformeras eller sprickbildning	Smuts, is eller slitage Överbelastning, Fel dimensionering	Påverkar säkerheten och stabiliteten, Justeringsmöjlighet ur funktion	4	10	Kontrollera dimensioner och materialval Genomför noggrann FEM
Led	Leden kärvar mellan sitsen och stolparna eller att det blir glapp, Leden går sönder eller viker sig	Smuts, is eller slitage	Minskad stabilitet, säkerhet och funktion	4	6	Materialval och FEM-analys Stärka upp infästningen, U-profiler
Användare	Fallrisk	Sitsen är instabil vid användning	Användare trillar åt sidan eller bakåt = personskador	4	10	Prototyp testa konstruktionen
	Klämrisk -ä fingrar och kläder	Kläms p.g.a. inte ergonomiska komponenter	Personskador eller material förstörs	1	10	Val av låskomponenter