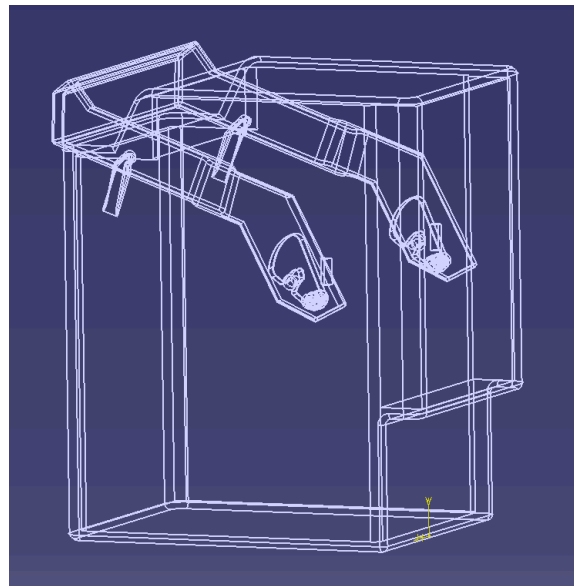




CHALMERS



Design av ergonomiskt batterifäste åt Husqvarna

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Design och
Produktutveckling

EVA WERNER
REBECCA ATUG

INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2025
www.chalmers.se

Design av ergonomiskt batterifäste åt Husqvarna

EVA WERNER
REBECCA ATUG

Department of Industrial and Materials Science
CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
Göteborg, Sweden 2025

Design av ergonomiskt batterifäste åt Husqvarna

REBECCA ATUG & EVA WERNER

© REBECCA ATUG & EVA WERNER, 2025.

Department of Industrial and Materials Science

Chalmers University of Technology

SE-412 96 Göteborg

Sweden

Omslag: Visualisering av konceptförslaget på ett nytt batterifäste.

Examensarbetet är skrivet i samarbete med Husqvarna Group AB. Erkännanden, dedikationer och liknande personliga uttalanden återspeglar författarnas egna åsikter.

Sammanfattning

Detta examensarbete genomfördes i samarbete med Husqvarna Group. Projektet syftar till att förbättra designen av batterifästet för företagets eldrivna trädgårdsredskap. Den nuvarande lösningen har brister vad gäller risk för glapp i elporten, ergonomi och haptik, särskilt vid användning med handskar och i tuffa miljöer. Projektet fokuserar på att ta fram ett koncept som erbjuder en glappfri, säker och intuitiv låsning av batteriet, både i verktyg och mot laddaren, utan att öka antalet komponenter eller kostnader för företaget. Genom förstudier, användarstudier och benchmarking formulerades kravspecifikationer och flera koncept genererades. Dessa utvärderades med hjälp av metoder som PNI och Kesselringmatris. Det slutliga konceptet innefattar en excenterbaserad låsmekanism som ger god ergonomi, haptisk feedback och är kompatibel med Husqvarnas befintliga designlinje. En prototyp togs fram och utvärderades med avseende på ergonomi, hållbarhet och funktionalitet.

Abstract

This bachelor's thesis was carried out in collaboration with Husqvarna Group. The project aims to improve the design of the battery mount for the company's battery-powered gardening tools. The current solution has shortcomings related to the risk of play in the electrical port, as well as issues with ergonomics and haptics—particularly when used with gloves and in demanding environments. The project focuses on developing a concept that offers a secure, play-free, and intuitive locking mechanism for the battery, both in the tool and in the charger, without increasing the number of components or the production costs for the company. Through preliminary studies, user studies and benchmarking, a requirement specification was formulated and multiple concepts were generated. These were evaluated using methods such as PNI and the Kesselring matrix. The final concept features an eccentric cam-based locking mechanism that offers good ergonomics, haptic feedback, and compatibility with Husqvarna's existing design language. A prototype was constructed and evaluated in terms of ergonomics and functionality.

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte och frågeställning	1
1.3 Avgränsningar	1
1.4 Precisering av frågeställningen	1
2 Teoretisk referensram	3
2.1 Ergonomi	3
2.2 Kognitiv ergonomi	3
2.3 Produktsemantik	4
2.4 Design for assembly	4
3 Metod och genomförande	5
3.1 Förstudier	5
3.1.1 Företagsanalys	6
3.1.2 Produktanalys	6
3.1.3 Målgruppsanalys	6
3.1.4 Benchmarking i produktutveckling	6
3.1.5 Användarstudier	7
3.1.6 Inspirationboard	7
3.2 Analys	7
3.2.1 Funktionsanalys	7
3.2.2 Kravspecifikation	8
3.3 Konzeptutveckling	8
3.3.1 Brainstorming	8
3.3.2 Eliminering med PNI	9
3.3.3 Kesselringmatris	9
3.3.4 Skissmodellering	10
3.3.5 CAD-modellering	10
4 Resultat	11
4.1 Förstudier	11
4.1.1 Företagsanalys	11
4.1.2 Produktanalys	12
4.1.2.1 Företagets önskemål och riktlinjer	15
4.1.3 Målgruppsanalys	15
4.1.5 Benchmarking	15
4.1.6 Användarstudier	17
4.1.7 Funktionsanalys	18
4.1.8 Kravspecifikation	19
4.2 Generella idéer och principer	20
4.2.1 Zip-tie	20
4.2.2 Krok och hasp	21
4.2.3 Rotation	22
4.2.4 Fjädrande metall	23

4.2.5 Excenter.....	24
4.2.6 Compliant mechanisms.....	25
4.3 Inspiration Board.....	26
4.4 Koncept i första skedet.....	26
4.4.1 Kammen.....	27
4.4.2 Armen.....	28
4.4.3 Ellipsen.....	29
4.4.4 Flex-fjäder.....	29
4.5 Första urvalet.....	30
4.6 Koncept i andra skedet.....	30
4.6.1 Slide.....	31
4.6.4 Excenter.....	32
4.6.5 Pinch.....	33
4.7 Andra urvalet: Kesselringmatris och konceptval.....	34
4.7.1 Armen.....	34
4.7.2 Kammen.....	34
4.7.3 Slide.....	35
4.7.4 Pinch.....	35
4.7.5 Excenter.....	35
4.7.6 Val av koncept.....	35
5 Slutgiltigt koncept.....	36
5.1 Utformning.....	36
5.1.1 CAD-modell.....	39
5.1.2 Produktsemantik.....	41
5.1.3 Ergonomi.....	42
5.1.4 Kravuppfyllnad.....	44
5.2 Hållbarhetsanalys.....	44
5.2.1 Eco Audit.....	44
5.2.2 Reflektioner om hållbarhet.....	45
5.3 Jämförelse med ursprungsprodukt.....	46
5.3.2 Ergonomi.....	47
5.3.3 Haptik.....	48
5.3.4 Konstruktion.....	48
5.4 Fysisk prototyp.....	49
6 Diskussion.....	50
6.1 Metod och genomförande.....	50
6.2 Slutgiltigt koncept.....	51
6.3 Rekommendationer för framtida utveckling.....	52
7 Slutsatser.....	53
Referenser.....	54
Bilagor.....	56
Bilaga 1: PNI.....	56
Bilaga 2: Kesselringmatris.....	56

1 Inledning

Handhållna batteridrivna trädgårdsredskap ökar i popularitet. En viktig del i användandet av dessa är hanteringen av batteriet, som oftast är en lös komponent som tas loss och sätts i redskapet upprepade gånger av användaren under produktens livstid. Detta arbetsflöde ska gå smidigt för användaren att utföra, samtidigt som det är viktigt för funktion och säkerhet att batteriet sitter fast ordentligt vid användning. I detta arbete utforskas olika möjligheter för infästning av batterier vilket slutligen mynnat ut i ett konceptförslag.

1.1 Bakgrund

Detta examensarbete genomfördes i samarbete med Husqvarna Group. Företaget efterfrågade en redesign av deras nuvarande lösning för en batteri-latch som används på deras batteridrivna trädgårdsredskap. Den nuvarande lösningen har ett flertal brister. Det största problemet är att det kan uppstå ett glapp mellan kontakterna i elporten, vilket riskerar att skada produkten vid användning. Det finns också ett önskemål om att förbättra ergonomin, särskilt vid användning med handskar i krävande miljöer. Slutligen finns också önskemålet om att batteriet ska låsa mot laddaren, vilket inte är fallet i nuläget. Dessa önskemål ska om möjligt uppnås utan att öka antalet komponenter, monteringsstiden och tillverkningskostnaderna.

1.2 Syfte och frågeställning

Syftet med projektet är att undersöka hur låsningsmekanismen för batterifästet i Husqvarnas eldrivna handhållna produkter kan förbättras med avseende på användarupplevelsen och handhavandet. Hänsyn ska också tas till andra relevanta faktorer som är viktiga för produktutveckling, så som tillverkningsmetoder, kostnader och materialval.

1.3 Avgränsningar

- Projektets slutleverans är ett koncept i form av en prototyp
- Konstnadsberäkningar och ritningar med tillverkningsstoleranser ligger utanför ramen för detta projekt
- Designen kommer enbart att omfatta batteriet samt låsmekanismen till medföljande laddare. Den batterificka i verktygen som batteriet fästs i omfattas inte. En förändring av batterifickan skulle kräva en omfattande re-design av samtliga befintliga trädgårdsverktyg, vilket ligger utanför ramarna för detta projekt.

1.4 Precisering av frågeställningen

- Hur kan man medge en glappfri låsning som är enkel att låsa och öppna?
- Hur kan ergonomin förbättras?
- Hur skulle en lösning se ut om man ska förbättra ergonomin och handhavandet?
- Hur kan mängden komponenter reduceras?
- Hur kan batteriet både låsas till verktygshöljet samt laddaren?
- Hur skapas en premiumkänsla?

2 Teoretisk referensram

Här ges en kort presentation av de teoretiska referensramarna som användes som utgångspunkt i projektet. Det ges både en allmän förklaring av den teoretiska bakgrunden samt utförligare beskrivningar av de aspekter som är särskilt viktiga för detta projekt.

2.1 Ergonomi

Handergonomi handlar om att utforma arbetsmoment, verktyg och grepp så att de stödjer handens naturliga rörelser och minskar belastningen på muskler, senor och leder. Målet är att möjliggöra ett neutralt handledsläge, minska statisk belastning och undvika ogynnsamma vinklar som kan leda till överbelastningsskador. Viktiga faktorer inkluderar rätt dimensioner på greppytor, anpassad kraftanvändning och variation i rörelser för att främja blodcirkulation och minska risken för muskel- och senskador (Putz-Anderson, 1988).

Vid hantering av större batterier i motorsågar är handergonomi av stor betydelse för att minska risken för belastningsskador. Det är viktigt att säkerställa ett stabilt grepp som möjliggör god kraftöverföring utan att överbelasta enskilda muskelgrupper. Handens och handledens position bör vara neutral för att undvika långvarig statisk belastning och ogynnsamma vinklar som kan leda till muskel- och senskador. Vidare bör batteriets form och greppytor utformas så att lyft och installation kan utföras med minimal böjning och vridning av handleden (Kaljun, J., & Dolšak, B., 2012).

Batteriets låsningsmekanism ska vara konstruerad på ett sätt som minimerar risken för personskador vid hantering, till exempel genom att förhindra klämrisk. Konstruktionen bör vara intuitiv och säker, så att användaren inte utsätts för fara vid montering eller demontering av batteriet.

Handtagets form och dimensioner spelar också en viktig roll. Ett handtag som möjliggör ett stabilt grepp även med användning av handskar minskar risken för oavsiktliga tapp och därmed potentiella skador. Batteriets utformning måste även skydda strömförande komponenter, dels för att undvika direkta skador som kan uppkomma vid kontakt och också för att förebygga att kortslutningar sker.

2.2 Kognitiv ergonomi

Kognition omfattar allt som har att göra med hjärnans förmåga att ta emot information samt hur denna information bearbetas och lagras. Det är sådant som därför möjliggör tänkande, förståelse, minne och mycket mer (Berlin & Adams, 2017). Kognitiv ergonomi är läran om hur arbetsuppgifter, miljöer och teknik bör anpassas efter människors mentala kognitiva kapacitet (Berlin & Adams, 2017). I produktutvecklingsområden ligger stort fokus på hur en produkts utformning och användning matchar användarens kognitiva förmåga. Det kan handla om hur tydligt det blir för användaren att använda produkten rätt, hur mycket kognitiv bearbetning av informationen som krävs och hur belastande det blir för användare.

Ett område inom kognitiv ergonomi som är relevant i detta arbete är haptik. Med haptik menas taktila signaler som till exempel kan vara i form av ljud, tryck och rörelse. Deras huvudfunktion är att ge tillbaka information till användaren för att signalera att något har hänt (*Uppslagsverk - NE.se*, 2025). I detta sammanhang är det viktigt att användaren på ett koncist sätt får feedback om att låsning av batteriet har skett och att maskinen är redo att användas.

2.3 Produktsemantik

Produktsemantik handlar om hur en produkts form, material och utformning kommunicerar dess funktion, användningssätt och värde till användaren. Genom visuell och taktil design skapas signaler som hjälper användaren att förstå hur produkten ska användas, ofta utan instruktioner. Produktsemantik syftar därmed till att stärka både funktionalitet och användarupplevelse (Österlin, 2016).

2.4 Design for assembly

Design for assembly (DFA) är en designstrategi med fokus på effektivisering av montering. Produkter som är bestående av flera komponenter behöver vid produktion monteras samman och designen av komponenterna samt mängden blir en avgörande faktor för hur smidig och kostnadseffektiv denna process blir (Autodesk, 2025). Den viktigaste principen för assembly design är att minimera mängden komponenter samt monterings komplexitet. DFA innebär även att produkter är möjliga att ta isär för återvinning samt reparation.

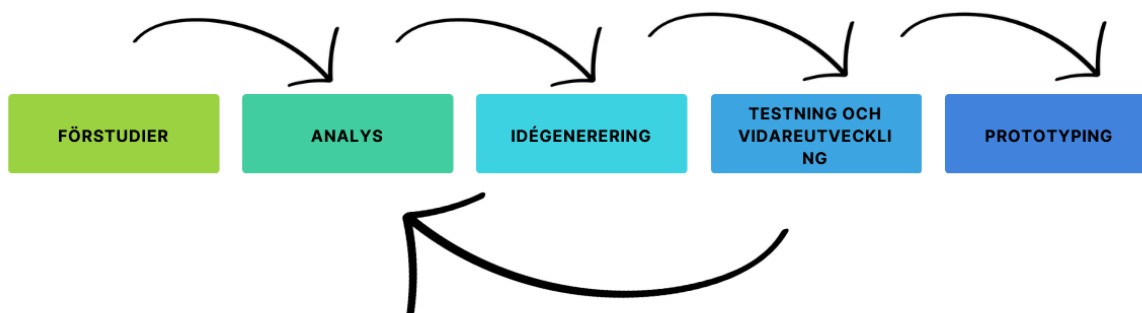
3 Metod och genomförande

Designprocessen är en strukturerad och iterativ metod för att utveckla lösningar som är anpassade efter användarens behov och kontext. Genom att stegvis förflytta sig från problemförståelse till konkret lösningsutveckling skapas förutsättningar för en produkt eller tjänst som är både funktionell och användarcentrerad. Processen består av fem huvudsakliga faser som sammanlänkas och ofta återkopplar till varandra i en cyklisk rörelse (Brown, T. 2009.).

Arbetet inleds med en orienteringsfas där fokus ligger på att förstå användarnas perspektiv och teoretiska ramverk, och vilka specifika förutsättningar som finns. Den insamlade informationen analyseras därefter för att resultera i en tydlig och fokuserad problemställning som utgör grunden för vidare utveckling. I orienteringsfasen studeras även andra liknande lösningsmekanismer för att inhämta inspiration. I den tredje fasen, idégenerering, tas ett stort antal möjliga lösningar fram. Idégenereringen syftar till att ge många olika uppslag till vidareutveckling. De olika lösningar itereras och de mindre lovande koncepten sällas bort. Efter idégenereringen följer testning och vidareutveckling, där utvalda idéer omvandlas till enkla, konkreta modeller som sedan testas och vidareutvecklas för att slutligen resultera i att det koncept som bäst uppfyller kravlistan väljs. Slutligen skapas en prototyp av det valda konceptet i CAD.

Figur 3.1

Konceptuell visualisering av designprocessen



3.1 Förstudie

I det inledande skedet genomfördes ett antal förstudier. Här beskrivs metoderna som användes i dessa.

3.1.1 Företagsanalys

För att få en bild av företaget gjordes en företagsanalys. Analysen genomfördes genom att både söka upp information online men även genom att samtala med handledaren från Husqvarna.

3.1.2 Produktanalys

En produktanalys genomfördes för att ge en helhetsbild av hur nuvarande batteriers låsningsmekanism fungerar samt vilka problem dess nuvarande utformning medför. Informationen som samlas blir utgångspunkten för kravspecifikationen som ligger till grund för utvecklingen av den nya produkten. Analysen genomfördes till stor del med hjälp av företaget. Samtal med handledaren från Husqvarnas batteriavdelning belyste många av de nuvarande problemen samt specificerades konkreta krav för batteriernas låsningsmekanism. Prototypen som tillhandahölls av företaget undersöktes även för hand.

3.1.3 Målgruppsanalys

Då kraven är specifika för varje typ av målgrupp utfördes en målgruppsanalys. En målgruppsanalys är en undersökning vars resultat tydliggör vem målgruppen är samt vad deras behov och krav är. Denna analys genomfördes genom samtal med handledaren från företaget eftersom målgruppen redan var tydligt specificerad.

3.1.4 Benchmarking i produktutveckling

Benchmarking är en metod där man undersöker existerande produkter på marknaden vid utveckling av en ny produkt. Man undersöker oftast produkter eller tjänster inom samma industri och kollar på både framgångsrika och mindre framgångsrika aktörer för att identifiera nyckelfaktorer för både framgång och misslyckande (*ASQ*, 2025). Metoden handlar om att studera allt från funktionalitet, materialval, användarvänlighet för att ge produktutvecklaren en djupare förståelse. Genom att benchmarka flera produkter kan man även genom jämförelser hitta de gemensamma faktorerna som på något sätt gör produkterna bättre eller sämre.

Benchmarking tillämpades eftersom det är en metod som ger insikter som är direkta applicerbara i den nuvarande marknaden. Metoden grundar sig på att undersöka produkter som redan existerar, vilket hjälper produktutvecklaren att skapa en referensram till den nya lösningen. Dessutom kan man genom att undersöka andra lösningar hitta möjligheter för differentiering vilket kan framhäva produkten på marknaden (Levitt, 1980). Genom att identifiera kända problem kan man även undvika dessa fällor. Samtidigt tydliggörs vad som är framgångsrikt med andra produkter och dessa insikter blir applicerbara på den nya produkten.

Benchmarking tillämpades i tidigare skede i detta arbete för att ackumulera data som kunde användas till kravspecifikationen. Processen påbörjades med att relevanta produkter valdes ut

för jämförelse. Därefter undersöktes produkterna fysiskt baserat på hur de fungerade vid användning samt dess visuella uttryck. Informationen samlades och analyserades för att identifiera nyckelfaktorerna som presenteras i resultatkapitlet för benchmarkingen.

3.1.5 Användarstudier

Användarstudier är en metod i designprocessen där man genom exempelvis intervjuer samlar in information om användarnas behov, beteenden och upplevelser. Syftet är att få en djupare förståelse för användarna och deras kontext för att kunna skapa mer relevanta och användarvänliga lösningar (Åsa Wikberg Nilsson et al., 2015). Genom att analysera materialet från användarstudierna kan designbeslut baseras på verkliga behov snarare än antaganden.

Det utfördes en användarstudie i form av en intervju med en trädgårdsmästare, där frågor ställdes om hans arbetsvanor, behov och utmaningar, och dels lät hen prova en prototyp av den nuvarande lösningen och ge feedback på upplevelsen av den. Trädgårdsmästaren ombads att ge spontan feedback på funktionalitet, användarvänlighet och eventuella förbättringsområden.

3.1.6 Inspirationboard

Idegenereringsfasen påbörjades med att en inspirationboard skapades. En inspirationsboard är generellt sett en visuell sammanställning av olika föremål, bilder, videor och text som används som en källa till inspiration i ett projekt (Åsa Wikberg Nilsson et al., 2015). I detta arbete söktes bilder och videor via internet, dessa sammanställdes sedan i ett kollage för att ge en överblick på allt material.

3.2 Analys

Den insamlade informationen analyserades för att kunna ta fram de funktioner och krav som den nya produkten förväntas uppfylla. Här följer en presentation av de analysmetoder som användes.

3.2.1 Funktionsanalys

För att förstå vilka funktioner som den nya produkten behöver uppfylla för att tillfredsställa användaren utförs en funktionsanalys. Med hjälp av denna metod kan man identifiera vad produktens huvudfunktioner, delfunktioner och stödfunktioner är (Österlin 2016). Huvudfunktioner är funktioner som är essentiella för att produkten skall vara acceptabel för produktion medan stöd- och delfunktioner assisterar i att uppfylla huvudfunktionerna. Stödfunktioner inte är nödvändiga med önskvärda och på så vis underordnade delfunktionerna i hierarkin av funktioner (Österling 2016).

3.2.2 Kravspecifikation

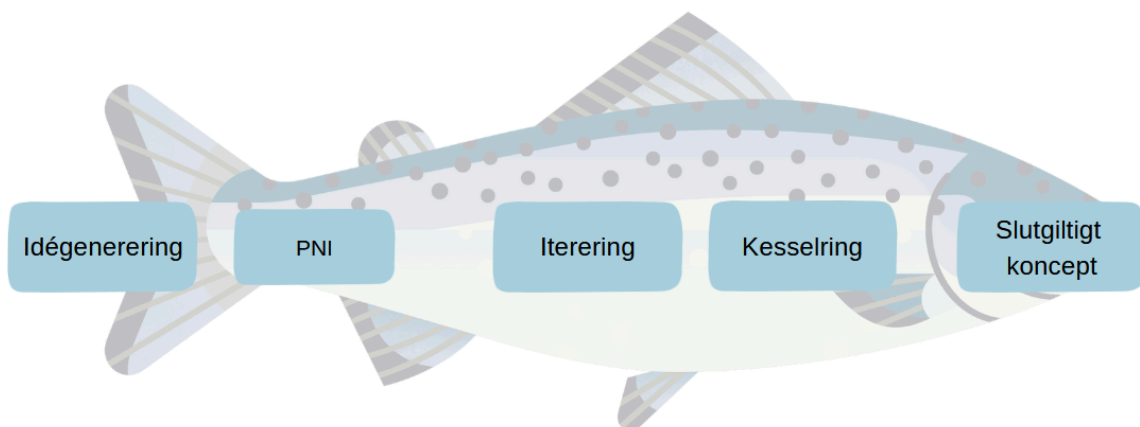
En kravspecifikation skapades för att ta fram de kriterier som behöver uppfyllas för att tillfredsställa olika intressenter som berörs av produkten (Österlin 2016). Kravspecifikationen formulerades utifrån företagets önskemål och krav samt produktanalys och förstudier.

3.3 Konzeptutveckling

Här beskrivs metoderna som användes vid konceptutvecklingen. Inledningsvis genererades en mängd idéer med hjälp av brainstorming. Efter den första idégenereringsfasen gjordes ett första urval med hjälp av en PNI. Dessa koncept itererades ytterligare vilket återigen ledde fram till ett flertal variationer. Efter detta smalnades antalet idéer av med ett andra urval som genomfördes med hjälp av kesselringmatrisen. Dessa koncept testades och itererades ytterligare och slutligen valdes det som bäst svarar mot de krav som ställs på produkten.

Figur 3.2

Visualisering av konceptutvecklingsprocessens olika ingående delar



3.3.1 Brainstorming

Brainstorming är en metod som oftast används i de tidigare stadierna av produktutvecklingsprojekt för att generera en bred variation av potentiella lösningar. Metoden bygger på att en grupp människor i ett team tillsammans undersöker möjliga lösningar till det problem som har definierats (*Brainstorming - the Writing Center, 2011*).

Brainstorming valdes i detta arbete eftersom det var essentiellt att utforska så många alternativa lösningar som möjligt för att potentiellt framhäva "out of the box" -lösningar som kunde uppfylla kravspeken på bästa möjliga sätt.

Brainstormingssessionerna inleddes med att en tydlig frågeställning formulerades baserat på problemformuleringen som utfördes i analysstadiet. Därefter fick deltagarna fritt föreslå idéer genom att till exempel skissa eller skriva ner konceptet. Viktigt i detta skede är att inte vara kritisk till okonventionella idéer. Fokus ligger på att snabbt generera många idéer, där även ovanliga idéer uppmuntras. Det är vanligt att bygga vidare på idéer av andra i gruppen, vilket ofta leder till nya vinklar och kombinationer.

Efter idégenereringen följer en strukturering och utvärdering av idéerna, där de sorterades och utvärderades med hjälp av en enkel poängsättning baserat på hur väl ideerna uppfyllde kravspecifikationen. Resultatet blev ett urval av de mest intressanta koncepten att ta vidare i utvecklingsprocessen.

3.3.2 Eliminering med PNI

PNI står för Positiv negativ intressant och är en utvärderingsmetod som tillämpas inom designprocessen för att hjälpa till med att eliminera koncept i konceptutvecklingsstadiet. Metoden går ut på att man utifrån bland annat kravlistan utvärderar koncepten utifrån tre olika perspektiv, positiv, negativ och intressant (Österlin, 2016). Där positiv då syftar till aspekter av designen som uppfyller kraven medan negativ då är motsatsen. Intressanta aspekter kan vara saker av värde men som inte tyr sig varken negativt eller positivt i nuläget men som kan behöva tas i akt vid utvärdering.

PNI-metoden låter en jämföra koncepten utifrån en förbestämd kravlista vilket gör det lättare att göra rättvisa bedömningar när urvalet behöver smalnats av. Utöver detta bidrar PNI med att framhäva intressanta aspekter då det öppnar upp för möjligheten till ytterligare innovation och vidareutveckling av konceptet.

3.3.3 Kesselringmatris

Kesselring-metoden används för att gradera koncepten med avseende på kravlistan och tillämpas i ett senare skede av designprocessen för identifiera de starkaste lösningarna (Åsa Wikberg Nilsson et al., 2015). Metoden går ut på att man skriver upp alla krav och sedan viktar dessa på en skala mellan 1-5, varje krav får ett **v**-värde. Därefter går man stegvis igenom alla koncept och poängsätter dem för varje krav, även här används en skala mellan 1-5, detta blir konceptets **u**-värden. Slutligen för att få ut ett slutligt poängvärde för varje koncept multiplicerar man för varje krav **u** och **v** vilket ger **t**-värdet som konceptet har för det givna kravet. Slutligen adderar man samman alla **t**-värden för alla krav och detta blir då konceptets totala poäng. Med flera koncept kan man sedan jämföra dess slutliga poängtal och rangordna baserat på poäng.

Kesselringmatrisen valdes i detta arbete eftersom det är ett strukturerat och objektiva sätt att kunna rangordna samt jämföra koncept i det senare skedet av idégenereringsfasen. Tack vare att metoden framhäver både det positiva och negativa med konceptet får man en bättre helhetsbild vilket gör det slutliga beslutet mer rättvist. Eftersom poängsättningen baserades

på kravlistan säkerställs objektivitet i beslutsprocessen, vilket minimerar risken för subjektiva bedömningar. Utöver är även metoden ett bra kommunikationsmedel och tydliggjorde varför koncepten sållades bort, både för teamet men även för intressenter. Slutligen är metoden ett bra sätt att faktiskt öppna upp för vidareutveckling då det oftast uppstår diskussioner vid genomförandet som sedan kan ge upphov till nya idéer.

3.3.4 Skissmodellering

För att vidare undersöka de bästa koncepten byggdes koncepten upp i 3D. Modellering med enklare metoder och material ger fördelen av att det går snabbt och är billigt att undersöka koncepten innan de tas vidare till nästa stadie (Österlin 2016). Det ger även oftast nya insikter som inte kunde framhävas av en skiss i 2D. Skissmodellerna som producerades för hand tillverkades med capa board, kartong och träpinnar och sammanfogades med varmt lim och tejp. Dessutom användes 3D utskrivning för att testa modeller skapade med CAD programmet Catia V5. Modellerna tydliggjorde okända problem samt potential med koncepten vilket i ett senare skede underlättade val av koncept för vidareutveckling.

3.3.5 CAD-modellering

Digital modellering med hjälp av CAD-program är en metod som tillämpas för att underlätta visualisering av koncepten samt skapa precisa representationer där dimensioner kan justeras för undersökning av optimal utformning (McClements & Paulsen, 2025). CAD-programmet som användes var Catia V5 som är ett solidmodelleringsprogram vilket innebär att modellerna är massiva vilket gör dem lämpliga för produktion, till skillnad från program som enbart behandlar ytor (Catia, 2025). CAD-modellering användes för både konceptutveckling och även för framställning av slutkonceptet.

3.3.6 Granta-Edupack

Granta-Edupack programmet är en databas fylld med materialdata samt tillverkningsmetoder och används i utbildningssyfte för att utvidga studenternas material förståelse (Ansys, 2025). I detta arbete tillämpades programmet för att analysera alternativa materialval som kunde uppfylla samma mekaniska krav men med en mindre miljöpåverkan. I Granta finns ett flertal verktyg varav Eco Audit tool ansågs mest relevant i detta arbete. Eco Audit tool är ett verktyg som tillåter en att utföra en rudimentär LCA (life cycle analysis) som bedömer en produkts miljöpåverkan över hela dess livscykel (Ansys, 2025). För att utföra en Eco Audit behöver man uppskatta vikten av alla olika komponenter i produkten och för att göra detta användes Catia. För att kunna undersöka och jämföra olika material i Eco Audit behövde först alternativa material med samma mekaniska förmågor identifieras, även detta gjordes i granta edupack

4 Resultat

I detta avsnitt presenteras resultaten från projektets olika moment. Inledningsvis presenteras de insikter som förstudierna gav. Önskemålen och kraven på produkten sammanställdes sedan i en funktionsanalys och en kravspecifikation. Därefter följer en redogörelse för de olika koncepten som utvecklades. Slutligen presenteras resultaten av urvalen som gjordes, samt det slutgiltiga konceptet.

4.1 Förstudie

Inledningsvis gjordes ett antal förstudier. Syftet var att få en bild av företaget, produkten och målen för re-designen. Liknande lösningar undersöktes med hjälp av benchmarking. En användarstudie genomfördes för att få information om problem som uppstår i en verklig situation. Detta utmynnade i en funktionsanalys och en kravspecifikation.

4.1.1 Företagsanalys

Husqvarna Group är ett svenskt företag som grundades 1689. Företaget började som en vapenfabrik i Huskvarna och har genomgått en lång evolution där de genom tiderna har omformats för att matcha marknadens behov. De har tillverkat allt från symaskiner, köksredskap, cyklar och kabiner. Idag har företaget tagit en ny roll som ledande aktör inom utomhusprodukter för skog och trädgård och tillverkar produkter både för professionella yrkesmänniskor såväl som hemmafixaren. De erbjuder kunder ett brett sortiment som inkluderar olika kapmaskiner, robotgräsklippare, trimmer, lövblåsare, högtryckstvättar och andra verktyg och redskap.

Figur 4.1

Exempel på ett batteri och laddare, av typen som redesignen inriktar sig på. Bild från Husqvarna.



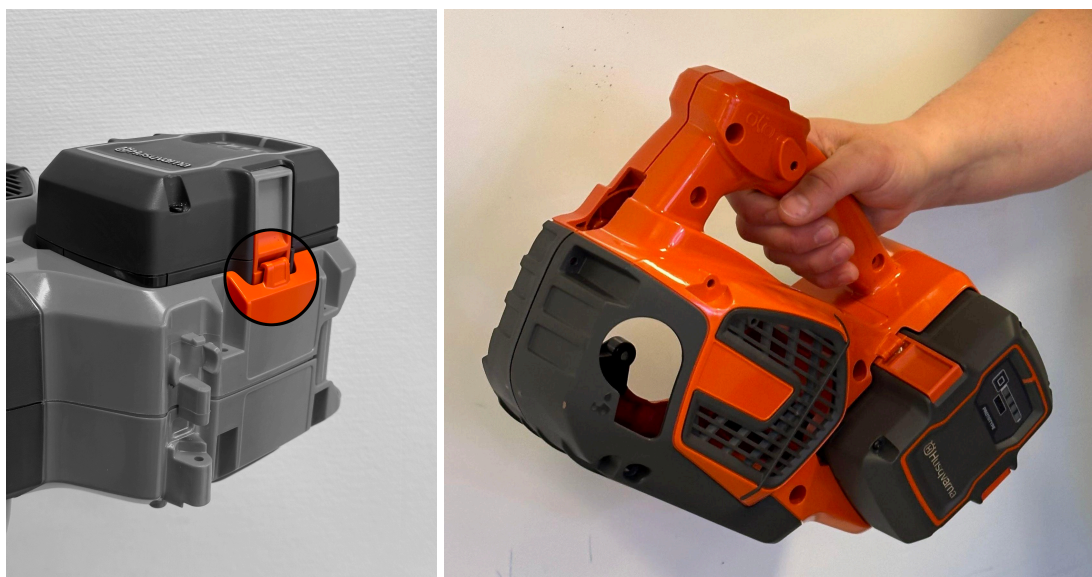
En stor gren inom Husqvarna är utveckling av verktyg inom trädgårdsindustrin. Husqvarnas senaste produktlinje är dess trädgårds- och skogsverktyg som under de senaste åren även introducerat en rad eldrivna verktyg. De nya eldrivna produkterna har varit en framgång för företaget men introducerade även nya utmaningar unika för batteridrivna redskap. Idag säljer Husqvarna bland annat elektriska motorsågar, lövblåsare och grässtrimmers. En unik detalj med verktygen är att alla batterier är utbytbara mellan de olika verktygen. Batterierna säkras till de olika redskapen med samma låsningsmekanism.

4.1.2 Produktanalys

Under de senaste åren har Husqvarna utvecklat en enkel men tålig låsningsmekanism som används till infästning av batteri till de eldrivna verktygen. Låsningen är utvecklad för enkel användning samt säker låsning som huvudfunktion. Mekanismen säkerställer även att batteriet ansluter sig korrekt till elporten som sitter på insidan av höljet vilket då är essentiellt för att batteriet skall kunna tillföra elektricitet i systemet.

Figur 4.2

Batteri insatt i en prototyp av en motorsåg.



Låsningsmekanismen grundar sig på att en komponent skall haka sig fast i höljet och på så vis förhindra rörelse vid drift. Denna komponent är en fjädrande låstunga, två av dessa sitter på vardera sida av batteriet och har i syfte att haka sig fast i två flärpar som sitter på motsvarande position på vardera sida av öppningen i höljet där batteriet infästes. När batteriet ska appliceras trycker man ner batteriet i höljet, då låstungorna kommer i kontakt med flärparna på höljet möter det ett motstånd som resulterar i att de trycks in i batteriet för att möjliggöra fortsatt införande av batteriet. På låstungorna finns även urgröpningar där flärparna hakar sig fast vilket tillåter låstungorna att tryckas ut igen vilket ger kontakt mellan

låstungorna och höljet som ger självaste låsningen i vertikal led. För att sedan extrahera batteriet trycks låstungorna in manuellt av användaren vilket frigör dem från flärparna på höljet och återigen möjliggör vertikal rörelse för extraktion.

Figur 4.3

Urtagning av batteri med nuvarande låsmekanism.



Låsningen med denna mekanism är pålitlig och okänslig med få komponenter. Den är även okänslig för de vibrationer som kan uppstå vid drift med verktygen samt de olika typer av stötar som kan förekomma. Handgreppet för hantering av låsning är utformade för att greppas med fingrarna, urgröpningarna på sidorna av låstungorna är ämnade att underlätta greppandet.

Mekanismen är utformad med särskilt fokus på hållbarhet och användarvänlighet. Enligt Husqvarna Group är låsningen dimensionerad för att klara accelerationskrafter på 8G, vilket ihop med det tyngsta batteriet på 3 kg motsvarar cirka 236 N. Detta innebär att mekanismen är konstruerad för att förhindra att batteriet lossnar även vid kraftiga stötar, såsom vid oavsiktligt tappande av verktyget.

Materialvalet i låsningssystemet är utvalt med hänsyn till slitstyrka. Komponenterna är tillverkade i material som är resistent mot UV-strålning och kemikalier, vilket gör dem väl lämpade för utomhusbruk i varierande klimat. I den senaste generationens eldrivna verktyg använder Husqvarna huvudsakligen glasfiberförstärkt nylon, ett materialval som kännetecknas av hög slagåtlighet, lång livslängd och god mekanisk samt kemisk stabilitet.

Nuvarande låsningsmekanism har några aspekter som är i behov av förbättringar. Det största problemet som identifierats av företaget är att glappning kan uppstå mellan elporten i höljet och batteriet på grund av toleransavvikelser, denna glappning kan sedan ge upphov till gnistor som anses utgöra en säkerhetsrisk. Utöver den kritiska säkerhetsaspekter som uppstår på grund av glappning upplevs även produkten vara osäker då batteriet, återigen på grund av toleransavvikelser, skakar i batterifickan vid användning. Detta ger intryck av bristfällig kvalitet samt ger en otrygg känsla vid användning. Problemet förvärras av att många av verktygen har en intern vibration som alstras vid bruk.

Figur 4.4

Elporten i maskinens batterihöje (t.v) samt batteriets elkontakter (t.h).



Kommentar. På bilden av batterihöljet syns även den gråa knappen (t.v. om elporten) som har till uppgift att trycka tillbaka batteriet för att kompensera för toleransavvikelser vid tillverkning. Denna knapp bidrar i praktiken till att trycka ut batteriet ur elporten.

Ergonomin är även i behov av förbättring, specifikt ergonomin vid applikation och extraktion av batteriet samt vid transport av batteriet. Låsningsmekanismen fungerar väl om det antas att användaren inte bär handskar, dock i många verkliga situationer är handskar oftast nödvändiga och då måste även låsningsmekanismen fungera smidigt i dessa situationer. Dessutom då låstungorna skall greppas med pekfingret och tummen blir de belastade oerhört på grund av batteriernas vikt. För de mindre batterierna blir ergonomin ännu sämre då låstungorna behöver vara kortare blir greppytan mindre vilket gör det svårare för användaren att få ett bekvämt grepp för att kunna hantera batteriet.

Utifrån ett ekonomiskt samt hållbarhetsperspektiv finns även en vilja från Husqvarna att reducera mängden komponenter i låsningsmekanismen. Dagens batteriers låsningsmekanism består av två plastknappar samt tre fjädrar - två som håller ut hakarna så att de hakar i höljet och en på baksidan som trycker i motsatt riktning, för att kompensera för toleransavvikelse.

Slutligen uppstår ett problem vid laddning av batterierna. Dagens laddare har ingen mekanism för att säkra batteriet till laddaren. Detta har visat sig problematiskt då batteriet kan falla ur laddaren och ta skada. För professionella användare förvärras problemet då batterier och laddare oftast behöver transporteras ut till arbetsplatser i skåpbilar. Batterierna kan sitta i laddare under färd och då ojämn terräng orsakar vibrationer i fordonet riskerar batteriet att falla ut ur laddaren. Dessa är de problem som företaget nu strävar efter att åtgärda med hjälp av en redesign.

4.1.2.1 Företagets önskemål och riktlinjer

Under arbetets gång har kontinuerliga avstämningar skett med företaget. Initialt förmedlades en målbild med redesignen som kan sammanfattas i följande punkter:

- Skapa en låsningsmekanism som uppfyller de tekniska kraven vad gäller stöttålighet och glappfrihet.
- Skapa en låsningsmekanism med god ergonomi, premiumkänsla och haptisk feedback om att låsning skett, med hänsyn tagen till realistiska toleransavvikelse i produktionen.
- Om möjligt reducera antalet komponenter i produkten.

4.1.2.2 Produktsemantik

I den nya produkten som skall utformas är det viktigt att produktens estetiska utseende är konsekvent gentemot det designspråk som Husqvarna har etablerat i sina produktserier. Vid undersökning av existerande produkter uppstår en tydlig estetik som genomsyrar allt från företagets hemsida till deras produkter. Företaget vill att deras produkter skall upplevas som professionella, pålitliga, sportiga med hög prestanda och av hög kvalitet. I designen ser man tillämpning av grövre rektangulära former med avfasningar för att harmoniskt kombinera formerna. De grövre formerna ger en känsla av slagtlighet och styrka medan avfasningarna förhindrar dessa former från att se för klumpiga ut.

För att kommunicera en sportighet tillämpar företaget liknande designprinciper som etablerats inom bilindustrin. Företag som Lamborghini och Ferrari använder sig till exempel av flowiga aerodynamiska linjer, smala eleganta profiler, framhävda ventilationshål och material med hög prestanda, varav material som kolfiber blivit populära tack vare formel 1 racebilar (Asaram, 2023).

4.1.3 Målgruppsanalys

Användaren av Husqvarnas eldrivna verktyg sträcker sig från professionella inom skogsbruk, trädgårdsskötsel och landskapsvård till den vardagliga hemmafixaren. Den eldrivna produktserien är attraktiv för bägge målgrupper då det är ett tystare och mer användarvänligt alternativ till de klassiska bensindrivna verktygen. Dessutom är de mer miljövänliga och producerar inte avgaser. De professionella användarna söker sig även till ergonomiskt anpassade produkter då de använder produkten under förlängda perioder.

4.1.5 Benchmarking

Benchmarking utfördes med produkterna (se tabell 4.1) och gav några generella insikter som sammanställdes i en punktlista nedan. Alla produkter undersöktes på plats i butik. För varje produkt undersöktes hur batterierna låser sig till verktyget och hur väl.

Tabell 4.1

Bilderna på produkterna som undersöktes i benchmarkingen. Till höger namnet på produkten. (Hornbach, 2025)

Bild på produkt	Namn på produkt
	Borrskruvdragare MAKITA DDF484RTJ 18V
	Altantvätt GARDENA AquaBrush 18V

	<p>Batteridrivnen motorsåg MAKITA DUC303Z 2x18V (36V)</p>
	<p>Batteridrivnen motorsåg BOSCH UniversalChain 18 Li</p>
	<p>Lövsug/lövblås EINHELL GE-CL 36/230 Li E-Solo 18V</p>

Efter den genomförda benchmarkingen kunde insikterna sammanställas och är enligt följande:

- Majoriteten produkter tillämpar sig av en fjädrande knapp.
- Låsknapp är relativt styv
- låset hanteras med en hand
- Batteriet låser i en punkt
- Batteriet är fysiskt utsatt för omgivning
- Batteriet är utbytbart mellan flera verktyg inom samma märke

4.1.6 Användarstudier

Användarstudien resulterade i värdefulla insikter vad gäller ergonomi och handhavande. Den nuvarande produkten är utformad så att batteriet stoppas in från ena sidan i bakänden. Detta

medger en möjlighet att använda olika stora batterier som har olika kapacitet. Balansen justeras genom att batteriet sticker ut olika mycket på båda sidor.

Ett ergonomiskt problem som uppstår ur detta är att batteriet sticker ut på insidan, där användaren har sin kropp, vilket medför att den utstickande delen hindrar rörelsefriheten. Enligt Arbetsmiljöverkets allmänna råd om belastningsergonomi (2012) är det viktigt för ergonomin att arbeta nära kroppen, för att undvika belastningsskador. Att batteriet sticker ut på insidan gör att distansen ökar, vilket också påpekades i användarstudien.

Figur 4.5

Exempel på handhavande av motorsågen



4.1.7 Funktionsanalys

De önskade funktionerna på kommande lösning har identifierats och sammanställts i en tabell där funktionen presenteras till vänster följt av en kommentar och sedan längst till höger en klassificering av vilken typ funktionen tillhör, huvudfunktion = HF, delfunktion = DF och stödfunktion = SF. Huvudfunktionen identifierades vara att låsa batteriet till höljet och säkra glappfrihet.

Tabell 4.2

Funktionsanalys

Funktion		Kommentar	Typ
Låsa	säkert	Produkten ska låsa batteriet till höljet på ett säkert och pålitligt vis	HF
Låsa	glappfritt	Låsning skall förebygga glappning vid elporten	
Tåla	Stötar	Produkten skall tåla stötar på 200N i	DF

		alla riktningar	
Tåla	Vibrationer	Produkten utsätts för vibrationer vid bruk, dessa skall inte påverka låsning	
Medge	grepp	Det ska vara lätt att greppa produkten	
Underlätta	infästning och release		DF
Medge	hantering med en hand	Produkten skall gå att hantera med en hand	SF
Tåla	smuts och damm	Mekanismen i produkten skall inte vara känslig för smuts av olika slag	
Tåla	kyla och värme	Produkten skall inte vara känslig för extrema temperaturer som kan förekomma i realistiska omständigheter	

4.1.8 Kravspecifikation

Kravspecifikationen sammanställdes i tabell 4.3 baserat på de funktioner som identifierades efter genomförd funktionsanalys. I tabellen listas om funktionen är ett krav eller önskemål. Dessutom viktas alla krav på en skala mellan 1-5 för att skapa en hierarki av krav för att korrekt ta ställning till vad som bör prioriteras i designen.

Tabell 4.3
Kravspecifikation

Kriterier	Krav/ önskemål	Viktning	Målvärde	Verifiering
Huvudfunktion				
Medge låsning vid bruk	-	-	-	-
1 Konstruktion				
1.1 Bakåtkompatibel med tidigare modeller	Ö	3	5 år	Verifiering
1.2 Medge toleransavvikelser vid produktion	K	5	1 mm	Verifiering
1.3 Låser mot laddaren	K	4	-	Verifiering
1.4 Enkel att montera (DFA)	K	4	-	Verifiering
1.5 Säkerställa glappfri kontakt mot elporten	K	5	-	Verifiering
2 Användning				

2.1 Haptisk feedback på att låsning skett	Ö	4	-	Utvärdering
2.2 Premiumkänsla	Ö	3	-	Utvärdering
3 Ergonomi				
3.1 Hanterbar med en hand	Ö	4	-	Verifiering
3.2 Låsbar med en rörelse	Ö	4	-	Verifiering
3.3 Erbjuder ergonomiskt grepp	K	5	-	Utvärdering
3.4 Hanterbar med handskar	Ö	3	-	Utvärdering
4 Hållfasthet				
4.1 Tåla vibrationer	K	5	-	Verifiering
4.2 Tåla stötar och slag	K	5	200 N	Verifiering
5 Hållbarhet				
5.1 Möjlig att demontera	Ö	3	-	Verifiering
6 Semantik	K		-	
6.1 Uttrycket ska vara i enlighet med Husqvarnas formspråk		4		Utvärdering

4.2 Generella idéer och principer

I detta avsnitt presenteras det första skedet av idégenereringen. Ett antal mekaniska principer undersöktes baserat på deras potential av att uppfylla de krav som ställdes på den nya lösningen. Dessa användes som utgångspunkt för att generera idéer som potentiellt skulle kunna skapa en låsningsmekanism som tillfredsställer kraven.

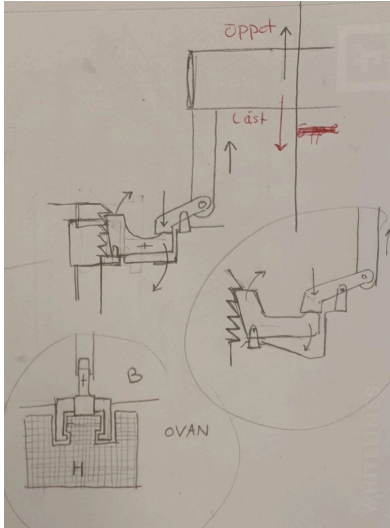
4.2.1 Zip-tie

Principen av en zip-tie mekanism skulle tillåta batteriet att appliceras med en enkel rörelse likt hur zip-ties spänns åt genom att en räfflad plastremsa förs in genom låsningskomponenten som har en flexibel hasp inbyggd (se figur 4.6). Denna hasp hakar sig fast i räfflorna och gör det omöjligt att dra tillbaka plastremsan utan att ha sönder haspen. Viktigt att förstå med denna princip är att låsningen är permanent om man inte har ett sätt dra undan haspen, detta hade kunnat vara en värdefull ämne att utforska. Zip ties kan även låsa sig i alla lägen där det finns räfflor, detta faktum hade kunnat applicerats för att lösa problemet med glappning som symptom av dimensionella avvikelser då batteriet hade kunnats tryckas in och låsa sig i det läge då batteriet har full kontakt med elporten, vilket då kan variera för varje individuella produkt på grund av okontrollerbara faktorer. Figur 4.6 är en skiss på hur det hade varit möjligt att låsa batteriet till höljet genom att ha räfflor på

insidan av höljet och en hasp kopplat till ett handtag på batteriet. Batteriet skulle då låsa sig till höljet med hjälp av haspen och sedan dras undan med handtaget.

Figur 4.6

Skiss av zip-tie låsningsmekanismen

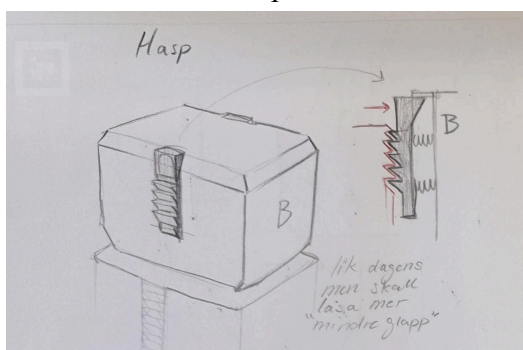


4.2.2 Krok och hasp

En princip som är vanlig inom mekanismer för låsning är kroken och haspen, två liknande komponenter vars funktion är att ta tag i något. Principen kan i detta arbete tillämpas för att hålla emot och förhindra batteriet från att röra sig ut ur höljet. Att den är enkel att tillämpa skulle vara den största fördelen med mekanismen, dessutom är det en säker form av låsning då den gör det fysiskt omöjligt för rörelse så länge komponenten är intakt. Detta är även hur den nuvarande låsningsmekanismen fungerar. I figurerna 4.7 och 4.8 syns skisser på hur utformningen av haspar skulle kunna se ut för att haka tag i batteriet på olika sätt. I figur 4.7 är den fjädrande knappen belagd med flera utstickande låskrokar som haka sig fast till insidan av höljet. I figur 4.8 syns en hasp kopplad till ett handtag på toppen av batteriet med en spänd metalltråd, när handtaget då kläms samman (likt en handbroms på en cykel) skall haspen dras undan vilket möjliggör extraktion av batteriet.

Figur 4.7

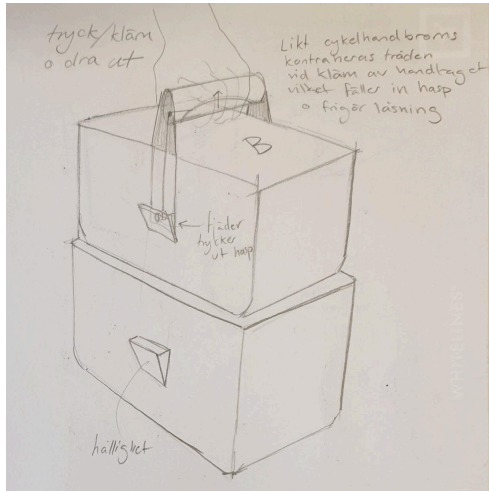
Skiss av krok och hasp



Kommentar. På skissen syns ett batteri (markerat med B) och på batteriet en knapp med flera utstickande låskrokar.

Figur 4.8

Skiss av en annan typ av krok och hasp



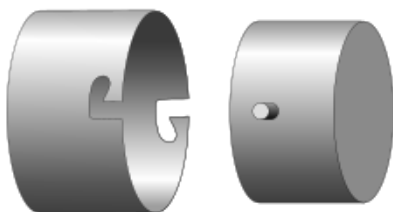
Kommentar. På skissen syns batteriet (märkt B) samt handtaget på toppen kopplat till haspen på batteriet. Under batteriet syns fickan som representerar insidan av höljet, även det hålrum där haspen skall haka sig fast syns som en pyramid.

4.2.3 Rotation

Rotation är en princip som ofta används för låsningsmekanismer. Till exempel en kork på en flaska består av gängor som är vinklade nedåt, vilket möjliggör en skruvande rörelse som för komponenterna ihop. Mekanismen är även okänslig för toleranser eftersom skruvgängorna kan överlappa med stoppet. Generellt är rotationsrörelsen enkel att genomföra med en hand. Dessutom är rörelser ett effektivt sätt att låsa saker i vertikal riktning. Ett sådant exempel som undersöktes var bajonettlåsningsen som figur 4.9 visar, bestående av två parter varav den ena har ett spår medan den andra har en pigg som skall roteras in i spåret. I figur 4.10 syns skisser på hur bajonettlåsningsen hade kunnat utnyttjas på cylindriskt formade batterier. Totalt syns tre batterier med handtag på toppen och olika utformningar på spåret som då skall låsa till piggen på insidan av höljet.

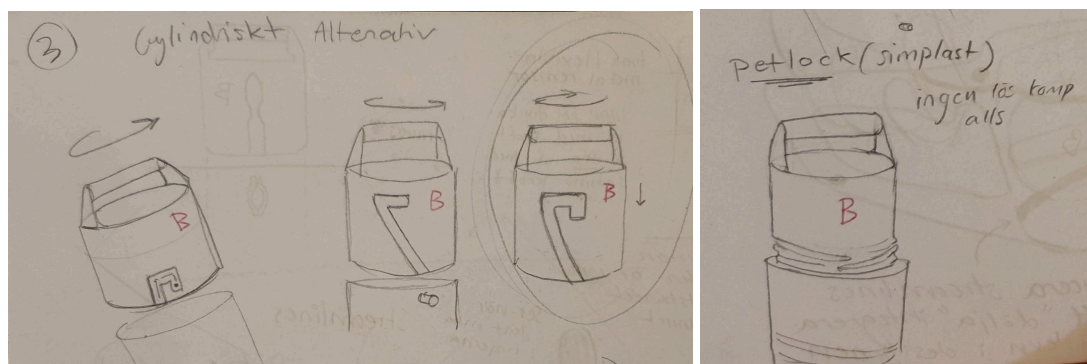
Figur 4.9

Två halvor som tillämpas i en bajonett låsningsmekanism



Figur 4.10

Skisser på olika varianter av bajonettlåsning

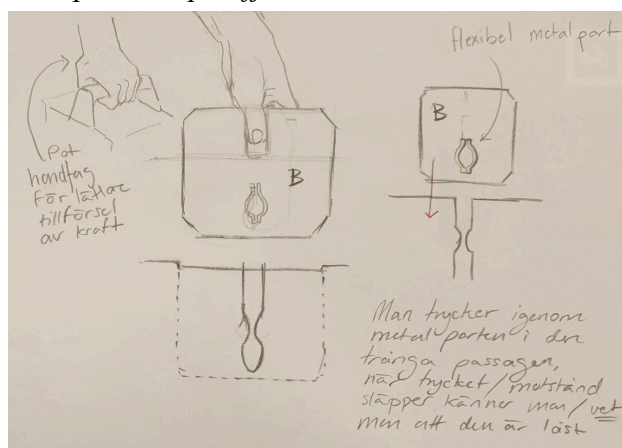


4.2.4 Fjädrande metall

Fjädrar är en av de vanligaste komponenterna man hittar i dagens produkter och förekommer i många olika varianter. Principen är simpel och utnyttjar sig av att komponenten kan omformas genom till exempel kompression och expansion för att alstra en potential kraft som sedan utlöses för att utföra ett arbete. Fördelen med denna mekanism är att den kan utnyttjas för att utföra en rörelse som behöver vara smidigt reversibel. Då till exempel låsningen skall ske genom rörelse av ett handtag måste handtaget kunna föras in och ut ur olika lägen, detta kan fjädrar bidra med på ett effektivt sätt. I figur 4.11 syns en skiss på hur batteriet låser sig till laddaren med hjälp av en bockad metall som fjädrar. På insidan av höljet finns ett spår med en avsmalnad kanal, genom denna kanal skall den fjädrande metallparten klämmas in i. Sedan när de bockade metal fjädrarna åkt igenom går de tillbaka i sitt obelastade läge och höljet låser sig.

Figur 4.11

Skiss på konceptet fjädrande metall.



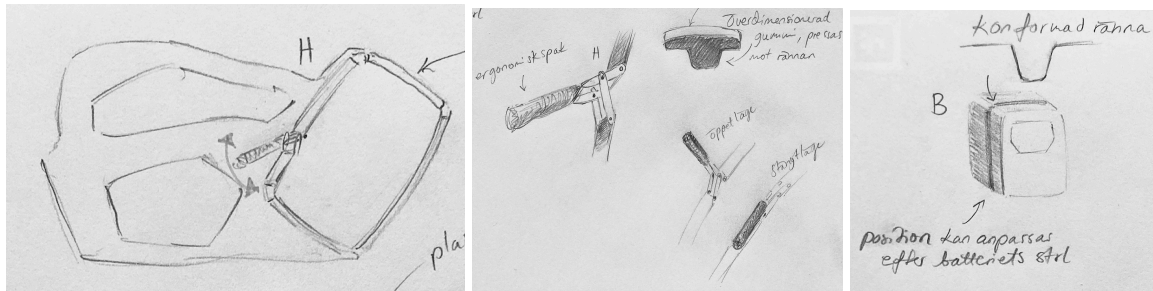
Kommentar. På skissen syns två bockade metallparter centrerade i mitten av batteriet (märkt B) och under syns insidan av höljet med det spår som den bockade metallen skall åka igenom.

4.2.5 Excenter

Det finns flera olika sätt att använda asymmetriska former för att skapa en låsning. Ett exempel är en snäppbindning, som bland annat används för att fästa pjäxor i skidor. Mekanismen bygger på en excenter som med en kraft trycks över en punkt av motstånd och själv söker ett jämviktsläge. En intressant aspekt av snäppbindningen är dess möjlighet att erbjuda en pålitlig omslutande låsning som applicerar ett tryck runt om. En nackdel med snäppbindningen är att den inte låser automatiskt vid införande av batteriet och därför kräver två handrörelser, en för införande och en för låsning.

Figur 4.12

Skisser på snäppbindning tillämpad på batteriet

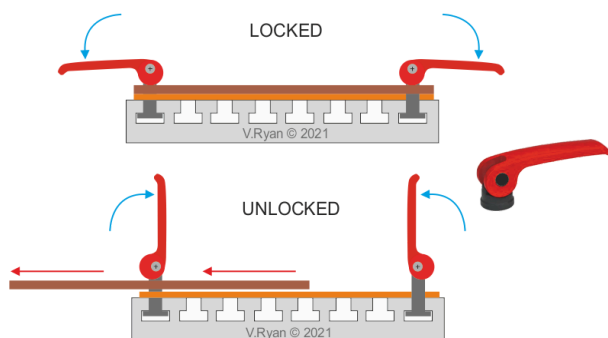


Kommentar. På skisserna syns ett exempel på hur snäppbindningen skulle kunna tillämpas på batteriinfästningen. Med hjälp av en spak puttas excentern över till ett jämviktsläge. Till vänster syns sidvyn av motorsågen. I mitten en detaljvy av snäppbindningen samt den gummitätning i höljet som genererar trycket. Till höger syns batteriet framifrån och en detaljvy av rännan i batteriet där gummitätningen passar.

Ett annat exempel på en excenterlåsning är en asymmetrisk rotator, som illustreras i figur 4.13. Rotatorn har en del som är bredare, vilket när en kraft appliceras skapar ett tryck. När den är i sitt låsta läge så krävs det en extern kraft för att förflytta den över till andra sidan och lätta på trycket.

Figur 4.13

Exempel på en asymmetrisk rotator. (Ryan, V. 2006.)



4.2.6 Compliant mechanisms

Compliant mechanisms bygger på att själva flexibiliteten i materialet utnyttjas på ett medvetet och genomtänkt sätt för att skapa lägen av jämvikt. Detta sätt att konstruera minimerar antalet infästningar och förband som behövs. Detta i sin tur möjliggör enkel tillverkning av komplexa mekanismer genom t.ex. extrudering, vilket också underlättar monteringen. Eftersom det totalt blir färre komponenter minskas också de negativa effekterna av toleransavvikelser som adderas till varandra. Nackdelen är att mekanismerna är svåra att designa eftersom de är väldigt beroende av materialegenskaper (elasticitet och deformation), vilka är svåra att simulera korrekt och kräver mycket testning i det specifika fallet (Howell, 2001).

Figur 4.14

Exempel på en compliant mechanism (Brigham Young University., n.d.).



Kommentar: När sidorna trycks in griper pincetten tag. Detta fungerar tack vare materialets elasticitet.

4.3 Inspiration Board

Inspirationboarden blev en sammanställning av bilder som samlades online och användes i idégenereringsstadiet. På boarden finns bilder på mekanismer samt produkter med låsningsfunktioner som ansågs relevanta. Allt från bajonettlås till olika typer av fjädrande haspar samt excenterlås finns med. I arbetet gav detta kollage av bilder en visuell källa till inspiration som tillämpades under brainstormingen. Bilderna underlättade även kommunikation mellan medlemmarna i teamet då man kunde förklara idéer genom att referera till en bild på inspirationboarden.

Figur 4.15
Inspiration board



4.4 Koncept i första skedet

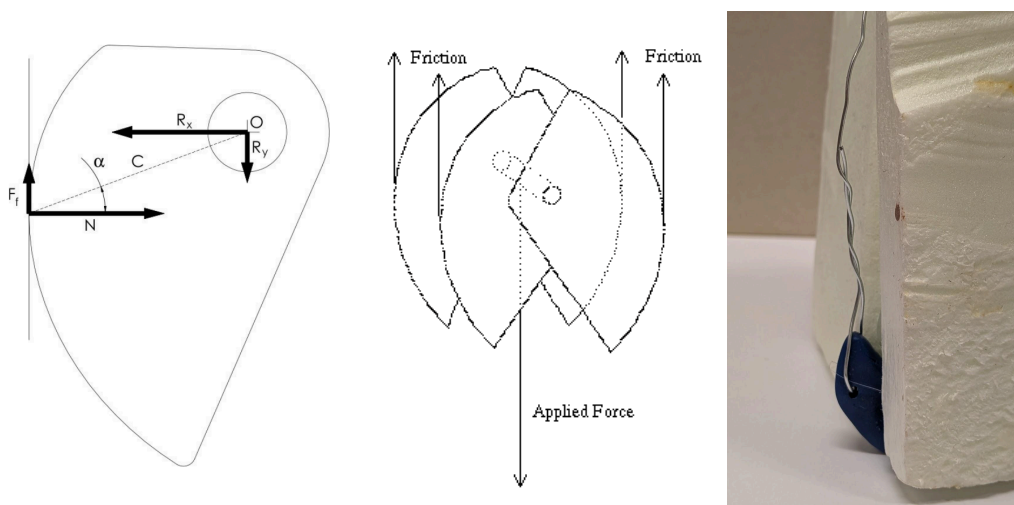
I följande avsnitt presenteras ett antal av de koncept som utvecklades i första skedet. Utifrån grundprinciperna genererades ett antal potentiella lösningar för låsningsmekanismen. Dessa visualiserades med hjälp av skisser och grova 3D-prototyper i olika material.

4.4.1 Kammen

Kammen är inspirerad av en mekanism som används vid klippklättring. Kammen är baserad på en excentrisk låsning i form av en logaritmisk spiral. Genom att rikta om en dragkraft till en tryckkraft skapar den med hjälp av friktion en låsning i en vertikal spricka. Om drag uppstår i en riktning kommer trycket riktat vinkelrätt mot denna riktning att öka proportionerligt, vilket gör att komponenten stannar i sitt läge så länge friktionen är tillräckligt stor.

Figur 4.16

Illustrationer av en kam-mekanism (Totem MT, 2018) och (Custer, n.d.) samt skissmodell av tänkbar applikation som batteriinfästning.



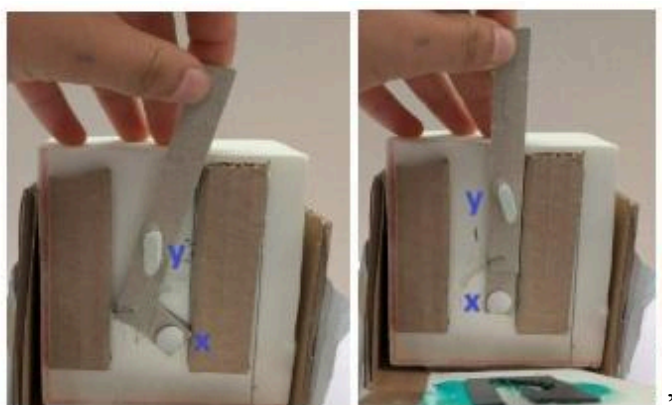
Kommentar. När en kraft appliceras nedåt kommer den att riktas om till en orthogonal utåtkraft. Om friktionen är tillräckligt stor för att glidning ej ska uppstå kan kammen inte röra sig ut ur sprickan. Till höger syns ett exempel på hur kammen skulle kunna installeras på batteriets utsida för att hålla det på plats.

4.4.2 Armen

Detta koncept utnyttjar sig av att mekanismen har två lägen, öppna och stängda. I det öppna läget är vinkeln mellan lederna mindre än 180 och vid stängt läge är vinkeln cirka 180. Vid stängt läge ökar avståndet mellan punkterna X och Y jämfört med det öppna läget (se figur 4.17). Det är denna ökning av sträckan mellan X och Y som klämmer in batteriet då det förankrar sig i höljet. I figur 4.17 ser man armen och på den sitter en utstickande vit oval pigg som förs in i en kanal på insidan av höljet (se figur 4.18) och det är så batteriet låser sig i höljet.

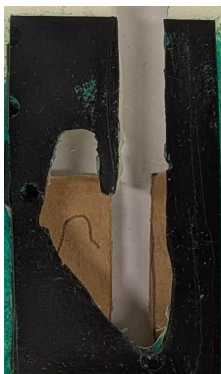
Figur 4.17

Armen i öppet (t.v.) och låst (t.h.) läge



Figur 4.18

Insidan av höljet där piggen åker igenom för arm konceptet

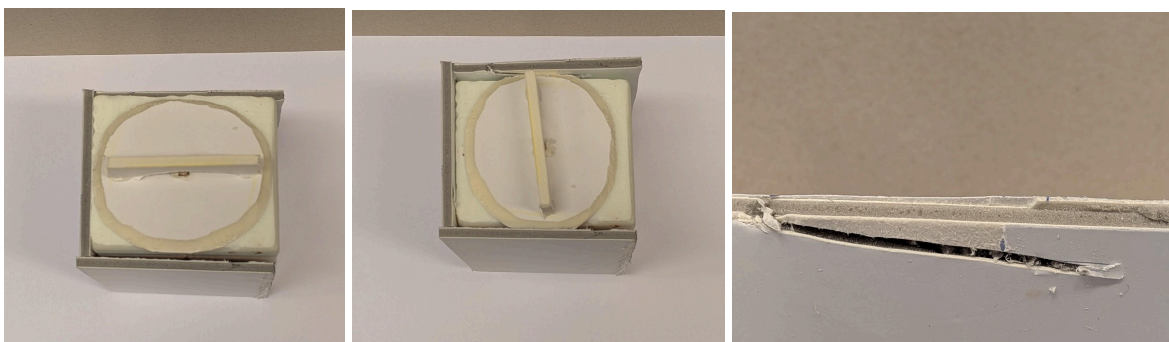


4.4.3 Ellipsen

Ellipsen är ett koncept som föddes ur önskemålet att utnyttja fördelarna med rotation men samtidigt kunna bibehålla batteriets rektangulära form. En roterande disk med elliptisk form har en minsta och största radie, detta kan man utnyttja för låsning. I öppet läge befinner sig ellipsen i sådant läge att dess kortaste radie sidor befinner sig parallellt med långsidorna på batteriet (se figur 4.19). Vid rotation av ellipsen ökar radien gradvis, denna ökning av radie medför att ellipsen når ut till sidorna av batteriet och kan haka sig fast i höljet för låsning (se figur 4.19). Genom att spåret som ellipsen rör sig är svagt negativt vinklad (se figur 4.19) kommer batteriet att skruvas nedåt, vilket säkerställer en glappfri kontakt med elporten.

Figur 4.19

Skissmodell av konceptet Ellipsen



Kommentar. I bilden till vänster befinner sig ellipsen i ett öppet läge. I bilden i mitten har ellipsen roterats ett kvarts varv och radieökningen har därmed skapat en låsning. Bilden till höger visar det svagt nedåtvinklade spåret som tvingar batteriet närmare elporten.

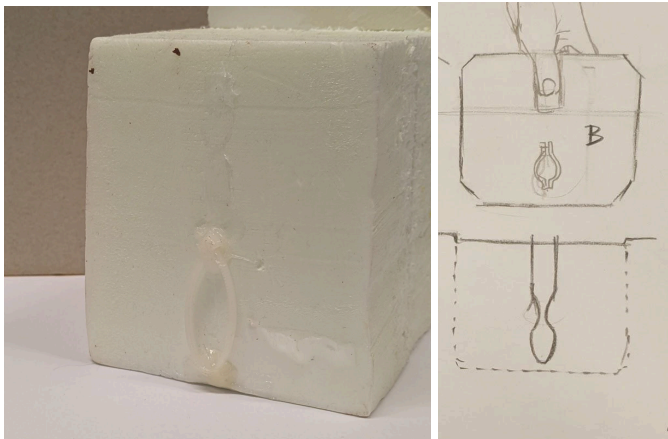
4.4.4 Flex-fjäder

Mekanismen som utnyttjades i detta koncept var fjädrande metal. I figur 4.20 ser man en ovalformad bit plast fäst på utsidan av en kub (batteriet), denna plastkomponent agerar som en fjäder då den kan klämmas ihop utan att plasticeras. På insidan av höljet finns då en kanal

utformad enligt figur 4.20 där denna plastkomponent förs igenom och låser sig då den kläms igenom den avsmalnande sektionen.

Figur 4.20

Skissmodell av konceptet *Flex-fjäder*



Kommentar. Till vänster syns skissmodellen, till höger en skiss på batteriet (märkt B) och insidan av höljet med kanalen.

4.5 Första urvalet

För att få en överblick och utvärdera koncepten från första skedets idégenerering sammanställdes dessa i en PNI. För fullständig sammanställning, se bilaga 1. *Flex-fjäder* föll bort eftersom bedömningen gjordes att denna mekanism inte skulle klara kraven på krafterna som kan uppstå vid en plötslig stöt, till exempel om verktyget tappas i golvet.

De tre lösningar som valdes för vidare iterering och utforskning var *Kammen*, *Armen* och *Ellipsen*. *Kammen* är intressant eftersom det är en excenter-mekanism som är ergonomisk, enkel att hantera och håller för stora krafter. Ett problem med kammen är att den är beroende av friktion och därmed också riskerar nötning på materialet. Lösningen *Armen* är tilltalande eftersom den består av få, enkla komponenter och medger en glappfri lösning med en tydlig haptisk feedback. *Ellipsen* är kanske den lösning som är mest innovativ jämfört med den nuvarande lösningen. Att använda en skruvande rörelse är dels väldigt intuitivt och dels välbeprövat för att medge en stabil lösning. Dock skulle detta kräva en omfattande design av chassit, eftersom skruvgängornas position i förhållande till ellipsen behöver vara fix och detta inte fungerar ihop med att batterier av olika storlekar skall kunna användas i samma hölje. I den vidare itereringen kommer möjligheten att anpassa skruvrörelsen till ett rektangulärt chassi att utforskas vidare.

4.6 Koncept i andra skedet

I detta avsnitt beskrivs koncepten som utvärderades i det andra urvalet. Efter det första urvalet återstod tre koncept - *Kammen*, *Armen* och *Ellipsen*. *Kammen* och *Armen* undersöktes

vidare genom ytterligare prototyper. *Ellipsen* vidareutvecklades till *Slide*, i syfte att kunna fungera med ett batteri av varierande proportioner, där ytterdelen av batteriet inte befinner sig på samma nivå som höljet. En annan variation av kammen som inte baserar sig på friktion, *Excentern*, utvecklades och testades. En annan excenterlösning, *Pinch*, utvecklades och testades också.

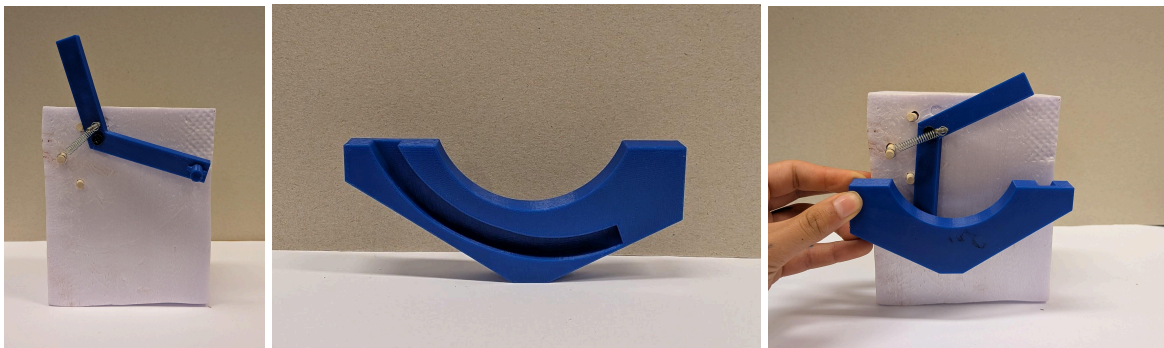
4.6.1 Slide

Sliden utvecklades ur *Ellipsen* som tillämpar en roterande rörelse för att låsa glappfritt till höljet genom ett slantande spår. De båda lösningarna bygger på samma princip men har olika utseende. Syftet var att kunna anpassa *Ellipsen* till att kunna fungera med batterier av olika storlek. Två koncept utforskades vidare, *Byråslidern* och *Rotationssliden*.

Slide-mekanismerna fungerar på sådant vis att ett handtag med en utstickande part fäst på batteriet rör sig genom ett spår på insidan av höljet (se figur 4.21). Den utstickande parten hakar sig i spåret och rör sig mellan två lägen. I det första läget har armen och spåret samma radie det vill säga ingen spänning uppstår, då handtaget dras igenom spåret minskar spårets radie gradvis vilket gör att en spänning uppstår som då drar samman batteriet i höljet och på så vis låser tätt till höljet.

Figur 4.21

Konceptet Rotationssliden.

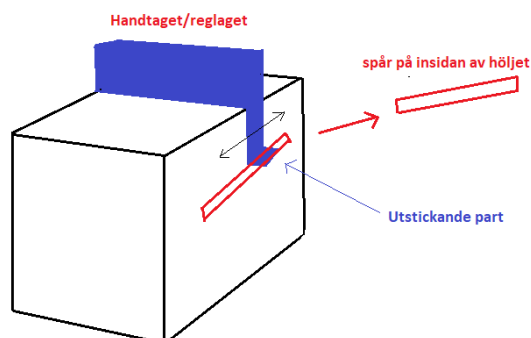


Kommentar. Armen monterad på batteriet (t.v.) rör sig i en excentrisk cirkulär rörelse i ett spår (mitten), vilket tvingar ner batteriet mot elporten. Fjädersnär har två jämviktslägen, en på var sida om pivotpunkten, vilket gör att den snäpper både till ett låst och till ett öppet läge, beroende på vilken rörelse som appliceras

Ett ytterligare koncept utvecklades ur *Ellipsen*, här istället för en roterande rörelse för låsning tillämpades en glidrörelse i horisontal mot batteriet (se figur 4.22), likt rörelse på en byrålåda. Handtaget rörde sig då igenom ett linjärt spår med positiv lutning (markerat med rött i figur 4.22). Rörelsen genom detta spår ökar avståndet mellan den utstickande parten på reglaget och spåret vilket drar samman höljet och batteriet för att låsa tätt.

Figur 4.22

Konceptet Byråsliden.



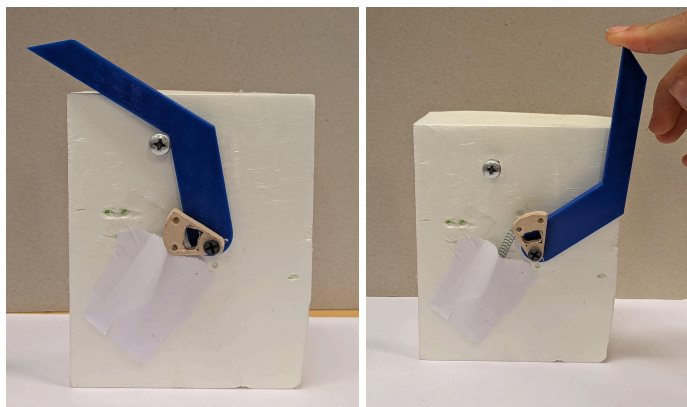
4.6.4 Excenter

I konceptet *Excenter* finns en roterande excenterkomponent som vid rotation ändrar radie för att gradvis öka avståndet mellan två ytor, vilket drar samman ytorna för att låsa tätt.

Excenterparten ses i figur 4.23 och är bestående av trä i prototypen. Fäst mellan excenterparten och batteriet är ett handtag med en utstickande pigg som åker i urgröpningen på excenterparten, detta tillåter handtaget att haka sig fast i excenterparten för att sedan kunna dra bak och låsa upp mekanismen (se figur 4.23). En dragfjäder fäst till excenterparten och förankrad till batteriet drar parten in mot spåret i höljet. Vid infästning av batteriet möter excenterparten spåret på höljet (se figur 4.24) vilket trycker parten i medurs riktning, detta tillåter vidare rörelse ner i höljet. Fortsätter man trycka ner batteriet nås tillslut infasningar i spåret (se incirklat område i figur 4.24), excenterparten kan då återgå till sitt startläge vilket låser batteriet i vertikal led. Formen på excenterparten är vad som ser till att låsningen blir tät och okänslig för toleransavikelser. I figur 4.23 visas enbart halva låsningen på ena sidan av batteriet, det verkliga konceptet skulle ha en excenterpart på vardera sida som kopplas samman med ett handtag (se figur 4.24).

Figur 4.23

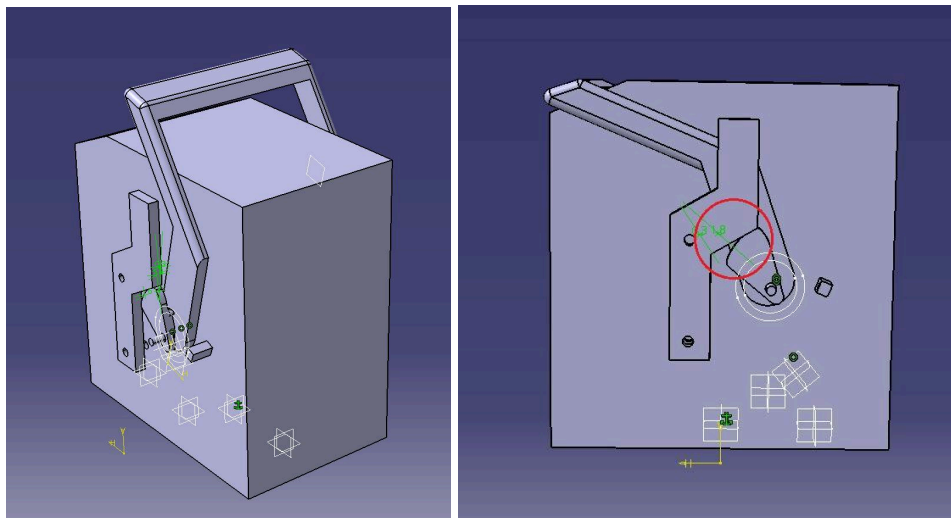
Skissmodell av konceptet Excenter.



Kommentar. Till vänster syns excentern i sitt låsta läge. När handtaget dras bakåt följer excentern med och batteriet kan extraheras.

Figur 4.24

CAD-modell av konceptet Excenter.



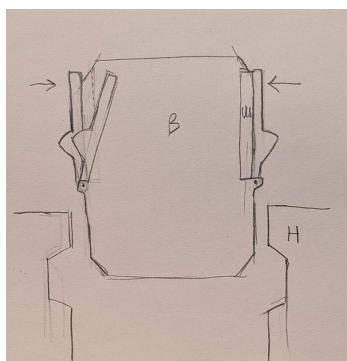
Kommentar. Till höger är det som skapar själva låsningen markerat med en röd cirkel.

4.6.5 Pinch

Pinch-konceptet är en variant av excenterlåsningsen där samma princip utnyttjas för att alstra en tät låsning men självaste hantering är annorlunda. Istället för ett handtag med en roterande rörelse låser man i detta koncept upp excenterparten med hjälp av en tryck rörelse. Två excenterparter sitter på motsatta sidor av batteriet och trycks ut ur batteriet med hjälp av tryckfjädrar (se figur 4.25). Likt den tidigare nämnda excenterlösningen finns urgröpningar på höljet där de utstickande excenterparterna är menade att haka sig fast för att ge en tätande låsning i vertikal led. För att låsa upp behöver man trycka in knapparna med pekfinger och tumme för att lossa kammen ur infasningen på höljet. I figur 4.25 syns det på knappen längst till vänster hur knappen är tänkt att röra sig vid upplåsning.

Figur 4.25

Skiss av konceptet Pinch



Kommentar. I skissen syns batteriet (märkt B) och två fjäderbelastade excenter knappar på varje sida och runt batteriet syns höljet (märkt H) och urgröpningarna där knapparna skall klickas in.

4.7 Andra urvalet: Kesselringmatris och konceptval

I detta avsnitt presenteras resultatet av det andra urvalet. Urvalet baserades på kravlistan och genomfördes med hjälp av kesselringmatrisen (se bilaga 2). Koncepten som ingick i urvalet presenteras nedan. Slutligen valdes det koncept som bäst svarade mot kraven.

4.7.1 Armen

Armen är ett koncept som ger en tydlig haptisk feedback på låsningen. Det negativa med konceptet är att det består av förhållandevis många komponenter och inte är lika kompakt som flera andra lösningar. Det finns också en osäkerhet kring själva låsningen, om den är tillräcklig för att motstå de krafter som kan uppstå vid plötsliga stötar. Dessa osäkerhetsfaktorer i kombination med målet att minimera antalet komponenter medförde att detta koncept valdes bort.

4.7.2 Kammen

Kammen är en intressant lösning som fungerar genom att omdistribuera vertikal dragkraft till en horisontell tryckkraft, och därigenom skapar en låsning mellan parallella ytor, enbart med hjälp av friktion. Detta är dock beroende av friktionen, vilken skapar hela låsningen. Denna friktion sliter också på materialet över tid, vilket kan göra att livslängden är begränsad. För att säkerställa konceptets tillförlitlighet över tid skulle omfattande testning behöva genomföras, vilket ligger utanför ramarna för detta arbete. Dessutom består konceptet av många små delar och är inte lika kompakt som många andra alternativ, vilket påverkar monteringen. Det finns också en risk för att det samlas damm och smuts i de små delarna. Det finns inte heller någon tydlig haptisk feedback på låsningen. Detta gjorde att kammen valdes bort.

4.7.3 Slide

Slide är ett koncept som har potential att kunna fungera. Det består av få komponenter och låsningen sker i en enda rörelse. Handtaget erbjuder god ergonomi och möjlighet att förflytta batteriet på ett säkert sätt. Spårets form gör att batteriet vid låsning skjuts närmare in i kontakterna, vilket gör att glapp undviks. Med hjälp av en fjäder skapas två jämviktslägen, som utnyttjas för öppning respektive stängning. En nackdel med konceptet är att fjädern behöver passera pivotpunkten (där handtaget fäster med en "pinne" till batteriet) och därför behöver befinna sig på utsidan av mekanismen, vilket gör den exponerad. Detta hade kunnat åtgärdas med hjälp av en täckande casing, men detta skulle öka bredden av hela konstruktionen och ta mer plats. Möjligheterna att använda en annan mekanism för fjädringen utforskades även, dessa förkastades dock eftersom de lösningarna skulle göra mekanismen mer komplicerad.

4.7.4 Pinch

Pinchen valdes bort eftersom knapparna på sidorna av batteriet behöver tryckas in ganska mycket för att kunna frigöra låsningen ur höljet. Det utrymme som skulle behövas finns alltså inte tillgängligt då batteriet är packat med battericeller vilket lämnar lite utrymme att arbeta med. Bortsett från detta är greppet likt den nuvarande lösningen ergonomiskt svagt i jämförelse med andra lösningar som tillämpar ett ordentligt handtag med större greppyta.

4.7.5 Excenter

Excentern har flera fördelar. Det är en enkel mekanism som består av relativt få komponenter och den låser oberoende av toleransavvikelser. Den möjliggör att batteriet puttas in i höljet med en rörelse, utan några ytterligare justeringar. Vid uttagning snäpper mekanismen automatiskt tillbaka till sitt utgångsläge, vilket underlättar vidare hantering och förvaring. Handtaget erbjuder ett stabilt handgrepp med god ergonomi. Excentern är det koncept som fick bäst resultat i kesselringmatrisen och också det koncept som valdes för vidare utveckling.

4.7.6 Val av koncept - Excentern

Utvärderingen med hjälp av kesselringmatrisen baserade sig på ett urval av kraven som var möjliga att utvärdera med hjälp av skissmodeller, ihop med kvalificerade gissningar kring de olika konceptens funktionalitet. Detta gav en översikt av styrkor och svagheter hos de olika koncepten i förhållande till kraven. Kriterierna viktades utifrån hur viktiga de bedömdes vara, där ergonomi och grundläggande funktionalitet (tät låsning) värderades högst. Excentern var det koncept som bedömdes uppfylla kraven bäst - det låser tätt mot elporten, är en kompakt lösning som består av få komponenter och erbjuder en god ergonomi vid hantering.

5 Slutgiltigt koncept

I detta kapitel presenteras en vidareutveckling av det valda konceptet, *Excentern*, i sin helhet. Produktens semantik och ergonomi diskuteras. Hållbarhetsaspekter med lösningen tas upp och en jämförelse görs mellan konceptet och nuvarande lösning.

Figur 5.1

Visualisering av batteriet med den nya låsningsmekanismen, handtaget, från kortsidan (t.v) och långsidan (t.h.)



5.1 Utformning

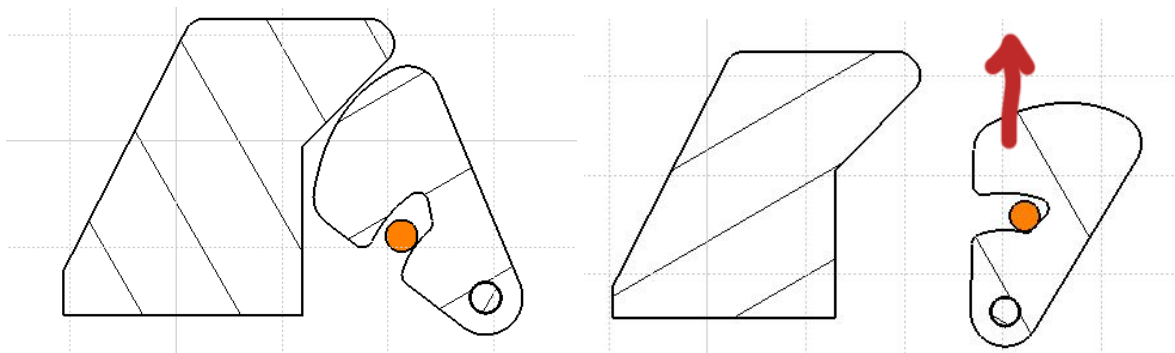
Utformningen av konceptet begränsas av höljets generella form, batteriets storlek samt elportens utformning och placering. Batteriets mått är 10 cm x 8 cm, och höjden varierar mellan de olika storlekarna på batterierna.

Mekanismen grundar sig på excenterprincipen och låser huvudsakligen med hjälp av två fjädrande kammar på vardera sida av batteriet. De nästan droppformade kammarna har en sådan lutning på sin kurva att radien ökar vilket är vad som ger den excentriska låsningen mot höljet (se figur 5.2). Då radien ökar trycks batteriet in i höljet för att kompensera för det extra utrymmet som kammarna behöver för att rotera in i kanalen på insidan av höljet. För att låsningemekanismen ska fungera är det essentiellt att kammarna är fjäderbelastade på sådant vis att de alltid vill rotera in mot kanalen, därför monteras torsionsfjädrar mellan kammarna och batteriet. Torsionsfjädrar är fjädrar som utövar ett rotations- eller vridmoment då den vrids, tillämpas i till exempel klädnypor (*The spring store*, 2015).

För att öppna låsningen måste användaren med en handrörelse övervinna den fjädrande kraft som håller kammarna i låst position, handtaget tillämpas i detta syfte. På handtaget sitter en utstickande pigg som rör sig längs med ett spår i kammern, detta är vad som kopplar samman komponenterna. Då handtaget roterar åt höger dras kammern med i rörelsen och ut ur spåret i höljet (se figur 5.2). Därefter kan batteriet dras ut fullständigt. I figur 5.2 syns piggen som en orange cirkel och den rör sig alltså genom spåret på kammern.

Figur 5.2

Detaljvy över excenterkammens position i stängt läge (t.v.) samt öppet läge (t.h.)



Kommentar. I det öppna läget kan excenterkammen röra sig fritt uppåt (i z-led). Piggen på handtaget som drar bak excenterkammen visas här i orange.

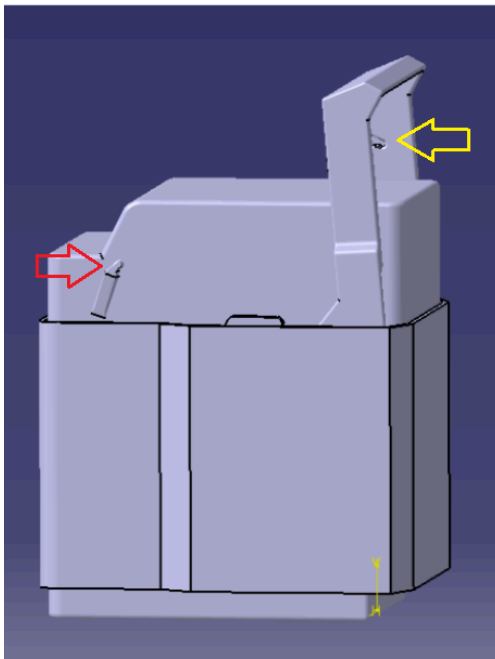
Handtagets utformning var starkt påverkad av ergonomiska principer men även säkerhetsaspekter påverkade designen. Vid arbete med till exempel eldriven motorsåg vill man att låsningen skall vara så okänslig mot stötar som möjligt. På grund av detta behövde alla komponenter vara “flash” mot batteriet, det vill säga alla utstickande parter skulle minimeras. Detta gav upphov till det orangea gråa handtag som syns i figur 5.1. Handtaget följer batteriets kontur, med det enda undantag av den urgröpnig på toppen till vänster som gör plats för fingrarna och därav möjliggör greppandet av handtaget (se figur 5.10). Då dessa verktyg ska klara av stötar avrundades även hörnen på handtagets ovansida (se figur 5.4) för att minska punktkraften vid potentiella stötar. Med en större kontaktarea sprids stötkraften ut och belastar materialet mindre. För att handtaget inte skall vara löst under arbete utformades en snap-on funktion mellan handtaget och batteriet. I figur 5.3 syns på batteriet den utstickande parten som sedan klickar in i en urgröpnig med samma form på insidan av handtaget för att låsa handtaget till batteriet. Upplåsning sker då man drar i handtaget med tillräcklig kraft.

Valet att placera luckan för fingrarna på ovansidan av batteriet baserar sig på att det i den positionen bedöms föreligga minst risk för något utomstående föremål (t.ex. en gren) att fastna och oavsiktligt öppna mekanismen. Hela mekanismen är utformad så att de känsliga delarna (kammern och torsionsfjäders) döljs bakom handtaget under större delen av rörelsen, både för att göra produkten mer estetiskt tilltalande samt för att öka säkerheten och minimera slitage.

Laddarens utformning justerades för att möjliggöra låsning mot laddaren. Excentermekanismen tillämpades för att låsa batteriet till laddaren på samma sätt som den används för att låsa batteriet till höljet. På laddarens ovansida sitter två utstickande plastväggar med kanaler på innersidorna (se figur 5.5). Dessa kanaler har samma utformning som de i höljet och låser mot kammarna på batteriet. Batteriet trycks in i laddaren och extraktion sker genom att dra i handtaget (se figur 5.5).

Figur 5.3

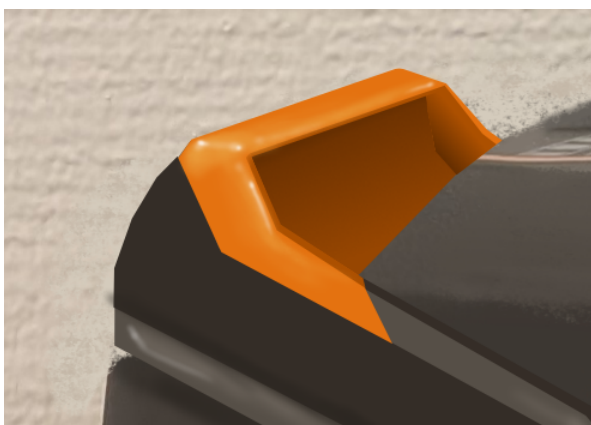
CAD-modell på batteriet och höljet i sin helhet.



Kommentar. Den röda pilen visar var den utstickande parten på batteriet sitter och den gula pekar mot en urgröpfung på insidan av handtaget som då klickar in i den utstickande parten för att låsa handtag mot batteriet.

Figur 5.4

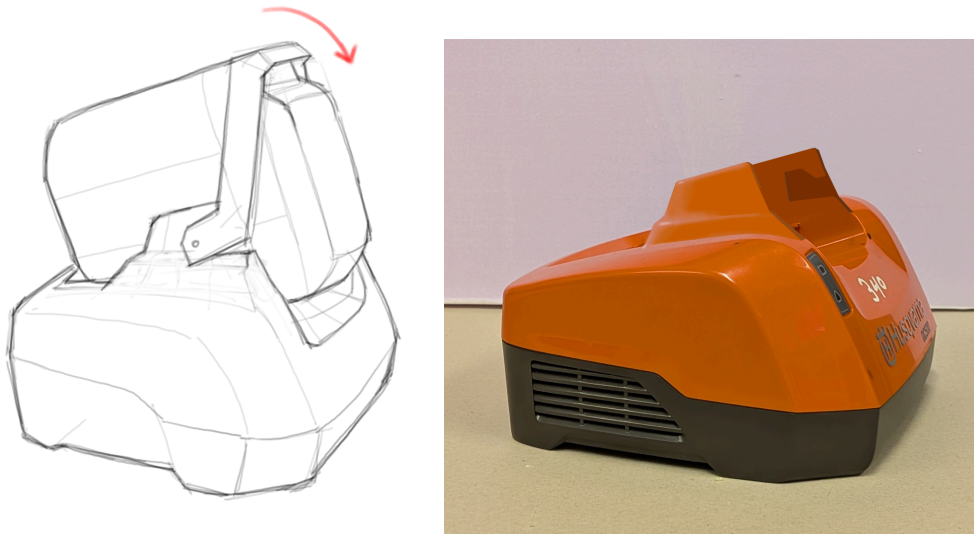
Bild på greppområdet på handtaget



Kommentar. På bilden syns rundningarna på ytterkanterna av handtaget.

Figur 5.5

Illustration av hur batteriet tas ur laddaren (t.v) samt laddarens utformning (t.h.)

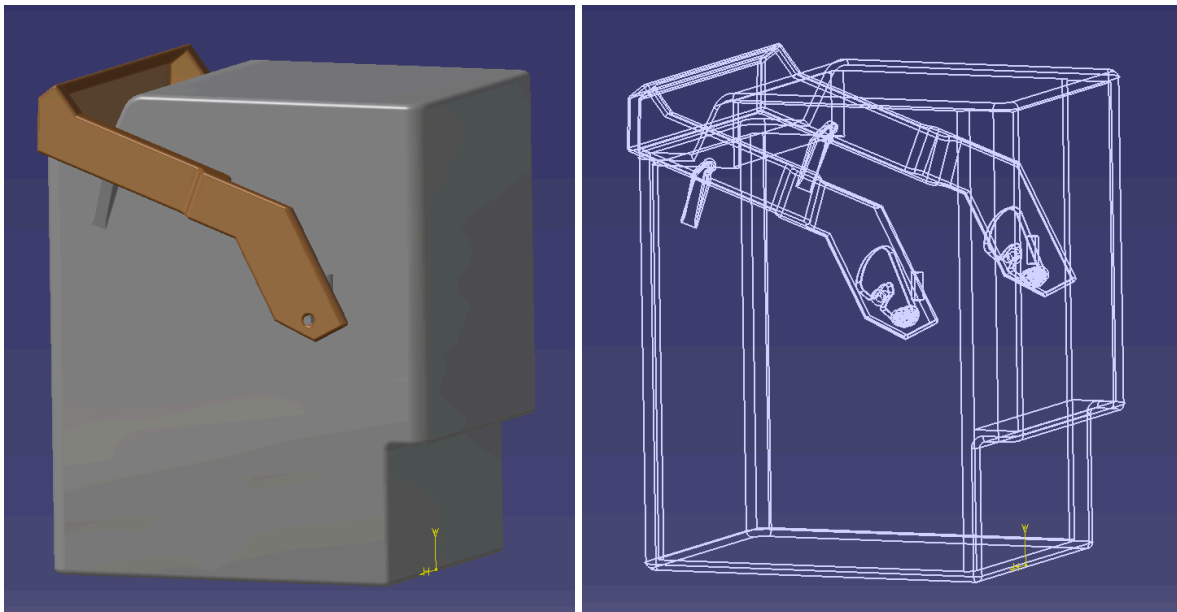


5.1.1 CAD-modell

För att få en uppfattning av handhavandet tillverkades en modell i skala 1:1 i CAD-programmet Catia. Här visas figurer på den slutliga CAD-modellen.

Figur 5.6

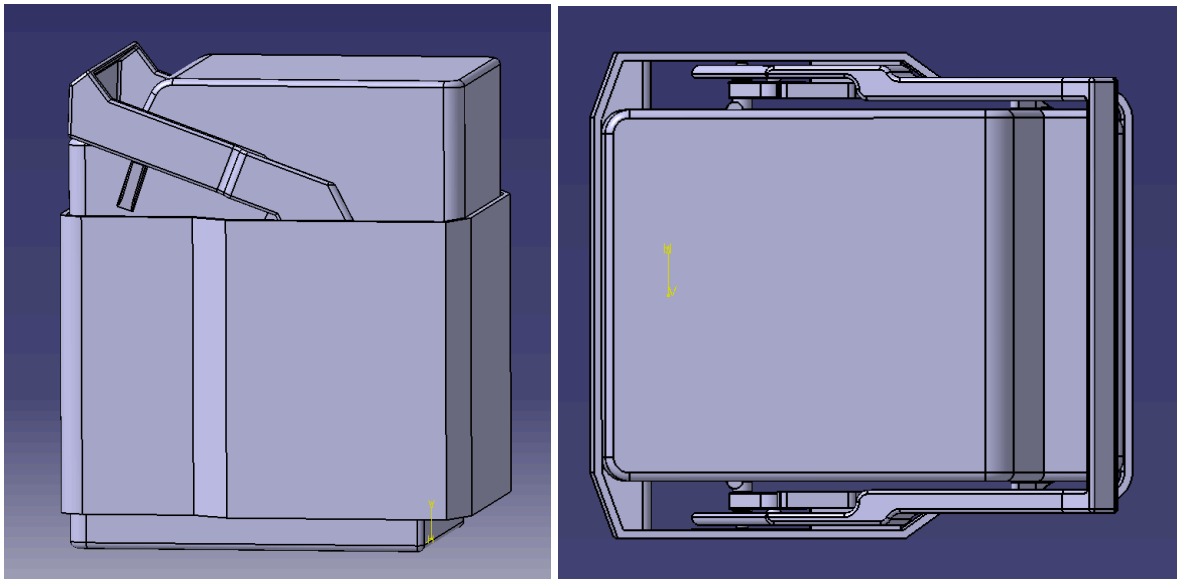
CAD-modell av batteriet i låst läge.



Kommentar. Excenterkammen är monterad mot batterihöljet med en torsionsfjäder som strävar efter stängt läge. Piggen på handtaget drar med sig handtaget ner. I det låsta läget fäster handtaget även med en plastpigg på var sida om batteriet, för att förhindra öppning av misstag. Elporten är belägen under avsatsen nere till höger på bilderna.

Figur 5.7

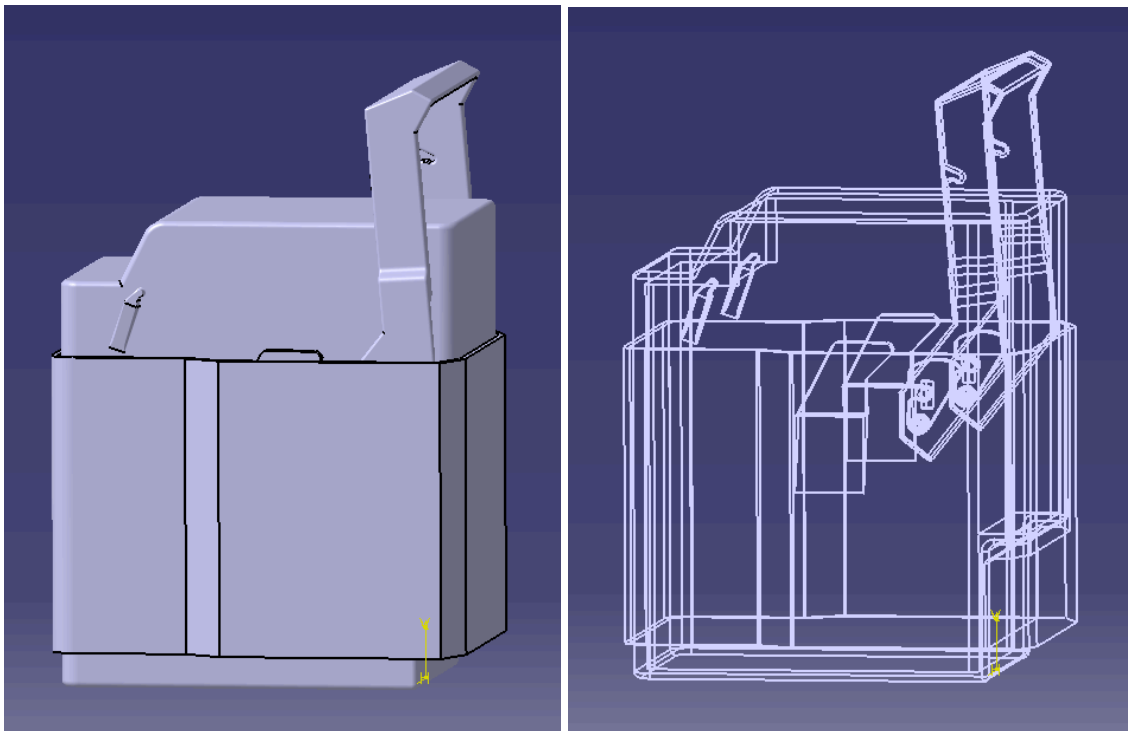
CAD-modell av batteriet monterat i batterihöljet.



Kommentar. Här ges en bild av hur mekanismen döljs av höljet vid bruk. Till höger syns batteriet monterat i höljet ovanifrån.

Figur 5.8

CAD-modell av batteriet monterat i batterihöljet i öppet läge



Kommentar. I det öppna läget tvingar handtagets pigg excenterkammen bakåt, varpå det uppstår en öppning som möjliggör att batteriet kan röra sig uppåt. Batteriet kan nu tas ut ur maskinen.

5.1.2 Produktsemantik

I tidigare kapitel 2.6 beskrivs produktsemantiken som eftersträvas med designen. Här nämns bland annat att produkten ska kommunicera en känsla av professionalism, kvalitet, pålitlighet och sportighet. Dessutom vill man att designen ska vara konsekvent gentemot Husqvarnas redan existerande designspråk. I den nya designen är handtaget det mest visuellt prominenta i designen på grund av dess storlek i relation till de små kammarna, därav ansågs det mest relevant att främst behandla handtagets utformning för att förmedla det uttryck som eftersträvades. Handtaget är designat med en angulär form, kombinerat med avfasningar för att förhindra utseendet från att se klumpig ut (motsatsen till sportig). Handtaget gjordes bredare än nödvändigt, detta i syfte att ge intrycket av stabilitet och kvalitet då ett för tunt handtaget skulle se bräckligt ut och inte kommunicera slagtlighet vilket ansågs särskilt viktigt för de kraftiga verktyg som batterierna ska sitta i. En svart tjock linje längst handtaget implementerades i designen för att ge intrycket av sportighet och kraftfullhet. Liknande till hur Ford Mustang bilarna har två tjocka ränder på ovansidan av motorhuvudet som komplimenterar det sportiga och kraftfulla uttrycket (se figur 5.9). Greppområdet på handtaget är orange då det är en färg som kännetecknar Husqvarnas produkter (se figur 5.1). För att signalera till användaren att handtaget bör greppas har kanterna rundats för att ge ett mjukare och mer inbjudande intryck runt detta område (se figur 5.4).

Figur 5.9

Ford Mustang GT500 med två tjocka vita ränder på motorhuvudet (Pixabay, 2018).



5.1.3 Ergonomi

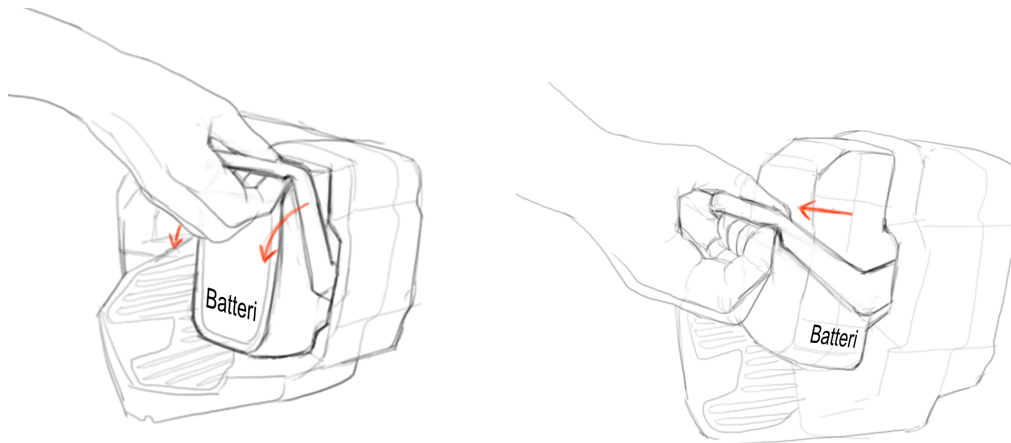
Den tydligaste förbättringen vad gäller ergonomin kommer från det nya handtaget. Handtagets utformning skapar ett hålrum ämnat för att användaren skall föra in fingertopparna (se figur 5.10) vilket ger fäste och tillåter stadig hantering av handtaget. Detta hålrum behövde åtminstone vara 20 mm bredd för att ge tillräckligt grepp (Johnson & Blackstone, 2007), men för att vara på den säkra sidan ökades avståndet till 30 mm, detta var den maximala bredd som kunde tillåtas och var beroende av hur mycket fritt utrymme som kunde skalas bort från batteriet utan att påverka tekniken inuti. Detta beslut fattades utifrån att batteriet också ska kunna greppas med tjockare arbetshandskar. När handtaget sedan dras upp i öppet läge kan användaren förstärka sitt grepp genom att dra fingrarna runt greppytan ytterligare och även använda tummen som stöd (se figur 5.10). Detta tillåter smidigare samt bekvämare transporter av batteriet.

Batteriets låsning öppnas med en hel armrörelse vilket sprider belastningen över en större mängd muskler och leder vilket innebär att belastningen på varje muskel och led är mindre (Berlin & Adams, 2017). Större kroppsrörelser upplevs även som mer bekväma och naturliga hos människor (Berlin & Adams, 2017). För att kommunicera till användaren när låsningen skett tillämpas haptisk feedback i designen (se teoretisk referensram). Då kammen klickar in i kanalen på insidan av höljet avges ett tydligt snäpp ljud som då verifierar för användaren att kammen nått låsningsposition. Den kognitiva belastningen minskar då användaren inte behöver undra eller oroa sig om batteriet är låst säkert eller inte. Utöver det ljud som avges av kammen förmedlas även information om låsning till användaren med hjälp av handtagets position. Då handtaget är i låst läge (se figur 5.7) kan inte kammen vara öppen på grund av piggens placering. När handtaget lägger sig i sitt låsta läge är det visuellt synligt för användaren att batteriet är låst vilket skapar en känsla av trygghet.

Den orangea färgen på handtagets övre part (se figur 5.4) fyller även en funktion i att minimera den kognitiva belastningen för användaren. Genom att göra handtaget i en högkontrastfärg som orange dras användaren uppmärksamhet till denna komponent vilket ger användaren information om att handtaget förmodligen har en viktig funktion. Färgen gör det alltså lättare för användaren att gissa sig fram till rätt beslut, intuitivt inser man att man skall dra i handtaget. För att inte förvirra användaren gjordes enbart greppområdet orange medan resterande delar av handtaget färgades i grått och svart. Det orangea gör även att batteriet syns tydligare i visuellt stökiga miljöer (tex skog) vilket gör det lättare att hålla reda på.

Figur 5.10

Illustration av urtagning av batteriet



Kommentar. Fingrarna förs in i springan på ovansidan och tummen greppar på motsatt sida om handtaget, vilket erbjuder ett stabilt grepp.

5.1.4 Kravuppfyllnad

Nedan går kraven igenom och deras uppfyllnad diskuteras kortfattat.

Tabell 5.1

Sammanfattning av kravspecifikationen och kravens uppfyllnad utifrån det utarbetade konceptet

Kravområde	Kravuppfyllnad
1 Konstruktionskrav	Dessa krav är i huvudsak uppfyllda. Glappfri låsning är uppnådd. Bakåtkompatibiliteten är begränsad eftersom det krävs viss re-design av höljet för att låsningen ska fungera.
2 Användningskrav	Kraven är uppfyllda. Låsningen ger en haptisk feedback. Handtaget ger en premiumkänsla.
3 Ergonomikrav	Kraven är uppfyllda. Låsningen sker med en hand och en kontinuerlig rörelse. Glappet mellan handtaget och batteriet medger utrymme för att användas med handskar.
4 Hållfasthetskrav	Dessa krav kräver omfattande tester för utvärdering. Tester skulle ge information om nötning och slagtålighet.
5 Hållbarhetskrav	Hållbarhetskraven är uppfyllda, produkten är enkel att demontera.

5.2 Hållbarhetsanalys

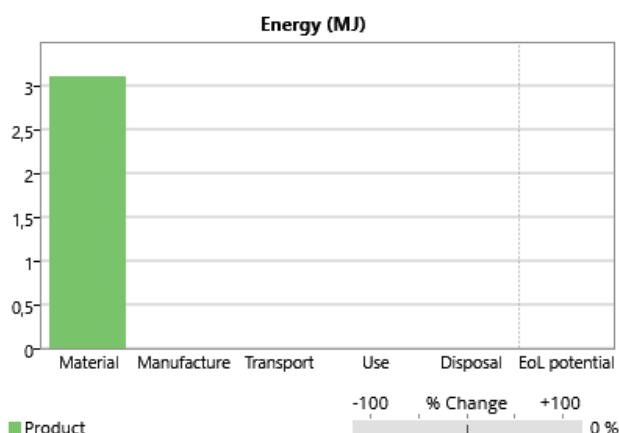
I detta avsnitt undersöks hur den nya utformningen på låsningsmekanismen bidrar till att göra produkten i sin helhet mer hållbar. Dessutom utförs även en Eco Audit där olika material undersöks för att identifiera vilket material som kan tillämpas i konstruktionen för att generera en så låg miljöpåverkan som möjligt.

5.2.1 Eco Audit

Efter att konceptet var valt genomfördes en hållbarhetsanalys med hjälp av Granta Edupack för att välja det minst miljöbelastande materialet. Granta Edupack gav totalt sju material som hade de mekaniska krav som efterfrågades, varav enbart två av dessa fanns i Eco Audit programmet, glasfiberförstärkt nylon (GFRP) och kolfiberförstärkt polymer (CFRP). En Eco Audit analys genomfördes på båda dessa material och visade att GFRP hade en mycket mindre miljöpåverkan i jämförelse med CFRP. I figurerna 5.11 och 5.12 nedan ser man hur mycket energi som förbrukas för materialet under dess totala livslängd som uppskattades till fem år, GFRP fick strax över 3 MJ medan CFRP fick strax över 20 MJ vilket då är 150% mer. På grund av detta valdes GFRP som material till alla komponenter i låsningsmekanismen (torsionsfjädrarna exkluderade). Observera att torsionsfjädrarna inte inkluderas i denna analys då de är standardkomponenter som beställdes in.

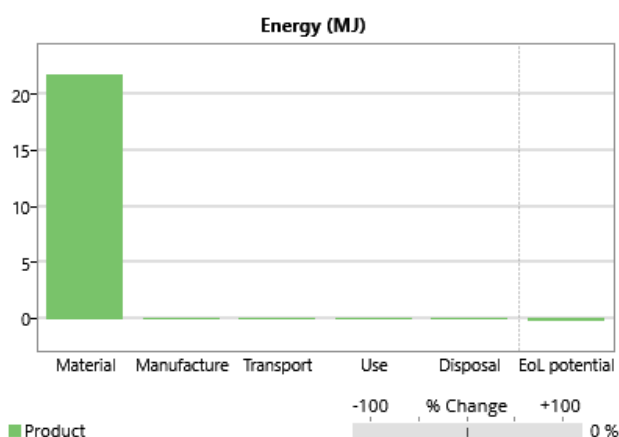
Figur 5.11

Eco Audit chart för GFRP



Figur 5.12

Eco Audit chart för CFRP



5.2.2 Reflektioner om hållbarhet

Livslängden av batteriet beror delvis på hur länge battericellerna i sig håller men även hur fysiskt skyddat batteriet är. Genom att designa en produkt som skyddar batteriet bättre i jämförelse med nuvarande lösning kan man öka livslängden. En ökad livslängd innebär en mindre total miljöpåverkan av produkten (Ashby et al., 2021). Genom att förbättra låsningen mellan batteri och hölje minimerar risken för skada på batteriet. Genom att göra låsningen glappfri slits elporten också mindre, då gnistor förebyggs. Det ergonomiska handtag som utvecklades förbättrar hanteringen av batteriet och ger användaren ett stadigare grepp på produkten, vilket minimerar risk för tapp och eventuell skada. Den nyutvecklade låsningen tillåter även batteriet att låsas till laddaren. Denna funktion säkrar batteriet medan det laddas och minimerar risk av tapp och skada. Alla komponenter i låsningsmekanismen är även utbytbara tack vare ett fokus på DFA (se teoretisk referensram). Vid slitage eller skada kan

individuella komponenter bytas ut istället för att kassera hela produkten, även detta ökar livslängden.

5.3 Jämförelse med ursprungsprodukt

Under detta avsnitt kommer den nya designen att jämföras med ursprungsprodukten. Sammanfattningsvis är slutsatsen att redesignen erbjuder ett antal förbättringar både vad gäller ergonomi, användarupplevelse och teknisk konstruktion.

Figur 5.13

Jämförelse mellan den nya (t.v) och den gamla (t.h.) lösningen med avseende på funktion och ergonomi.



Kommentar. På övre bilden syns ett antal funktioner hos redesignen. På den undre bilden illustreras ett antal problem.

5.3.2 Ergonomi

I den nuvarande designen av Husqvarna batterier tillämpas fjädrande knappar på vardera sida av batteriet för att låsa till höljet. Knapparna till skillnad från den nyutvecklade lösningen hanteras huvudsakligen med tumme och pekfinger och detta anses vara ofördelaktigt då belastningen är koncentrerad i två fingrar till skillnad från det nya handtaget där hela armen används för att lossa på låsningen. Som tidigare nämnts är det fördelaktigt att sprida belastningen över flera muskler och leder för att minimera belastningen på de mindre lederna. Att använda hela armen gör det även fysiskt lättare att avlägsna batteriet då man kan använda armens fulla styrka till skillnad från de få muskler som aktiveras av enbart pekfinger och tummen.

Utöver detta ger den nya designen mer greppyta till skillnad från nuvarande design där knapparna (speciellt för det minsta batteriet) är för små för att ge användaren ett gediget grepp om batteriet. Detta problem är som mest märkbart vid transport av batteriet då man vill ha ett så stabilt grepp som möjligt. Med den nya designen kan man bära batteriet med fyra fingrar (se figur 5.10). Detta ansågs mer stabilt i jämförelse med nuvarande lösning där man även aktivt måste klämma in knapparna för att ha fortsatt grepp vilket kan bli utmattande. Den nya designen kräver alltså bara att fingrarna är fortsatt böjda och då det är fyra fingrar och inte två är detta mindre belastande på varje finger.

Utöver att det är lättare att bära ett batteri kan man även med den nya designen bära på fler batterier så som det illustreras i figur 5.14. I den nuvarande designen blir det otympligt att bära flera batterier i sin famn medan med det nya handtaget kan man sannolikt greppa fyra batterier, två i vardera hand.

Figur 5.14

Skiss på en man som bär på fyra batterier, två i varje hand.



5.3.3 Haptik

Både den nya och nuvarande designen ger användaren haptisk feedback som signalerar att låsning skett framgångsrikt. Med knapparna på den nuvarande lösningen avges ett klick då de hamnar i låst position. Dock med den nya designen har man två haptiska feedback tillfällen, den ena då kammen klickar in i höljet och en då handtaget klickar in i sitt låsta läge på batteriet. Denna dubbla feedback ska kännas tryggare i jämförelse med det singulära klicket på den nuvarande produkten.

5.3.4 Konstruktion

Den största förbättringen på den nya designen är att glappfri låsning nu uppnås. Som nämnt i problembeskrivningen är problemet med att nuvarande batteri inte låste glappfritt till höljet av stor vikt, främst på grund av säkerhetsskäl. Problemet med glappet är en konsekvens av toleransavvikelser som kan uppstå vid tillverkning av individuella produkter och detta åtgärdas alltså med hjälp av den nya låsningsmekanismen. Implementeringen av excenterprincipen är vad som möjliggör glappfri låsning. Låsningen kan ske i olika lägen tack vare att kammen roterar in i kanalen i höljet och alltid stannar just då glappet upphört och batteriet inte kan tryckas in djupare i höljet.

Låsning mot laddaren är även en helt ny funktion som introducerats i den nya lösningen. Det är självaste låsningsmekanismen på batteriet som möjliggör låsning mot laddare och även här då glappfritt. Denna funktion håller batteriet säkrad vid laddning och kommer möjliggöra att batterier och laddare kan tas ut på fältarbete utan att riskera skada vid laddning under färd i fordon.

I jämförelse med nuvarande lösning har mängden komponenter reducerats. Reduktion av komponenter var ett önskemål från företaget men ansågs även relevant utifrån ett hållbarhetsperspektiv. Med färre komponenter blir produkten mindre känslig och dess livslängd förlängs vilket är mer miljövänligt. Den tidigare lösningen hade totalt tre fjädrar och två låstungor samt en knapp i botten av höljet medan redesignen tillämpar två fjädrar, två kammar, och ett handtag. Reduktionen av fjädrar är mest relevant då dessa små komponenter lättast fallerar i en konstruktion och är kostsamma. Med färre komponenter blir det även lättare att montera samman produkten vilket drar ner på arbetskostnaden.

Materialet som valdes för konstruktionen var likt nuvarande lösning fiberglasförstärkt nylon då som det är ett material som är formstabil över tid, slagåligt och kemiskt stabilt. Dessutom som nämnt i hållbarhetsanalysen hade det minst miljöpåverkan bland de material som undersöktes.

5.4 Fysisk prototyp

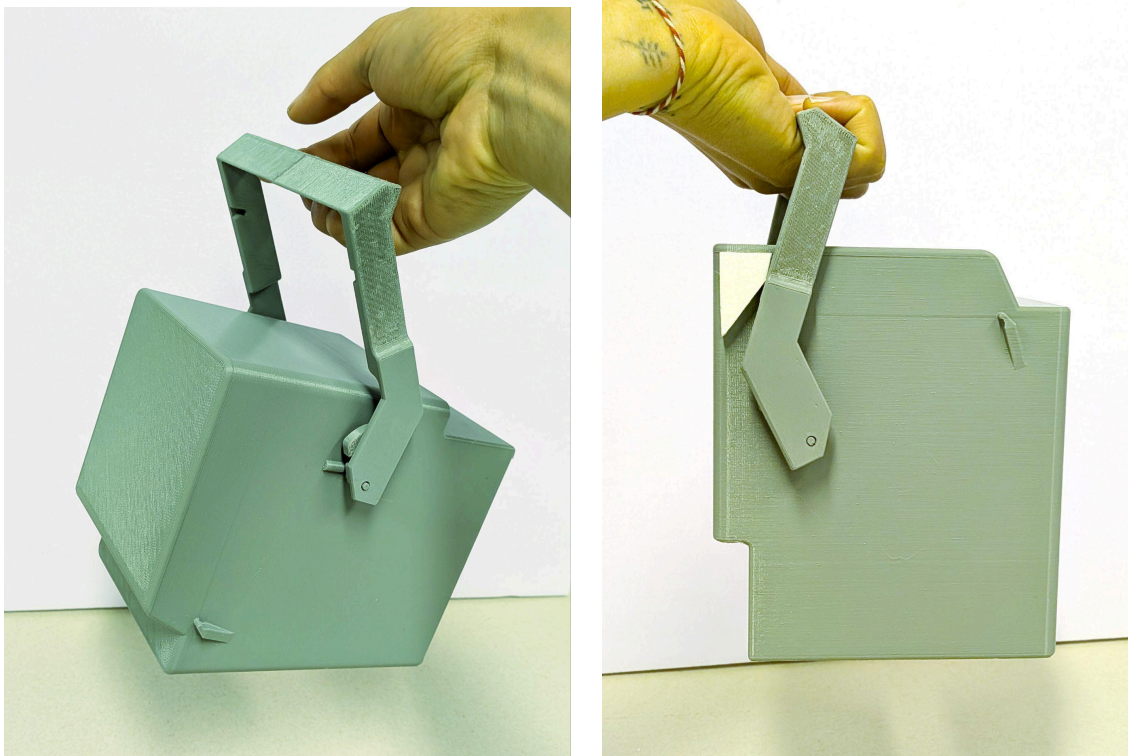
För att undersöka konceptet i sin helhet skrevs en fysiskt prototyp ut av CAD-modellen med hjälp av en 3D skrivare. Alla komponenter monterades samman och en spiralfjäder applicerades på vardera kam. Prototypen testades sedan vilket gav några insikter.

I huvudsak fungerade prototypen i enlighet med förhoppningarna. Snäpplåsningen på handtaget låser fast mekanismen i sitt låsta läge. I det låsta läget är det tight och glappfritt vid elporten, och kammarna verkar för att skapa ett konstant tryck. Handtaget känns bra att hålla i, även om ergonomin ytterligare kan förbättras - kanske kan det vara intressant med lite tjockare gods och ännu mer rundade former för att handtaget inte ska skära in i handen när man bär de tunga batterierna.

Några uppenbara vidare utvecklingsområden kring detaljer identifierades också. I det öppna läget, när batteriet är urtaget ur maskinen, är batteriet inte i balans, vilket innebär att batteriet tippas framåt. Detta kan lätt avhjälpas med ett stopp bakom handtagets arm, då ett sådant stopp inte skulle vara i vägen för själva mekanismen. Ett annat problem som identifierades var att insättningen är lite krånglig då batteriets bredaste delar sitter högre upp än botten och måste passas in under insättningen. Detta kan också enkelt avhjälpas med en anpassad form i botten så att batteriet hamnar rätt redan vid insättningen.

Figur 5.15

Utskrift av CAD-modell.



Kommentar. I bilden till vänster syns hur batteriet tippas framåt. I bilden till höger har en provisorisk kant monterats för att förhindra detta.

6 Diskussion

I detta avsnitt diskuteras de olika moment som ingått i arbetet. Metoden, genomförandet samt resultaten avhandlas. Det ges även förslag på framtida utvecklingsområden.

6.1 Metod och genomförande

Projektet inleddes med förstudier där tonvikten lades på att undersöka konkurrenters produkter och lösningar samt få en överblick över hur olika låsningsmekanismer kan fungera. Uppdraget från företaget som detta arbete utgår ifrån var relativt tydligt avgränsade vad gäller funktion och krav. En användarstudie gjordes, vilken gav värdefull information för vidare utveckling. Hade tiden funnits hade det varit värdefullt med mer input från användare för att öka förståelsen för bristerna i den nuvarande lösningen. Det var också svårt att få en korrekt bild av produkten utifrån att den prototyp som vi hade tillgång till saknade väsentliga delar samt hade dimensioneringfel som den befintliga produkten på marknaden enligt företagets utsaga saknar. Detta medförde att det inte var möjligt att korrekt analysera nuvarande produkts faktiska funktion.

Merparten av arbetet innefattade idégenerering och iterering i flera cykler. Två metoder användes för selektion, PNI och kesselringmatrisen. PNI som första urvalsmetod gav en överblick över vilka aspekter av mekanismerna som var intressanta att undersöka närmare, vilket ledde vidare till korsbefrukning mellan intressanta koncept. Kesselringmatrisen gav i ett senare skede en insikt om hur väl de olika koncepten uppfyllde de krav som ställts på produkten, vilket bidrog med en värdefull helhetsbild. Då de tekniska kraven på produkten var så specifika kom tonvikten att hamna på att uppfylla dessa. Om tiden hade funnits hade det varit värdefullt att fördjupa sig ytterligare i ergonomiska och semantiska aspekter av produktens utformning.

Under hela arbetets gång skapades grova prototyper i lättbearbetade material. Detta var ett effektivt och relativt enkelt sätt att få en uppfattning om mekanismernas funktion och handhavandet av produkten. I slutskedet skapades ett antal detaljer som CAD-geometrier som sedan skrevs ut och testades. Hade tiden funnits hade det varit värdefullt att systematiskt testa och utvärdera en fullskalig prototyp i samarbete med målgruppen, med en korrekt vikt och material av ett batteri, för att identifiera och åtgärda eventuella brister.

Hållbarhetsanalysen begränsades av Eco Audit och vilka material som fanns tillgängliga i databasen. Eftersom majoriteten av de material som borde ha undersökts inte fanns tillgängliga i Eco Audit, blev resultaten från denna analys opålitliga och kräver ytterligare utvärdering med ett mer avancerat program.

6.2 Slutgiltigt koncept

Batterierna som Husqvarna tillverkar snart kommer att finnas i tre storlekar: en liten, en stor och snart lanseras ett ännu större batteri. Med alla dessa storlekar behöver låsningsmekanismen justeras, mer specifikt behöver handtaget justeras för att kompensera för ökningen i höjd. Det kräver alltså att låsningen fungerar individuellt på alla storlekar och att de ska passa in i samma verktyg utan problem vilket kan medföra utmaningar. På det minsta batteriet får man se till att handtaget inte blir för kort och att ergonomin därigenom försämras. På det största batteriet (som inte lanserats ännu) behöver man bara förlänga handtaget.

Ytterligare problematik med det slutliga konceptet är att ergonomin inte är anpassad efter hur varje typ av verktyg hanteras. Som tidigare nämnt ska dessa batterier fungera på en rad olika verktyg medan man i detta arbetet huvudsakligen utgick från motorsågarna som referens då det var det som tillhandahölls som prototyp för undersökning av låsningsmekanismen. Under arbetet blev det därför lätt att många designbeslut påverkades av just den prototyp man fick av företaget. Risken är att produkten som skapats nu är inkompatibel med andra husqvarna verktyg. Till exempel att ergonomin för att dra ut batteriet från en lövblåsare blir ofördelaktig då batteriet inte är placerat på samma sätt som på motorsågen. Idealt hade man haft tillgång till alla verktyg för att säkerställa att produkten blev kompatibel med alla, dock var detta inte logistiskt möjligt då arbetet inte utfördes på plats hos Husqvarna där man då hade haft tillgång till alla verktyg.

Som tidigare nämnt var bakåtkompatibilitet ett av företagets önskemål för redesignen vilket var något av det mest utmanande vid produktutvecklingen. Flera koncept som annars hade god potential till att bli slutkoncept valdes bort då de ansågs avvika för mycket från nuvarande lösning. Ett särskilt intressant exempel var rotationslåset som fungerade som ett bajonettlås. Detta koncept med dess cylindriska batteriform avvek alltså för mycket och valdes därav bort. Med större frihet hade mer innovativa lösningar kunnat utforskas, men då större förändringar är en stor ekonomisk risk för företag var det inte en möjlig aveny i detta arbete.

Eftersom utformningen av slutkonceptet inte baserades på beräkningar för specifika belastningar i alla komponenter överdimensionerades alla komponenter för att säkerställa att den slutliga prototypen inte skulle haverera. Då den slutliga prototyp som skulle testas inte skulle vara i glasfiberförstärkt nylon då detta material inte är tillgängligt med 3D printers fick dimensionering också delvis avgöras med detta i åtanke. Det material som användes i 3D printingen av prototypen var PLA som har betydligt längre styrka i jämförelse med glasfiberförstärkt nylon.

För att korrekt bedöma premiumkänslan hade en mer verklighetstrogen prototyp behövts. Detta hade krävt ett flertal itereringar med finjusteringar av mellanrum, detaljer och proportioner. Storleken på springan mellan handtaget och batterihöljet hade behövt utvärderas av användare med en variation i handstorlek och med typiska arbetshandskar för att hitta de

optimala dimensionerna. Alla dessa saker är emellertid justeringar som enkelt låter sig göras utifrån den tillgängliga prototypen.

6.3 Rekommendationer för framtida utveckling

Huvudsakligt fokus i arbetet har legat på självaste låsningsmekanismen mellan batteriet och höljet. Under arbetets gång upptäcktes det dock flera angränsande mekanismer som också kan vara meningsfulla att titta närmare på. En av dessa är utformningen på elkontakten/porten som leder ström mellan batteri och verktyget. Som tidigare nämnt var ett stort problem med nuvarande produkt att glapp uppstod i elkontakten. I nuläget finns det ingenting i denna kontakt som hjälper till med att bibehålla kontakten. I andra, liknande verktyg kan det ibland finnas en fjädrande funktion inbyggd i själva kontakten, något som det kan vara värt att titta vidare på.

Hållfastheten och stöttåligheten, samt slitage över tid, är alla aspekter som behöver verifieras med omfattande testning, som ligger utanför ramen för detta arbete. Utifrån dessa tester kan dimensioneringar behöva justeras.

Verktygen kommer att användas under olika krävande förhållanden och av olika användare. Det är önskvärt att genomföra användarstudier ute i fält för att undersöka ergonomi och funktion i situationer som kan uppstå i verkligheten.

Eftersom Grantas materialdata begränsade utförande av hållbarhetsanalysen skulle man behöva utföra vidare undersökningar på de material som inte gick att undersöka med Eco Audit.

7 Slutsatser

Syftet med arbetet har varit att ta fram ett ny infästningsmekanism till batteridrivna handhållna skogs- och trädgårdsredskap åt Husqvarna. Nedan presenteras slutsatser utifrån frågeställningarna i avsnitt 1.4.

För att medge en glappfri låsning har excenterprincipen identifierats som den bästa lösningen utifrån de krav som identifierades. Med de excentriska kammarna som brukas i det nya konceptet kommer låsning alltid ske glappfritt oavsett dimensionella avvikelser som kan uppstå vid produktion. Excenterkammarna låser sig även smidigt till laddaren på samma sätt som de låser till höljet.

Mängden komponenter har reducerats med hjälp av redesignen. Antalet fjädrar har minskat från tre till två, medan antalet plastdetaljer är detsamma. Det nya konceptet är utvecklat utifrån att det ska vara enkelt att montera.

Ergonomin kunde förbättras genom att byta ut knapparna mot handtaget belastas kroppen mindre. Dessutom då detta handtaget är större och mer anpassat efter den mänskliga kroppen kunde ergonomin förbättras ytterligare. Det blir också lättare att hantera och bära med sig handtaget i ett stadigt grepp, och det är möjligt att bära fler batterier samtidigt.

Batteriet låser även nu till laddaren, vilket inte var möjligt med den tidigare lösningen.

Referenser

American Society for Quality. (n.d.). *Benchmarking*.

<https://asq.org/quality-resources/benchmarking>

Arbetsmiljöverket. (2012). *Belastningsergonomi: Arbetsmiljöverkets föreskrifter och allmänna råd om belastningsergonomi (AFS 2012:2)*.

<https://www.av.se/globalassets/filer/publikationer/foreskrifter/belastningsergonomi-foreskrifter-afs2012-2.pdf>

Asaram, L. S. (2023, October 30). *The thrilling engineering behind Formula 1 cars - Engineering Institute of Technology*.

<https://www.eit.edu.au/the-thrilling-engineering-behind-formula-1-cars/>

Autodesk. (2018). *Autodesk | 3D Design, Engineering & Construction Software*.

Autodesk.com. <https://www.autodesk.com/>

Berlin, C., & Adams, C. (2017). *Production Ergonomics*. Ubiquity Press.

Brainstorming - The Writing Center. (2011). The Writing Center.

<https://writingcenter.unc.edu/tips-and-tools/brainstorming/>

Brigham Young University. (n.d.). *Compliant Mechanisms Research Group*.

<https://www.compliantmechanisms.byu.edu/>

Brown, T. (2009). *Change by design: How design thinking creates new alternatives for business and society*. HarperBusiness.

Custer, M. (n.d.). *Cams: How they work*. Massachusetts Institute of Technology.

<https://web.mit.edu/custer/www/rocking/cams/cams.body.html>

Engineering Institute of Technology. (n.d.). *The thrilling engineering behind Formula 1 cars*.

<https://www.eit.edu.au/the-thrilling-engineering-behind-formula-1-cars/>

Howell, L. L. (2001). *Compliant mechanisms*. Wiley.

Johnson, P. W., & Blackstone, J. M. (2007). Children and gender – Differences in exposure and how anthropometric differences can be incorporated into the design of computer input devices. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health, Supplement*, 33(3).

https://www.researchgate.net/publication/41464372_Children_and_gender_-_Differences_in_exposure_and_how_anthropometric_differences_can_be_incorporated_into_the_design_of_computer_input_devices/figures?lo=1

Kaljun, J., & Dolšak, B. (2012). Ergonomic design recommendations based on an actual chainsaw design. *South African Journal of Industrial Engineering*, 23(2), 215–229.

<https://scielo.org.za/pdf/sajie/v23n2/19.pdf>

- Levitt, T. (1980, January). Marketing success through differentiation—of anything. *Harvard Business Review*.
<https://hbr.org/1980/01/marketing-success-through-differentiation-of-anything>
- McClements, D., & Paulsen, G. (2025, March 21). *All about computer-aided design (CAD) modeling*. Xometry. <https://www.xometry.com/resources/3d-printing/cad-modeling/>
- Pixabay. (2018, November 21). *Shelby Muscle Car - Free photo on Pixabay*. Pixabay.com.
<https://pixabay.com/photos/shelby-muscle-car-car-mustang-3821716/>
- Putz-Anderson, V. (1988). *Cumulative trauma disorders: A manual for musculoskeletal diseases of the upper limbs*. Taylor & Francis.
- Ryan, V. (2024). *CAMs – Types of motion*. <https://technologystudent.com/cams/cam10.htm>
- The Writing Center, University of North Carolina at Chapel Hill. (n.d.). *Brainstorming*.
<https://writingcenter.unc.edu/tips-and-tools/brainstorming/>
- Torsion Springs Explained: Essential Guide for Innovators and Manufacturers. (2015).
 Thespringstore.com.
<https://www.thespringstore.com/torsion-springs.html#what-is-a-torsion-spring>
- Totem MT. (2018). *Totem Cam mechanical principles*.
https://www.totemmt.com/wp-content/uploads/2018/09/TotemCam_Mechanical_Principles.pdf
- Trädgårdsmaskiner - Husqvarna, Bosch, Jonsered, Gardena m.fl. hos HORNBACH.se*. (2025). HORNBACH. <https://www.hornbach.se/c/tradgard/tradgardsmaskiner/S17797/>
- University of Newcastle. (n.d.). *Plus, minus, interesting*.
<https://www.newcastle.edu.au/current-staff/teaching-and-research/teaching-resources/ldti/ldti-teaching-resources/resources/plus-minus-interesting>
- Uppslagsverk - NE.se. (2025). *Haptik*.
<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/haptik>
- What is benchmarking? Technical & competitive benchmarking process | ASQ. (2025).
ASQ.org.
https://asq.org/quality-resources/benchmarking?srsId=AfmBOorhMJ-_bR9GQ5U1sgnXMBIe5WdO2G0FO9XfSqcmIYD8h8hns4vZ
- Åsa Wikberg Nilsson, Åsa Ericson, & Törlind, P. (2015). *Design : process och metod*. Studentlitteratur.
- Österlin, K. (2016). *Design i fokus* (4:e uppl.). Liber.

Bilagor

Bilaga 1: PNI

Koncept	Positivt	Negativt	Intressant	ev.problem/utforska mer
Kammen	-tight låsning -rör sig bara inåt -vibrationstålig -enkel insättning -låser sig till laddaren -handtag	-komplicerad montering? -stora krafter, punktbelastning -stora krafter i release? -friktionsförslitning	-excentricitet -pågående tryck inåt	-release -punktbelastning -kräver friktionskoefficient på ca 0.2 minimum
Armen	-glappfri låsning -få komponenter -handtag	-vibrationstålig?	-expanderande	-stanna i olika lägen -appliceringslösningen -fälla ner handtag
Ellipsen	-enkel lösning -intuitiv	-möjlig utifrån kravspec?	-rotation	-stopp
Flex-fjäder	-enkel	-toleranser		-kräver ytterligare låsning -hållfasthet?

Bilaga 2: Kesselringmatrix

Krav	v	Koncept		KAM		SLIDE		PINCH		ECCENTER	
		ARMEN	t = u*v	u	t = u*v	u	t = u*v	u	t = u*v	u	t = u*v
K1 Ergonomiskt grepp	5	3	15	5	25	5	25	1	5	5	25
K2 Lätt att applicera	4	2	8	5	20	5	20	5	20	3	12
K3 Låser sig automatiskt	3	2	6	5	15	2	6	5	15	4	12
K4 Hanterbar med en hand	4	5	20	5	20	5	20	5	20	5	20
K5 Hanterbar med handskar	3	5	15	5	15	4	12	5	15	5	15
K6 Trygg låsning vid bruk	5	2	10	5	25	4	20	5	25	5	25
K7 Vibrationstålig	5	4	20	4	20	5	25	5	25	5	25
K8 Komp för toleransavvikelser, låser tätt	5	5	25	5	25	5	25	5	25	5	25
K9 DFA	4	5	20	3	16	4	16	3	20	3	12
K10 Slagtålig	5	3	15	4	20	3	15	4	20	5	25
K11 Kompakt	4	1	4	1	4	2	8	5	20	5	20
K12 Låser mot laddaren	4	4	16	4	16	4	16	4	16	4	16
K13 Haptisk feedback på låsning	3	4	12	1	3	1	3	1	3	1	3
K14 Design for disassembly	3	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15
K15 Få komponenter	4	3	12	2	8	4	16	2	8	3	12
K16 Okänslig för nötning/lång livstid	4	3	12	1	4	2	8	4	18	4	16
SUMMA			225		251		250		270		278