



CHALMERS



MAXIVENT

Framtagning av Maxivent OW

Kandidatarbete vid Industri- och materialvetenskap

Amanda Holmberg
Emrik Andersson
Filip Takvam
Matilda Sandberg
Robin Ohlsson
Wille Karlsson

INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2022
www.chalmers.se

Framtagning Maxivent OW

AMANDA HOLMBERG

EMRIK ANDERSSON

FILIP TAKVAM

MATILDA SANDBERG

ROBIN OHLSSON

WILLE KARLSSON

Institutionen för Industri- och materialvetenskap

Chalmers University of Technology

Gothenburg, Sweden 2022

Framtagning av Maxivent OW

Författare: Amanda Holmberg, Emrik Andersson, Filip Takvam, Matilda Sandberg, Robin Ohlsson & Wille Karlsson

© AMANDA HOLMBERG, EMRIK ANDERSSON, FILIP TAKVAM, MATILDA SANDBERG, ROBIN OHLSSON & WILLE KARLSSON 2022.

Handledare: Johan Heinerud, Institutionen för industri- och materialvetenskap

Examinator: Lars-Ola Bligård, Institutionen för industri- och materialvetenskap

Institutionen för industri- och materialvetenskap

Chalmers tekniska högskola

SE-412 96 Göteborg, Sverige

Telefon +46(0) 31-772 1000

Tryck: Chalmers Digitaltryck

Göteborg, Sverige 2022

Förord

Kandidatarbetet har pågått våren 2022 under institutionen för industri- och materialvetenskap på Chalmers Tekniska Högskola tillsammans med företaget ÅSS Processventilation. Syftet med projektet har varit att ta fram en industriell luftrenare som passar in i formspråket för den redesign av Maxivent Luftrenare som skapades under ett tidigare kandidatarbete våren 2021 tillsammans med ÅSS. Vi är mycket nöjda och stolta över resultatet och skulle vilja rikta ett enormt tack till alla parter som hjälpt oss under projektet.

Inledningsvis vill vi tacka vår handledare Johan Heinerud för all hjälp och guidning under kandidatarbetet. Vi vill tacka Johan Borgede på ÅSS för det förtroende och den stöttning vi fått. Även ett stort tack till övrig personal på ÅSS för hjälpen de bidragit med.

Slutligen vill vi tacka vår examinator Lars-Ola Bligård som tillsammans med vår programansvarig Andreas Dagman har gjort det här kandidatarbetet möjligt.

Sammanfattning

Kandidatarbetet har genomförts i samarbete med företaget ÅSS processventilation i syfte att designa en ny produkt för uthyrning inom byggbranschen och tungindustri. Den nya produkten fokuserade på ett enkelt filterbyte, skydd vid transport samt förflyttning.

Genom en förstudie med intervjuer, observationer och enkäter skapades en förståelse för den målgrupp produkten skulle anpassas för. Detta gav en bra grund att bygga vidare efterföljande delar av designprocessen på. Med vedertagna metoder och verktyg för idégenerering, konceptframtagning och konceptval har sedan ett slutkoncept tagits fram som motsvarar de behov och krav som identifierats hos både företaget och målgruppen.

Slutresultatet, Maxivent OW, är en portabel och kraftfull luftrenare med tydlig koppling till Maxivents designspråk. Den har en lucka för enkel åtkomst av filter och stora hjul samt teleskophandtag för enkel förflyttning i olika miljöer. Med detta har produkten möjliggjort lätt och flexibel användning. Därtill har den ett hårt hölje av aluminium och med en insida av aluminiumprofiler som likt ett skelett bygger upp konstruktionen blir den nya Maxivent OW robust och tål de tuffa miljöerna den ska användas i.

Denna nya produkt förväntas kunna vara en nyckelkomponent i att bredda ÅSS marknad och vara en stolt del i Maxivent produktserie för trygg och säker luftrening.

Abstract

This bachelor thesis was conducted in collaboration with the company ÅSS Processventilation. The purpose was to design a new product for rental within the construction industry. This new product focused on easy exchange of filters, movement and protection during transport.

A feasibility study with interviews, observations and questionnaires deepened the understanding of the product's target group. This gave a good basis to build upon in subsequent parts of the design process. Established methods and tools for idea generation, concept development and concept selection, lead to the development of a final concept that corresponds to the needs and requirements identified both by the company and in the target group.

The result, Maxivent OW, is a portable and powerful air purifier with a clear connection to Maxivent's design semantics. With a large door for easy access to filters and large wheels, and telescopic handles for easy movement in various environments. This has enabled easy and flexible use for the product. With a hard aluminum casing and an inside of aluminum profiles that, like a skeleton, build up the construction, the new Maxivent OW is robust and can withstand the tough environments in which it will be used.

This new product is expected to be a key component in broadening the ÅSS market and be a proud part of the Maxivent product line for safe and secure air purification.

Executive Summary

ÅSS Processventilation is a family-owned company who have been in the ventilation system business for over forty years. Their bestselling product is the "Maxivent Luftrenare " which can be found both as a ceiling version and on wheels. Last year, ÅSS was a part of a bachelor thesis which resulted in a redesign of the Maxivent ceiling version called Maxivent EC. This year's focus is to create a portable air purifier aimed towards workers in construction and heavy industry which is a new market for the Maxivent line. The final product should have a strong resemblance to Maxivent EC since they will be part of the same product family. The main customer for this type of product is construction rental companies. This means that the purifier must be constructed to fit the needs for both the main users and the rental companies.

This type of air purifier uses two main filters in general. One coarse filter that catches the bigger particles in the air and one micro filter that catches smaller particles. The suction is generated with a motorized fan that leads the contaminated air through the filters and out through the outlet or an evacuation tube. It is important that the air purifier is portable since it needs to be relocated to where the need exists. It is also important that the product is easy to clean since it is often used in very dusty environments.

In the initial part of the project data was gathered through benchmarking, interviews, and observations. The data was then analyzed to define a design specification where requirements and preferences were listed. Next phase was ideation where the key focus points were transportation, filter change, filter protection and shape. Here, the group generated solutions to these four focus points. The solutions could later be combined into complete concepts. Three concepts were selected and evaluated separately and against each other. This resulted in the choice of the concept which would later be called Maxivent OW. The project was split into three special teams, shape and function, user interface and ergonomics, and technical systems. The teams worked in parallel but with close communication.

The result was Maxivent OW.

The main body is constructed of an aluminum profile frame which brings both stability and an endless number of anchoring points. Panels and bent plates can then be attached to the frame and create a motor housing with room for electrical components and an air outlet. This allows for easy disassembly and maintenance as each component is mounted separately. In the front there is a door where the filters can be placed inside. The majority of the product is constructed in 3 mm aluminum plates to make it light and durable.

Parts which the user can interact with all have the distinct copper orange color in contrast to remaining parts that are light and dark gray.

The filter change has been constructed to be done as simply and effectively as possible. Two latches were placed to hold the door in place and when released, the door opens like a dishwasher. When opened, both filters can slide in and out on rails. The micro filter is placed in the back end of the door and pressed against the motor inlet to create a seal when closed.

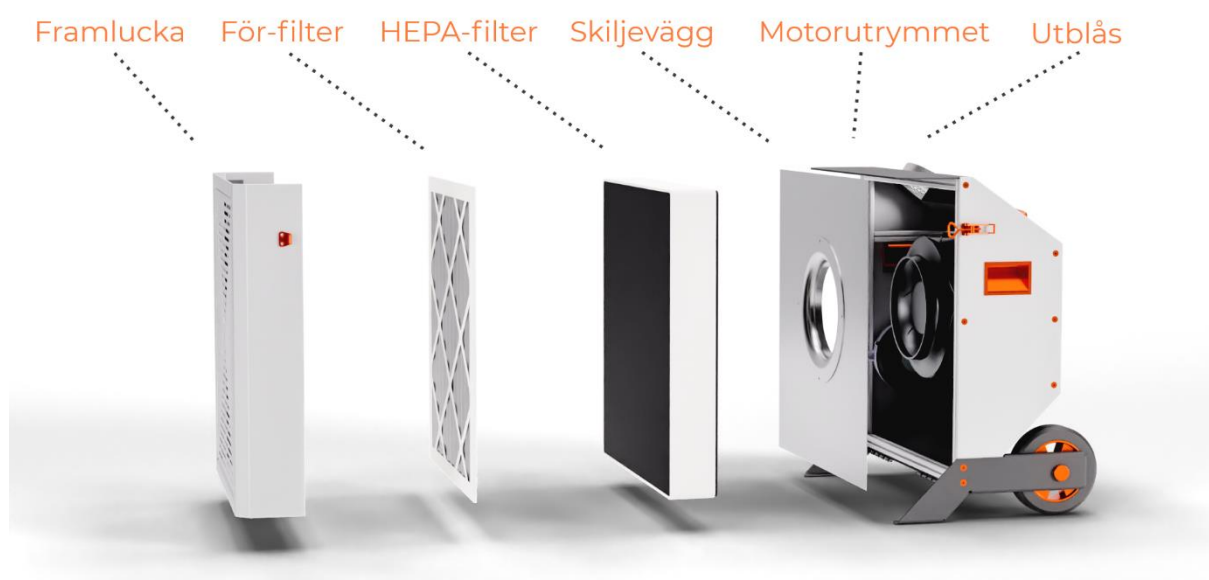
To move Maxivent OW over the ground, large wheels were added to generate stability. This was combined with a telescopic handle to make the height of the handle personally adjustable. Handles were also placed on the side to enable the user to lift it in and out of a car or upstairs as ergonomically correct as possible.

The Maxivent OW is equipped with an EC fan. This is controlled through a microcontroller with a digital potentiometer. The user can control the speed of the fan in three steps through the microcontroller by interacting with a button. The speed-setting of the fan is presented in three segments consisting of addressable LED:s. The segment layout is designed to strengthen the brand identity with the Maxivent EC. A pressure sensor is used to make sure that the airflow through the filter is sufficient. When a deviation from the given pressure interval is measured the user will be notified that the filter must be changed. In addition, the Maxivent OW is equipped with a USB-port. Through this, the machine's operating time can be accessed with a computer.

The final result is a concept of a portable air cleaner, meets the requirements and is possible for ÅSS to produce. Components and material are planned to be bought through suppliers known by ÅSS and the total production cost will accumulate to under 10 000 SEK. Maxivent OW's optimized shape makes it lighter and more portable compared to many other air purifiers with the same capacity. Important design factors from Maxivent EC have been implemented to fit the new market and the type of manufacturing. The easy disassembly combined with the use of a micro controller enables for easy maintenance. Maxivent OW is well suited for both the users and the rental companies' maintenance personnel.

Ordlista

AC-motor	Alternating Current motor.
EC-motor	Electronically Commutated motor.
Fläktpaket	Sammansatt komponent med motor och tillhörande fläkt.
Filterkassett	Finfilterkassett med kol- och HEPA-filter.
Hepa-filter	Ett högeffektivt partikelfilter som kan filtrera luftburna partiklar med en storlek av 0,3 µm i diameter.
För-filter	Filter av polyesterfiber som fångar upp större dammpartiklar.
DFX	Samlingsbegrepp för metoder så som design for assembly, dissassembly, manufacturing.
EDA	Electronic design automation.
Designspecifikation	Sammanställning av krav och önskemål.
Antropometrisk	Läran om mänskliga kroppsmått.
Guessability	Med den kvalitét en användare kan utföra specifika uppgifter för första gången
EEPROM	Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory.



Översikt över ingående delar i luftrenaren

Innehåll

1 Inledning.....	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Problembeskrivning	1
1.3 Syfte	1
1.4 Avgränsningar.....	2
3 Orientering	5
3.1 Luftrenare	5
3.2 ÅSS Processventilation.....	5
3.3 Målgrupp och marknad	5
3.4 Kandidatarbete 2021.....	6
4 Teori.....	Fel! Bokmärket är inte definierat.
4.1 Teoretiskt ramverk	7
4.2 Datainsamlingsmetoder	7
4.3 Idégenereringsmetoder	9
4.4 Analysmetoder	10
4.5 Konceptgenereringsmetoder	11
4.6 Utvärderingsmetoder - Teoretiska och empiriska	11
4.7 Visualiseringsmetoder	12
5 Genomförande	13
5.1 Projektupplägg.....	13
5.2 Förstudie.....	14
5.4 Idégenerering.....	17
5.5 Konceptgenerering och konceptval	18
5.6 Utveckling av slutkoncept.....	19
5.7 Produktvisualisering.....	21
6 Resultat – Behov och krav.....	25
6.1 Lagar och riktlinjer.....	25
6.3 Analyser av Maxivent /dagsaktuella produkter	26
6.3 Datainsamlingsmetoder	29
6.4 Designspecifikation	31
7 Resultat – Konceptframtagning	33
7.1 Konceptgenerering.....	33

7.2	Konceptutveckling.....	35
7.3	Teknik.....	39
7.4	Gränssnittet	44
7.5	Estetik.....	46
8	Resultat – Maxivent OW	49
8.1	Funktion.....	49
8.2	Konstruktion och tillverkning	51
8.3	Montering.....	54
8.3	Dimensioner, vikt och materialkostnad.....	55
8.4	Gränssnitt	56
8.5	Estetiskt uttryck.....	57
9.	Diskussion.....	59
9.1	Slutprodukten.....	59
9.5	Datainsamlingsmetoder	62
9.6	Förbättringspotential	63
9.7	Hållbarhet	64
10	Slutsats	66
	Referenser	69
	Bildreferenser.....	71
	Bilagor	ii
	A1 - Intervjuguide.....	iii
	A2 - Intervjuguide.....	vi
	B - KJ-analys av djupintervjuer	ix
	C – HTA.....	xii
	D - Persona och användningsscenario	xiii
	E - Observationsguide, användartest gränssnitt.....	xv
	F - Enkätundersökning av användargränssnitt	xvi
	G - FMEA.....	xx
	I - Form: former i blender	xxiv
	J - Resultat Kesselringmatris	xxv
	K - Resultat från enkät	xxvi

1

Inledning

Luftrening är en väletablerad teknik som används inom industrin och byggbranschen för att förebygga hälsorisker kopplad till sämre luftkvalité. Företaget ÅSS Processventilation har länge jobbat med att förbättra arbetsmiljön i slöjd- och lektionssalar. Nu vill de bredda sin marknad och en ny luftrenare har därför skapats i samråd med företaget. Följande kapitel kommer redogöra för projektets syfte, bakgrund till problemet samt avgränsningar.

1.1 Bakgrund

ÅSS processventilation är ett familjeföretag som funnits i över 40 år med mycket erfarenhet av moderna ventilationssystem. På 90-talet började de tillverka Maxivent Luftrenare, en takhängd luftrenare för lektions- och slöjdsalar. Produkten förblev oförändrad i nästan 30 år tills ett kandidatarbete från Chalmers Tekniska Högskola, 2021, redesignade luftrenaren och skapade Maxivent EC. Redesignen blev så pass lyckad att ÅSS nu vill utöka sitt sortiment och avser att kommande produkter skall följa samma designspråk och ha en tydlig visuell koppling till EC-modellen för att ingå i samma produktserie.

ÅSS nästa mål är att introducera en ny portabel luftrenare som riktar sig mot byggbranschen och tungindustrin. Luftrenare har vanligtvis höga inköpspriser och detta i kombination med att de vanligtvis bara används under vissa delar av byggprojekten innebär att många väljer att hyra produkten stället för att köpa in en egen.

1.2 Problembeskrivning

För att kunna användas på sin avsedda marknad måste den nya luftrenaren vara anpassad efter både användarnas och uthyrarnas behov. Den måste också vara anpassad efter ÅSS tillverkningsmöjligheter och luftrenaren behöver därför designas på ett sätt som möjliggör en realiserbar och enkel produktion samt montering. För att stärka ÅSS varumärkesigenkänning ska luftrenarens utseende anpassas till de designriktlinjer som tagits fram för Maxivent EC.

Att luftrenaren ska fungera för uthyrning ställer ytterligare krav på designen. Luftrenaren måste bland annat vara enkel och säker att förflytta både kortare och längre sträckor. Den behöver också ha en konstruktion med hållbara komponenter som motverkar bucklor och andra skador för att den inte ska gå sönder fort eller se sliten ut efter några uthyrningar. Eftersom luftrenaren kommer att användas av många olika användare är det också viktigt att produkten är lätt att förstå, att den är anpassad för olika typer av människor och att interaktionen inte kräver några förkunskaper.

1.3 Syfte

Syftet med projektet är att ta fram ett realiserbart koncept för en portabel luftrenare som är avsedd att användas av industriföretag. Luftrenaren ska även vara anpassad för uthyrning och ska stärka Maxivents igenkänningsfaktor genom att bygga vidare på de designriktlinjer som tagits fram för Maxivent EC.

1.4 Avgränsningar

Under projektet kommer inte nya metoder för luftflöde eller olika typer av filtersystem att undersökas. Befintliga metoder kommer i stället att tillämpas. Den nya produkten kommer ha samma filtersystem som Maxivent EC.

Projektet kommer inte heller ta fram en ny designmanual för produkter i en Maxivent serie. I stället kommer designelement från kandidatarbetet från 2021 att tas i beaktning och anpassas efter den nya målgruppen.

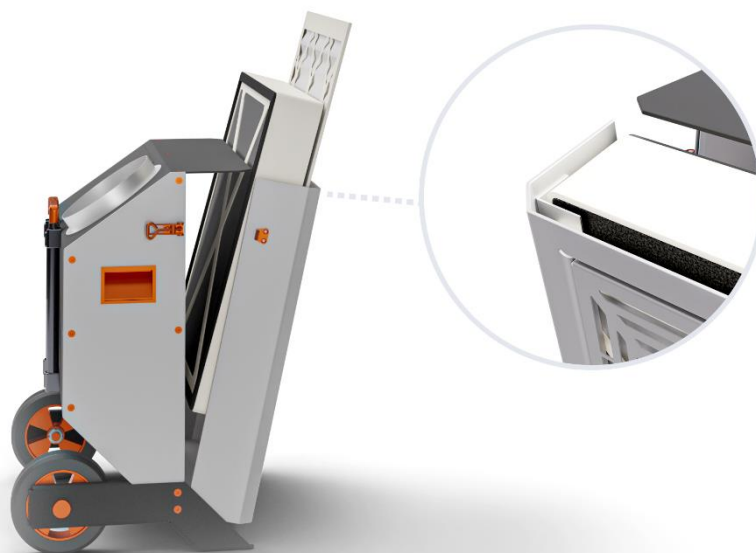
2 Slutresultat



Figur 1 - Maxivent OW

Projektet resulterade i Maxivent OW, en industriell portabel luftrenare på hjul. ÅSS har tidigare inte tillverkat en luftrenare som riktar in sig på denna tänkta målgrupp och luftrenaren har därför utvecklats från grunden för att passa in i både målgruppen och produktserien Maxivent. Maxivent OW har utvecklats med fokus på både användare som jobbar på exempelvis byggarbetsplatser, samt personal på uthyrningsfirmor som sköter underhåll av produkten. Handlingar som är tänkta för användarna presenteras tydligt med synliga komponenter och en gemensam koppar-orange färgsättning. Luftrenaren är i övrigt mörkgrå på baksidan och ljusgrå på framsidan.

Att byta filter har gjorts enkelt för samtliga användare för ett så snabbt och effektivt utförande som möjligt. De två spärrarna på sidan lossas för att öppna luckan likt en diskmaskin och därmed ge tillgång till både för- och HEPA-filtret. Förfiltret, som hålls på plats av två styrskenor, kan enkelt dras upp för att bytas ut. HEPA-filtret placeras i den bakre delen av luckan (mot skiljeväggen). Efter bytet stängs luckan och spärrarna stängs så att tätninglisten på HEPA-filtret sluter tätt mot skiljeväggen.



Figur 2 - Överblick på filterbyte

Förflyttning av luftrenaren över golv eller mark sker genom att dra den på sina hjul med hjälp av teleskophandtaget. Sidohandtagen möjliggör förflyttning där luftrenaren inte kan rullas. Exempelvis då den lyfts upp för trappor eller i och ur en bil. Sidohandtagen har placerats för att möjliggöra den mest ergonomiska arbetsställningen för så många olika användare som möjligt.

Slutprodukten har anpassats för att kunna produceras av ÅSS i en relativt liten volym med de tillverkningsmöjligheter de besitter. Med detta i åtanke har bockad, vattenskuren aluminiumplåt valts för de delar som inte kan köpas in som standardkomponenter. Detta har resulterat i en hållbar konstruktion som inte överstiger de ergonomiska viktkraven för tunga lyft.

Styrningen som tagits fram för Maxivent OW sker via en digital potentiometer som kan variera en 0-10V styrsignal med hjälp av en mikrokontroller. En och samma knapp får mikrokontrollen att styra potentiometern i tre steg samt användas som strömbrytare. Fläktläge som dessa steg valts att kallas presenteras i tre segment bestående av adresserbara dioder. Segmentets layout är baserat på Maxivents delningslinje vilket stärker varumärkesigenkänningen. För att se till att luftflödet är tillräckligt bra används en luftryckssensor för att mäta tryckfallet över filtret. Vid avvikelser, av bestämda och acceptabla intervaller, så kommuniceras detta till användaren via gränssnittet och uppmanar till filterbyte. Vid behov av att kolla och logga drifttimmar från luftrenaren så kan luftrenaren kopplas ihop med en dator via en USB-kabel för få tillgång till denna data.

3 Orientering

I detta kapitel förklaras kort vad en luftrenare är, ÅSS som företag, målgruppen den nya produkten skall riktas mot samt kandidatarbetet från 2021 vars designspråk skall sammanfalla med det för den nya luftrenaren.

3.1 Luftrenare

En luftrenare avlägsnar partiklar och damm från luften för att förbättra luftkvaliteten i ett utrymme. Detta är speciellt viktigt i bygg- och tungindustrin där luften kan vara full av damm och andra luftföroreningar. Dessa partiklar kan vara hälsofarliga både på kort och lång sikt. Luftrenare rengör denna omgivning genom att cirkulera luften genom filter och har beståndsdelar filter, fläkt och utblås.

För filtren finns olika klassningar som beskriver hur små partiklar de klarar av att fånga upp. ÅSS använder ett filter med HEPA-klassning. Det innebär att filtret plockar upp 99,95% av partiklar som är större än 0,3 µm (SiS, 2019). Detta filter är dessutom kombinerat med ett aktivt kolfilter som fångar upp lukter och odörer. Tillsammans med HEPA-filtret används också ett förfilter som plockar upp många av de grövre partiklarna vilket skyddar och ökar livslängden på HEPA-filtret.

När HEPA-filtret nått en viss mättnad så kommer trycket som behövs för att få ett tillräckligt luftflöde bli för stort. Detta kommer dels leda till att luftflödet successivt kommer minska samtidigt som arbetet för motorn kommer att öka vilket medför att den slits ut snabbare.

Därför behöver filtrena bytas ut, beroende på hur ofta luftrenaren används samt hur mycket damm och partiklar som finns i omgivningen.

Luftrenares utblås är anpassat för påkoppling av en evakuerings slang, detta för att ha möjliggjort ledning av renad luft till en annan avsedd plats.

3.2 ÅSS Processventilation

ÅSS Processventilation är ett företag baserat i Kungälv, där de har egen verkstad med tekniker som tillverkar produkter till kunder inom ventilationsbranschen i Norden (ÅSS Processventilation, 2022). Målgruppen som ÅSS riktat in sig på är skolor och industrier där deras produkt Maxivent står för största delen av försäljningen.

3.3 Målgrupp och marknad

Målet för ÅSS är att introducera en portabel luftrenare som riktas mot bruk inom bygg- och tungindustri. Hur ofta produkttypen används är varierande och inköpspriset är ofta högt.

På grund av detta är portabla luftrenare en typ av produkt som hyrs in vid behov. Målgruppen för produkten är följaktligen både användare inom industrier och uthyrarna till dessa användare.

3.4 Kandidatarbete 2021

Kandidatarbetet med titeln "Redesign av Maxivent luftrenare" genomfördes år 2021 med ÅSS Processventilation. Arbetet resulterade i den takhängda luftrenaren Maxivent EC. Maxivent EC styrs i nuvarande läge av en potentiometer placerad på väggen bredvid luftrenaren och som namnet antyder har den en EC-motor. Luftrenaren användas mestadels i slöjdsalar (Kristoffersson, et al. 2021).



Figur 3 - Maxivent EC (Kristoffersson, et al., 2021)

4

Teori

Under projektets gång har en rad olika metoder och verktyg tillämpats för att i slutändan kunna ta fram ett produktkoncept för en ny luftrenare på hjul för ÅSS. Nedan listas dessa metoder med följande teorier som beskriver deras användning och syfte.

4.1 Teoretiskt ramverk

4.1.1 Skillnaden mellan AC- och EC-motorer

Den största skillnaden mellan AC- och EC-motorer är att AC-motorer drivs av växelström medan EC-motorer drivs av likström. Växelströmmen i AC-motorn skapar ett växlande magnetfält där en magnet roterar för att skapa rotationen i motorn. Fördelen med en AC-motor är att den är billig, men för att kunna kontrollera motorns hastighet kräver den att strömmens frekvens ändras för att styra magnetfältet som skapar rotationen. Stor del av den tillförda energin går då åt till energiförluster i form av värme. Den låter mycket och har dessutom svårt att byta hastighet snabbt, speciellt i låga hastigheter.

Med EC-fläkt menas en fläkt med EC-motor även kallad BLDC-motor (Brushless DC motor). Det är en borstlös motor som drivs med likström. Istället för att använda kolborst på en kontaktyta för att ändra polariteten på statorns kopparledning används sensorer med en kontrollenhet som ändrar polariteten elektroniskt. Kontrollenheten kan också användas till att styra motorn. Kopparledningarna skapar ett magnetfält som påverkar permanentmagneter i rotorn, detta skapar ett vridmoment. Fördelen med en EC-motor är att den är energieffektiv eftersom det förekommer färre energiförluster då den är uppbyggd av permanentmagneter som skapar magnetfältet. Verkningsgraden för en EC-motorn är därför högt både för konstanta och varierande hastigheter. Den har på grund av detta också lätt för att byta hastighet, speciellt låga, samt att den är tystare (Yedamale, 2003).

4.2 Datainsamlingsmetoder

4.2.1 Intervjuer

Intervjuer är ett verktyg för att samla information om användares attityd, tankar och beteenden om själva användandet. Intervjuer kan även användas vid senare tillfällen för att istället ta emot feedback och förbättringspotential hos det utvecklade projektet.

Under produktutvecklingsprocessen kan intervjuer användas för att stärka förståelsen för produktens problembild och som underlag för en kravlista. Detta kan vara användbart för både estetiska krav och mer praktiska funktionskrav. Antalet intervjuer kan variera men det ska utföras tillräckligt många för att uppnå informationsmättnad. Intervjuer kan vara av strukturerad, semistrukturerad eller ostrukturerad karaktär. Under ostrukturerade intervjuer ställer intervjuledaren mer öppna frågor och intervjupersonen får prata fritt vilket kan resultera i mer djupgående svar. Strukturerade intervjuer är mer förutbestämda och utgår helt ifrån förutbestämda frågor. Intervjuer av denna karaktär har många likheter med enkäter och kan ge pricksäkra svar förutsatt att frågorna är välformulerade. Semistrukturerade

intervjuer har både strukturerade och ostrukturerade karaktärsdrag. De utgår från förutbestämda frågor men tillåter också att intervjuledaren ställer följdfrågor och att intervjupersonen går mer in på djupet i sina svar. Intervjuer är ett bra sätt att samla kvantitativ data och kan bidra med beskrivande citat som kan motivera beslut som tas under produktutvecklingsprocessen (Wallgren, 2020).

4.2.2 Enkätundersökningar

Enkäter är en typ av formulär där personer inom ett specifikt undersökningsområde eller målgrupp skriftligen besvarar intervjufrågor. Stor vikt läggs på att formulera konkreta, lättbegripliga frågor som varken är tvetydiga eller ledande för att säkerställa att så många som möjligt svarar på rätt saker. Detta gör att svaren blir jämförbara.

Enkäter används för att snabbt och effektivt utforska och identifiera målgruppens åsikter och tankar kring det som undersöks. De är en bra metod för att på kort tid samla in en stor mängd kvantitativ data och även öka möjligheten att nå ut till fler användare (Wallgren, 2020).

4.2.3 Observationer

En observation är en datainsamlingsmetod som går ut på att studera användarnas beteende när de interagerar med en produkt eller tjänst. Det är ett effektivt sätt att identifiera krav och önskemål som användaren inte själv kan eller vill beskriva med ord. Exempelvis om ämnet är känsligt eller om brukaren beskyller sig själv istället för produkten när ett fel uppstår. De är också ett bra sätt att identifiera kompensande beteenden och handlingar som omedvetet utförs. Detta ger en mer komplex förståelse för användaren och kontexten för själva användandet som är svårt att få fram vid en intervju.

Det finns olika typer av observationer. Under en konstruerad observation styrs användarens beteende av observatören, till skillnad från en naturlig observation då användaren får interagera fritt med produkten. En annan variant är om observationen är öppen eller dold. Vid en öppen observation är användaren medveten om att hen observeras till skillnad från en dold observation då användaren inte vet om att observationen äger rum. Observationer kan också strukturerade, semistrukturerade eller ostrukturerade beroende på hur förutbestämda användarens handlingar är. Exempelvis om en observationsguide med förutbestämda frågor och uppgifter används eller om användaren får interagera fritt med produkten. Detta innebär att observationer kan användas för att samla in både kvalitativa och kvantitativa data.

4.2.4 Marknadsanalys

En marknadsanalys är en undersökning som genomförs i ett tidigt skede av produktutvecklingsprocessen för att identifiera potentiella kunder och kunskaper från liknande produkter. Den ger också en bild av vad användarna har för förväntningar på produkten gällande estetik och funktion. Genom marknadsanalys kan relevanta möjligheter och resurser erhållas som kan hjälpa ett företag eller en produkt att bli konkurrenskraftiga inom den undersökta marknaden.

4.3 Idégenereringsmetoder

4.3.1 Moodboard

En moodboard är en sammanställning av bilder som tillsammans beskriver en specifik känsla eller sinnelagsstämning som kopplas till produkten. Den är till för att inspirera och underlätta idégenereringen men även finnas som underlag under senare del av designprocessen. Moodboarden kan användas som beslutsunderlag då den guidar lösningsrymden i rätt riktning (Dahlman, Wikström 2020).

4.3.2 Expressionboard

En expressionboard är ett collage av bilder från olika kategorier som används vid framtagning av riktlinjer för formgivning, främst för fysiska produkter. De valda bilderna kommer från kategorierna form, färg, metafor, artefakt och material och är tänkta att visualisera produktens önskade uttryck. Vid valet av bilder används ibland en semantisk ordlista med adjektiv som beskriver det önskade uttrycket. Från formkategorin kommer bilder som beskriver produktens geometri och från materialkategorin kommer bilder på de material som produkten kan tänkas vara gjorda av. Artefakten är ett föremål som är skapat av människor som relaterar till produkten och metaforen är en bild på något som kan tänkas uttrycka produktens betydelse och syfte. Bilden på färg består av en palett med färger som produkten kan tänkas ha.

Syftet med en expressionboard är att visualisera de uttryck och egenskaper produkten skall ha och fungerar som ett kommunikationsverktyg för att definiera formgivningen och inspirera andra delar av designprocessen (Dahlman, Wikström 2020).

4.3.3 Brainstorming

Brainstorming är en metod där en stor mängd idéer inom ett ämne samlas genom att på en förutbestämd tid komma på så många idéer som möjligt. Ett stort fokus i metoden är att inte kritisera eller sålla bort några idéer utan ta fram så många som möjligt oavsett hur orimliga de kan verka. Syftet är att skapa en bred lösningsrymd som utmanar problemområdet och kan ge nya infallsvinklar eller sätt att tolka problemet. Det kan i senare del av designprocessen leda till mer innovativa och spännande lösningar. Kvantiteten av idéerna är viktigare än kvaliteten vid brainstorming.

4.3.4 Brainwriting och Braindrawing

Brainwriting och -drawing är snarlika brainstorming gällande förhållandet mellan kvalité och kvantitet på idéerna, men med något annat utförande. I brainwriting skrivs idéer ned på papper av olika gruppmedlemmar och förklaras med ord under en förutbestämd tid. Därefter byter alla gruppmedlemmar papper och idéerna får vidareutvecklas och förfinas. Syftet är att bygga vidare på en idé som inte är sin egen och därigenom utveckla alla idéerna på ett mer effektivt sätt vilket ytterligare breddar lösningsrymden. När alla idéer har nått alla deltagare läses de igenom och diskuteras i storgrupp.

För mindmapping är genomförandet detsamma som för brainwriting, men här beskrivs idéerna med skisser i stället för ord och deltagarna får skissa vidare på varandras lösningar.

De båda metoderna är effektiva idégenereringsmetoder för att snabbt generera en större mängd idéer där samarbetet mellan deltagarna kan inspirera mycket fantasifulla lösningar.

4.3.5 Persona

En persona är en fiktiv beskrivning av en typisk användare inom den tänkta målgruppen där egenskaper hos personen baseras på undersökningar av användningssituationen, intervjuer och/eller annan fakta inom området. Syftet med beskrivningen är att skapa en tydligare bild av vad för egenskaper som är viktiga för målgruppen och lättare kunna anpassa projektet efter användarnas behov. En persona är även ett sätt att skapa empati för användare då den är mer verklig än en generell beskrivning av en målgrupp (Dahlman, Wikström 2020).

4.3.6 Användningsscenario

Ett användningsscenario är ett fiktivt skapat scenario kring personen för att beskriva den tänkta användningen och belysa viktiga aspekter att arbeta mot. Syftet är att återigen skapa mer empati för användaren men framförallt få större förståelse för i vilken kontext användningen sker och vad för kringliggande faktorer som kan påverka både användaren och produkten. Scenariot baseras liksom personen på informationen från datainsamlingen för att kunna beskriva relevanta händelser och problem (Dahlman, Wikström 2020).

4.4 Analyismetoder

4.4.1 KJ-analys

KJ-analys, även känt som släktskapsdiagram, är en analysmetod för att sammanställa en stor mängd data för att skapa en helhetsbild. Metoden är uppkallad efter skaparen Jiro Kawakita och går ut på att kategorisera data från en datainsamling på post-it lappar. Dessa lappar kan sedan placeras i grupper med olika teman. Metoden baseras på en *bottom-up* strategi vilket innebär att gå från detaljnivå till en helhetsbild. På detta sätt behöver inte grupperingar av den stora mängden data finnas från början utan den växer fram under analysarbetets gång (Bligård, 2015).

4.4.2 HTA

Hierarkisk uppgiftsanalys (*hierarchical task analysis*, HTA) är en systematisk analysmetod för att bilda en förståelse om ett system och dess informationsflöde. Metoden definierar vilka handlingar en användare behöver utföra för att uppnå delmål som ska leda till det slutgiltiga målet. De handlingar en användare utför kan både vara fysiska interaktioner och eller kognitiva processer.

En HTA kan presenteras grafiskt som ett flödesschema med en tydlig struktur för att få en bra överblick. HTA:n är en bra utgångspunkt för ytterligare och djupare analyser av särskilda

uppgifter, samt för att definiera den funktionalitet som krävs för att stödja uppgifterna (Bligård, 2015).

4.4.3 FMEA

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) är en metod för att undersöka kritiska egenskaper och identifiera fel i utvecklingsprocessen. Syftet med denna typ av analys är att identifiera och åtgärda problem i ett tidigt skede för att förhindra att felen når användaren. Ju tidigare felen uppmärksammas och åtgärdas i utvecklingsfasen desto mindre blir effekten på både kostnader och andra resurser längre fram i projektet (Ford Motor Company, 2011).

4.4.4 REBA-analys

Rapid Entire Body Assessment (REBA) är ett verktyg framtaget för att evaluera muskuloskeletal störningar till följd av olika arbetsställningar och belastningar som kan orsaka kortsiktiga och långsiktiga skador på kroppen. Metoden undersöker även huruvida greppet och lutning på kroppen påverkar interaktionen ytterligare och utvärderar hela kroppens position i förhållande till kritiska situationer. Dessa situationer och positioner värdesätts numeriskt utifrån en given mall, som sedan resulterar i ett sammanställt värde på hur riskfyllt arbetet är (Bligård, 2015).

4.5 Konceptgenereringsmetoder

4.5.1 Morfologisk matris

En morfologisk matris är en metod för att kombinera dellösningar till ett koncept. De delproblem som har identifierats ställs upp som kolumner i en tabell där dellösningar listas tillhörande problemområde på varje rad. Syftet med matrisen är att på ett systematiskt sätt kategorisera lösningsförslagen med tillhörande problemområde för att förenkla konceptgenereringen genom att kombinera dellösningar till koncept. Detta betyder att matrisen är ett bra verktyg för att snabbt och enkelt kunna skapa en större mängd olika konceptförslag eller generera nya idéer och tankebanor då dellösningar ofta kan kombineras på fler sätt än förutspått.

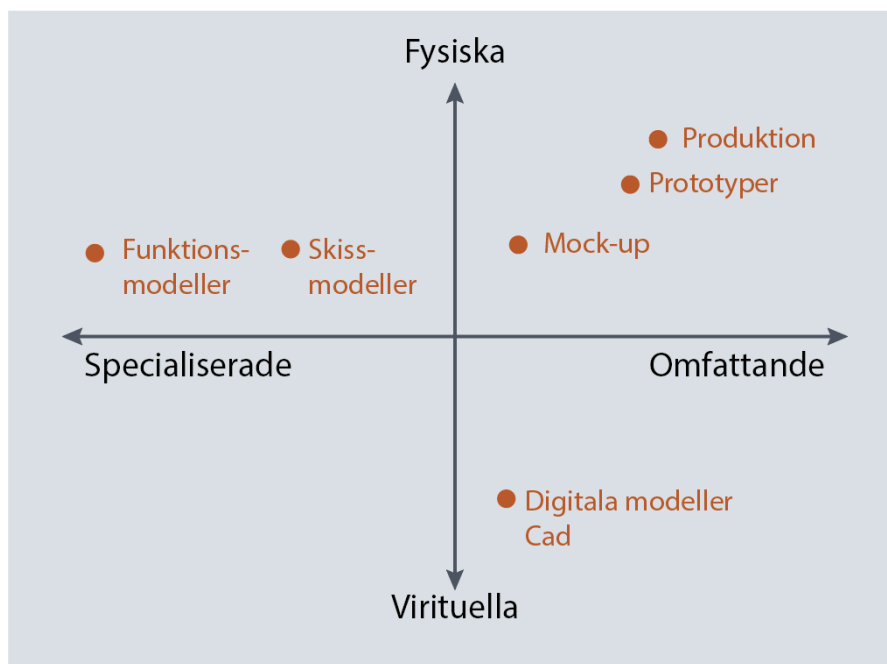
4.6 Utvärderingsmetoder - Teoretiska och empiriska

Teoretiska utvärderingsmetoder är ett samlingsbegrepp för de verktyg där koncept evalueras teoretiskt utan att ha testats empiriskt. Konceptens egenskaper utvärderas utifrån utvärderingskriterier som ofta bygger på en kravbild för projektet. Ett exempel på en metod är en kesselringmatris. En kesselringmatris är en kvantitativ utvärdering som består av två delar där den första bygger på att önskemålen från designspecifikationen viktas mot varandra för att rangordna vilket eller vilka av dem som är viktigast att konceptet löser. Detta används sedan som utvärderingsunderlag för den faktiska matrisen där viktningen för varje önskemål multipliceras med hur bra konceptet löser just det önskemålet. Fördelen med denna metod till skillnad från andra teoretiska modeller för konceptutvärdering är att kesselringmatrisen tar i beaktning vilket eller vilka önskemål som väger tyngst och reglerar resultatet därefter (Dagman, 2019)

Empiriska utvärderingsmetoder är då koncept testas mot målgruppen och potentiella användare eller för personer med tillräcklig kunskap inom området för att kunna genomföra testet. Här tillämpas metoder såsom enkätundersökningar och användartester.

4.7 Visualiseringsmetoder

För att gestalta och konkretisera projekt och projektidéer används flertalet olika metoder för att visualisera idéer. Detta skapar en större förståelse för idéerna och uppmärksammar problem som är svårare att identifiera teoretiskt. Vanliga metoder att tillämpa för designprojekt är skisser, mock-ups, funktionsmodeller, CAD-modeller och att bygga fysiska prototyper (Rosenberg, 2019).



Figur 4 - Återskapning av relevanta visualiseringsmetoder från illustration från MPP083 2019 lektion Modell i designprocessen.

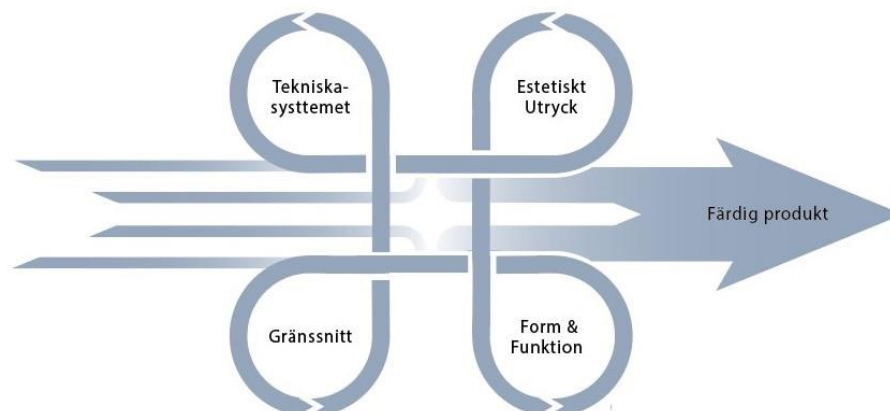
5

Genomförande

I detta kapitel förklaras hur produktutvecklingsprocessen tillämpats med hjälp av de teorier och modeller som beskrevs i föregående kapitel. Processens upplägg delades in i fyra olika delar. Dessa var förstudie, idégenerering, konceptgenerering och -utveckling samt utveckling av spelkoncept.

5.1 Projektupplägg

Kandidatarbetet sträckte sig över två läsperioder och delades in i olika faser. Under den första fasan gjordes en förstudie där information om liknande produkter, det tänkta användarna och olika tillverkningsmetoder samlades in. Informationen analyserades och sammanställdes i en designspecifikation som sedan låg till grund för det fortsatta designarbetet. Nästa fas i arbetet var idégenerering. Under denna fas utfördes olika idégenereringsmetoder på delproblem som identifierats under förstudien. De lösningarna sammanställdes sedan i en morfologisk matris som användes för att ta fram tre funktionskoncept. De tre koncepten vidareutvecklades för att testa hur realiserbara de var i praktiken. Funktionskoncepten kunde fritt kombineras med olika gränssnitt och idéer för det tekniska systemet. Idégenerering för det tekniska systemet och gränssnittet skedde därför parallellt med vidareutvecklingen av form- och funktionskoncepten. Uppdelningen innebar att arbetet kunde fördelas och att olika gruppmedlemmar kunde ha huvudfokus på olika delar. Det ställde dock höga krav på samarbete inom gruppen för att alla skulle vara införstådda i arbetets fortgång. Det innebar också att de olika delarna ständigt behövde uppdateras för att passa ihop på ett bra sätt. Under denna fas vidareutvecklades också förståelsen för det estetiska uttryck som luftrenaren skulle få. De olika delarna bidrog på olika sätt till att luftrenarens passade både målgruppen och uppdragsgivarens preferenser. Under den sista fasan gjordes diverse utvärderingar av de förfinade koncepten tills ett funktionskoncept och ett gränssnitt kunde kombineras med det slutgiltiga tekniska konceptet. Den slutgiltiga produkten förfinades sedan något baserat på resultatet av de användartester som genomförts.



Figur 5 - Visualisering av projektupplägget

5.2 Förstudie

5.2.1 Lagar och riktlinjer

För att få förståelse för den marknad produkten är avsedd att användas i samt viktiga aspekter för konstruktionen av produkten undersöktes de regler och riktlinjer som fanns för både manuell hantering och luftkvalité. Kunskaperna från undersökningen låg sedan till grund för hur djupintervjuer och användartester utformades för att samla in relevant data. Denna information används även som underlag för de konceptförslag som skapades senare under projektet.

5.2.2 Marknadsundersökning

För att öka förståelsen för hur marknaden såg ut för en portabel luftrenare genomfördes en marknadsundersökning på dagsaktuella produkter. Undersökningen baserades på populära luftrenare för att skapa en bra bild av vilka förväntningar den tänkta målgruppen kunde ha. Maskinernas mått, motoreffekt, spänning, vikt och luftflöde kontrollerades. Det dokumenterades även hur vanligt det var att luftrenarna hade extra funktioner, exempelvis timräknare, indikatorlampor, och ett 230V uttag. Undersökningen genomfördes via en informationssökning hos försäljare av luftrenare.

Förutom att kontrollera luftrenarens funktionalitet så användes marknadsundersökningen för att få en överblick av de visuella uttryck som var mer förekommande inom bygg- och tungindustrin. Denna mer estetiska del av analysen kompletterades också med kommersiella verktyg som köps och används av privatpersoner. Eftersom de kommersiella verktygen ansågs mer genomtänkta i sitt uttryck än de luftrenare som är tänkta för uthyrning, så bedömdes de därför vara en bättre representation av den estetik som uppskattas av den tänkta målgruppen.

5.2.3 Djupintervjuer

Under förundersökningen utfördes tre djupintervjuer på personer som jobbar med uthyrning av luftrenare. Intervjupersonerna kontaktades direkt via telefon eller mail. Syftet med intervjuerna var att få en bättre förståelse för hur luftrenarna användes på olika arbetsplatser och vad som krävdes för att de skulle fungera inom en uthyrningskontext. Eftersom det i första hand var luftrenarens funktion som undersöktes ansågs intervjupersonernas ålder och kön inte vara relevant för urvalsprocessen. Det ansågs istället viktigt med expertis för att få en heltäckande förståelse för hur luftrenarna användes. Intervjupersonerna som kontaktades var därför både personal som jobbade med den mer administrativa sidan av uthyrningen samt personer som jobbade direkt med luftrenarna.

Intervjuerna som gjordes var av en semistrukturerad karaktär och utgick ifrån en förutbestämd intervjuguide (bilaga A1-A2). Intervjuerna inleddes med att intervjupersonen först fick berätta lite om sin arbetsplats och sin arbetsroll. De fick också beskriva vilka modeller av luftrenare de hyrde ut och vilka kunder de vanligtvis hyrde ut till. Den inledande delen av intervjun bestod av enkla, raka frågor som var tänkta att stärka förståelsen för de olika intervjupersonerna samt agera som uppvärmning inför resten av intervjun. Efter

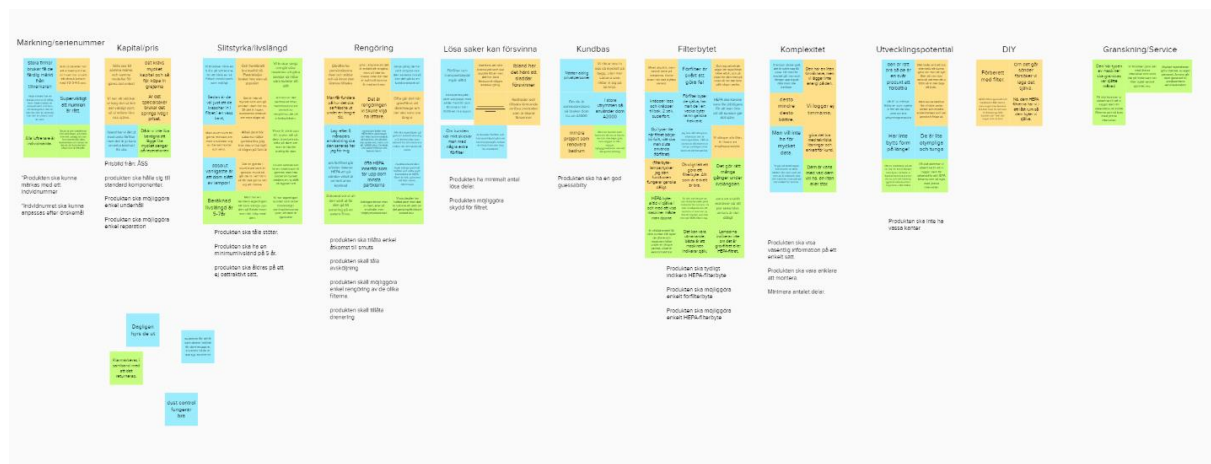
inledningen ställdes frågor om tre utvalda områden som ansågs vara särskilt intressanta. Dessa områden var uthyrningsprocessen, filterbyte och tidsloggning. Den första kategorin var till för att stärka förståelsen för uthyrningsprocessen och de andra två kategorierna valdes utifrån de delfunktioner som identifierats under HTA-analysen samt direktiv från ÅSS. För varje kategori strukturerades frågeställningen som en tratt. Varje område inleddes med en bred fråga som sedan följdes upp med mer riktade följdfrågor. Intervjuerna ansågs effektiva för att öka förståelsen för hur befintliga luftrenare användes. De var också effektiva för att hitta brister och potentiella förbättringsområden hos de existerande luftrenarna.

5.2.4 Observation

För att få en större inblick i hur en industriell luftrenare faktiskt hanteras och underhålls av servicepersonal utfördes en informell datainsamling i form av en deltagande observation. Detta gjordes på ett större uthyrningsföretag där majoriteten av luftrenarna de erbjuder är av ett marknadsledande märke. Under observationen, som varade i runt 2,5–3 timmar, kunde iakttagelser göras av praktiska moment som avvek från det som tidigare sagts i intervjuer eller inte nämnts alls. I början av vistelsen fick observationspersonen visa hur de normalt sett skötte underhållet från start till slutet. Detta skedde utan någon inblandning av observatörerna, bortsett från frågor och nödvändiga förtydliganden. Senare blev observationspersonen tillbedd att utföra mindre vanliga, men kritiska, handlingar för få med alla tänkbara scenarion. Här uppdagades flera punkter som kompletterade den tidigare insamlade datan.

5.2.5 KJ-analys

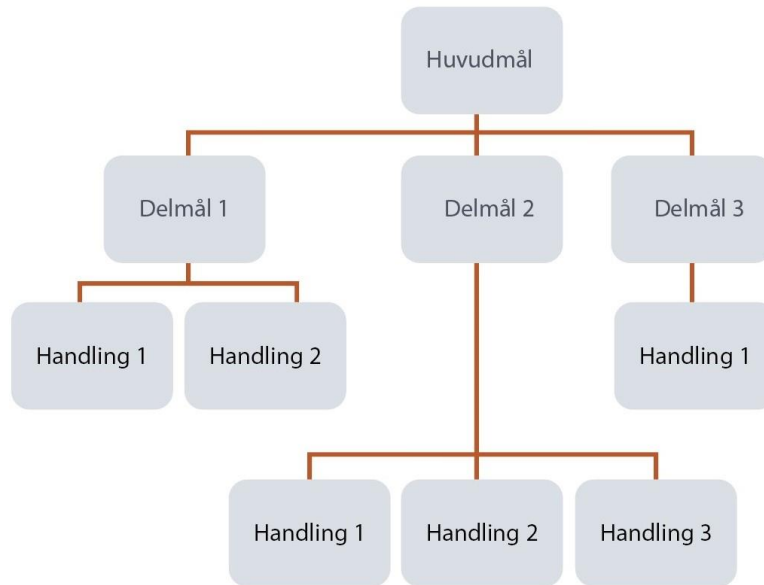
Resultatet från djupintervjuerna sammanställdes i en KJ-analys. Samtliga transkriberade intervjuer gick igenom i detalj och citat som ansågs relevanta plockades ut. De olika citaten placerades ut i virtuella post-it lappar med hjälp av programvaran *Mural*, för att sedan grupperas efter liknande teman (bilaga B). När alla post-it lappar var utplacerade sattes en rubrik på samtliga grupperingar. På detta sätt så kunde en tydlig överblick skapas av de viktigaste problemområden då den stora mängden data hade reducerats och kategoriserats. Vidare låg KJ-analysens resultat till grund för utvecklingen av en designspecifikation.



Figur 6 - Överblick av KJ-analys

5.2.6 HTA

HTA:n som sammanställdes (bilaga C) baserades på resultaten från KJ-analysen samt den generella kunskap som samlats om luftrenare och hur de fungerar. Likt tillvägagångssättet i KJ-analysen så placerades post-it lappar, med de olika användningsstegen, ut i *Mural* för att se vilka ingående handlingar samt mål som fanns. För att få HTA-analysen mer lättläslig så styckades användningen upp i fem huvudkategorier. Alla användningsfaser och interaktioner placerades sedan i respektive trädidiagram där varje gren avslutades med en direkt handling från användaren.



Figur 7 - Trädidiagram för en HTA

5.2.7 REBA-analys av existerande luftrenare

För att kunna identifiera förbättringspotential och utvärdera potentiellt skadlig hantering så genomfördes en REBA-analys på en marknadsledande luftrenare. Det arbete som undersöktes är att flytta luftrenaren i och ur bilen ner på marken, då detta ansågs som det mest kritiska i jämförelse med att skjuta eller dra luftrenaren över golv. För att kunna utvärdera hela rörelsen på ett effektivt sätt delades den upp i tre positioner: att dra luftrenaren till kanten av bagaget på bilen (position 1), precis när luftrenaren lyfts från bagaget (position 2) och precis innan luftrenaren ställs ned på marken (position 3).

Eftersom tillgången till en industriell luftrenare var begränsad så genomfördes testet med hjälp av en stor väska fylld med vattendunkar för att återskapa vikten. För att återskapa bagageutrymmet i bilen användes en bänk där väskan placeras en bit in för att kunna utvärdera det arbete där luftrenaren behöver dras fram innan den kan lyftas. Bilder togs på alla de positioner som nämndes ovan och utifrån dessa genomfördes tre REBA-analyser.

5.2.8 Designspecifikation

Utifrån analysen av den insamlade datan och de initiala direktiven från uppdragsgivaren ÅSS, utvecklades en designspecifikation som inkluderade både krav och önskemål. Kraven och önskemålen berörde främst funktionalitet, prestanda, estetik samt gränssnitt. En kolumn i designspecifikationen användes för att dokumentera vad kravet eller önskemålet baserats på, exempelvis "KJ-analys" eller "Direktiv från ÅSS".

Designspecifikationen uppdaterades kontinuerligt under arbetets gång. Avsikten med designspecifikationen var att tydliggöra vilka villkor slutkonceptet behövde uppfylla samt ligga till grund för de beslut som fattades under idégenereringsprocessen. Detta skulle tydliggöra hela arbetets målbild.

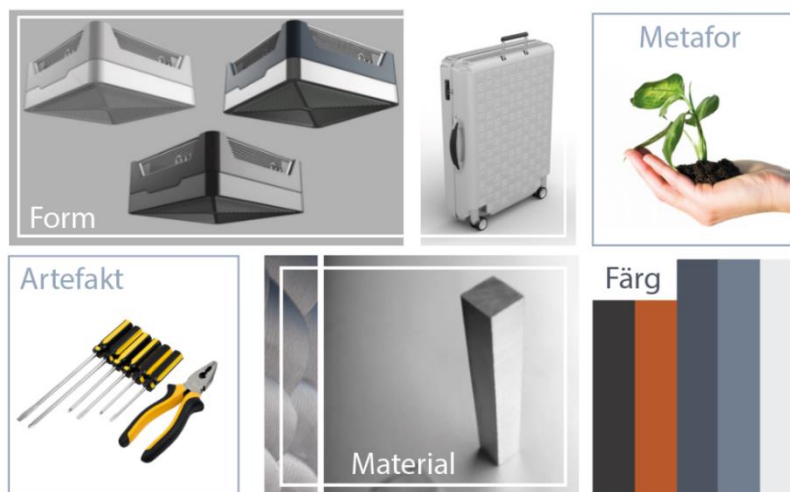
5.4 Idégenerering

5.4.1 Persona och användningsscenario

För att kunna beskriva målgruppen, dess användare samt användarkontexten skapades en persona för uthyrare och en för användare med tillhörande användarscenario (bilaga D). Scenarierna efterliknade den tänkta användningen och tydligt förklara samt visa på vilka fel som kan uppstå.

5.4.2 Moodboard, expressionboard och semantiska ord

För att få klarhet i de krav som fanns för luftrenarens semantiska uttryck skapades en expressionboard som bestod av bilder från kategorierna färg, form, artefakt, metafor och material. Valet av bilder baserades på den marknadsanalys av estetiska uttryck som gjorts på redan existerande luftrenare. Vid valet av bilder användes också en lista med semantiska ord. Eftersom luftrenaren skulle ha en tydlig visuell koppling till Maxivent EC användes den ordlista som tagits fram för den takhängande luftrenaren. Ordlistan för Maxivent EC bestod av Pålitlig, Tidlös, Gedigen, Enkel, Frisk, Diskret och Tålig. Listan kom dock att korrigeras under arbetets gång för att bättre passa den nya målgruppen. För att säkerställa att alla gruppmedlemmar hade en gemensam bild av det tänkta uttrycket gjordes också en moodboard på liknande sätt. Under förstudien gjordes flera versioner av imageboards.



Figur 8 - Expressionboard

Dessa diskuterades sedan vidare under ideégenereringsfasen då de slutgiltiga mood- och expressionboarden sammanställdes. Valet av bilder diskuterades med gruppen så att alla medlemmar var delaktiga i valet och införstådda i bildernas betydelse.

5.4.3 Brainstorming, Brainwriting och Braindrawing

Brainstormingen tillämpades främst på de identifierade problemområdena filterbyte, servicemöjligheter, filterbyte indikation, ergonomisk förflyttning, filterskydd vid transport, förvaring av sladd samt gränssnitt.

Under brainwritingen togs lösningar och idéer fram för fyra kategorier av luftrenarens deluppgifter. Kategorierna identifierades under datainsamlingen och var skydd för filtret, förflyttning av luftrenaren, byte av filter och metoder för att motverka felhantering av luftrenaren. Brainwritingen inleddes med att alla deltagande medlemmar fick ett ark papper, och under en minut fick de sedan skriva ner lösningar till en av deluppgifterna. Brainwritingen kombinerades till viss del med braindrawing då texterna kombinerades med förklarande skisser. När tiden var slut skickades pappret vidare till nästa person som fick fortsätta att vidareutveckla och förfina lösningen. När idéerna skickats vidare tre gånger gick gruppen igenom alla idéer och lösningarna skrevs ner i en lista med dellösningar som sedan låg till grund för en morfologisk matris. Processen upprepades sedan för var och en av deluppgifterna.

5.5 Konceptgenerering och konceptval

5.5.1 Morfologisk matris

Under ideégenereringen togs många olika dellösningar fram. Dessa delades upp i olika kategorier och ställdes upp i en morfologisk matris. Utifrån denna kategorisering kunde kombinationer av dellösningar göras för att ta fram olika koncept. Kombinationerna gjordes i Excel och när tillräckligt många förslag på funktionskoncept skapats kunde dessa tas med till konceptelimineringen.



Figur 9 - Illustration av morfologisk matris

5.5.2 Koncepteliminering

Vid konceptelimineringen diskuterades resultatet från den morfologiska matrisen och jämfördes med designspecifikationen. De funktionskoncept som inte uppfyllde alla krav eliminerades och resterande koncept diskuterades för att besluta vilket som bäst uppfyllde önskemålen. När tre funktionsförslag valts ut kunde dessa kombineras med de framtagna formerna för att se vilka de passade bäst ihop med. Dessa koncept modellerades sedan i CAD för att ge ett bättre diskussionsunderlag och en större förståelse för koncepten som helhet.

5.5.3 Kesselringmatris

Kesselringutvärderingen inleddes med att de önskemål som var relevanta för de olika dellösningarna listades upp. Önskemålen viktades sedan mot varandra. Viktningsvärdet erhöles genom att önskemålen jämfördes och det som ansågs viktigas fick en etta och det mindre viktiga fick en nolla. Om båda önskemålen ansågs lika viktiga tilldelades båda 0.5. Önskemålets slutgiltiga viktningvärde blev dess procentandel av den totala poängen.

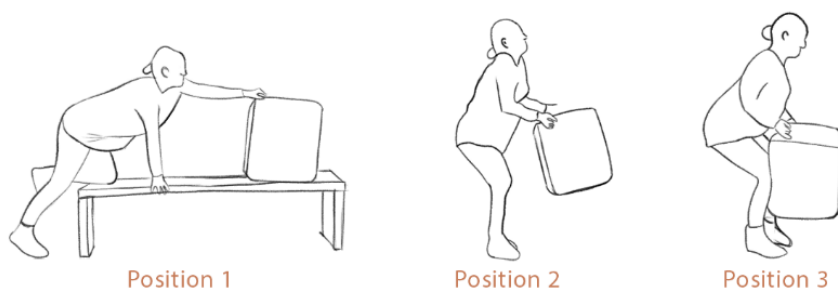
Koncepten testades sedan mot de viktade önskemålen och tilldelades en siffra mellan 1 och 5 beroende hur väl de uppfyllde önskemålet. Detta värde multipliceras sedan med viktningen och adderades till konceptets totalsumma som då kunde ligga till grund för ett beslutsfattande.

5.6 Utveckling av slutkoncept

5.6.1 Ergonomitester, placering av handtag

För att skapa ett bra underlag och därigenom bättre kunna bestämma sidohandtagens position så effektivt som möjligt testades och utvärderades de mest kritiska användningssituationerna. Dessa situationer testades för 3 olika höjder för handtaget på sidan med måtten 15, 35 respektive 55 cm från marken. De kritiska situationerna som testades var att lyfta den från marken, lyfta in den i en bil och att gå med den i trappor. Mellan dessa situationer utvärderades även hur luftrenaren hanterades mer generellt samt den allmänna upplevelsen av att interagera med den.

För att få en så stor antropometrisk spridning som möjlig användes två testpersoner med väldigt olika kroppsbyggnad. En kvinna på cirka 160 cm och en man på cirka 190 cm. Under testet fick testpersonerna svara på några frågor och beskriva hur de kändes när de hanterade luftrenaren. Resultaten antecknades av testledaren i observationsguiden.



Figur 10 – Positioner som testades

5.6.2 CAD

De idéer som fanns för konstruktionen verifierades genom att använda CAD-programvaran Fusion 360. De komponenter som var bestämda, till exempel motor och filter, modellerades med enklare geometrier för att få en utgångspunkt. CAD-modeller för dessa komponenter kunde senare hämtas från potentiella tillverkare. Runt detta ritades sedan alltmer detaljerade komponenter upp i och med att olika delproblem löstes. Eftersom stor del av slutprodukten kom att bli av plåt användes *sheet metal*-verktyget för att modellera de komponenter som behövde bockas. Detta var för att kunna få så korrekta ytor som möjligt eftersom de sedan ska kunna figurskäras. Utifrån den slutgiltiga modellen kunde en uppskattad vikt samt tyngdpunkt beräknas för att bestämma placering av handtaget för en, teoretisk sett, bättre ergonomi.

5.6.3 Användartest av gränssnitt

Tester av gränssnittet genomfördes genom öppna, konstruerade observationer där testpersoner fick interagera med en mock-up av luftrenaren. Eftersom luftrenaren är avsedd för uthyrning kommer många av användarna vara förstagångsanvändare. Därför ansågs det viktigt att luftrenarens gränssnitt skulle ha god *guessability*. Eftersom det framför allt var gränssnittets *guessability* som utvärderades ansågs det inte vara avgörande att deltagarna i observationen hade erfarenhet från bygg- eller tungindustrin. Deltagarna var i stället frivilliga personer som befann sig på Chalmers campus där observationerna utfördes. Testerna utfördes av tre män och fyra kvinnor vars ålder varierade mellan 20 och 30 år.

Observationerna genomfördes med en fysisk mock-up av luftrenaren i skala 1:1 gjord i kappaboard. Gränssnittet visualiserades med en modell av de tänkta knapparna och lamporna gjorda i Adobe XD. En touchskärm med XD-modellen monterades sedan på mock-up:en. En sladd fästes också i botten för att kunna observera om testpersonerna förstod att maskinen behövde kopplas in.

Observationen var semistrukturerad. En observationsguide (bilaga E) användes där alla testpersoner fick utföra samma 3 huvuduppgifter utan vidare instruktioner från observationsledaren. De fick också möjlighet att klicka runt fritt i gränssnittet och uttrycka åsikter som inte var direkt kopplade till de givna uppgifterna. Dessa givna uppgifter var att starta luftrenaren, ställa in luftrenaren på fläktiläge 2 och att stänga av maskinen. Resultatet från observationen dokumenterades och resulterade i en mindre redesign av gränssnittet.

5.6.4 Enkätundersökning och semantisk ordskala

För att kunna utvärdera det modifierade gränssnittets estetiska uttryck mot den tänkta målgruppen gjordes en enkät (bilaga F) som publicerades i diskussionsforum för bland annat yrkessnickare. I enkäten fick de svarande beskriva sig själva genom att välja alternativ för sin ålder, könstillhörighet och yrkesroll. De fick sedan utvärdera konceptskisser av luftrenaren genom att skatta hur väl några av de semantiska orden passade in på luftrenaren på en skala mellan 1 och 10 där 10 representerade ett semantiskt ord och 1 representerade ett valt motsatsord. Orden som testades var säker, tålig och industriell. De fick också ge sin åsikt på några mer specifika frågor. Exempelvis om kontrollpanelen skulle vara mörk eller ljus.

5.6.5 Framtagning av fläkt och styrsystem

Jämföra AC- och EC-fläktpaket

För att få underlag för valet av fläkt undersöktes de två vanligaste teknikerna som används för elmotorerna i fläktar, AC och EC. Information samlades från videoklipp och artiklar om de båda teknikerna innan valet till sist kunde göras.

Val av tillverkare och fläktpaket

Då fläktpaketet från Maxivent EC enligt ÅSS var obalanserat krävdes det att en mer robust lösning togs fram för att produkten skulle klara tuffare användning. Detta gjordes genom att undersöka de förslag på fläkttillverkare ÅSS givit, där ett av förslagen valdes. Med ett program som tillhandahölls av tillverkaren kunde tre förslag på fläktpaket väljas ut för vidare undersökning. Dessa jämfördes sedan i termer av prestanda, storlek, vikt och pris med hjälp av programmet och produkternas respektive datablad. Efter denna jämförelse kunde ett slutligt fläktpaket väljas.

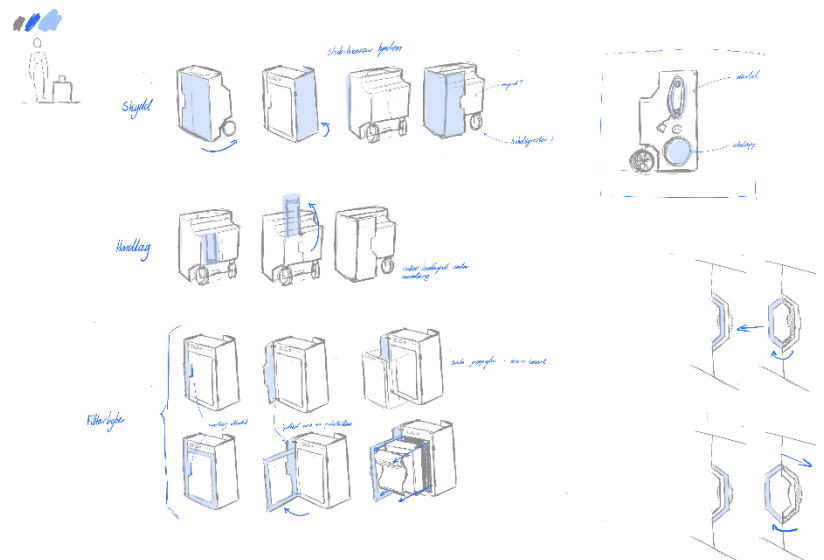
Val av styrsystem

Med styrsystem menas system som löser de huvudfunktionerna det tekniska systemet kräver. För att ta fram ett styrsystem behövdes lösningar hittas för funktionerna: reglering av fläkt, drifttidsräkning och filterbytesövervakning. Detta gjordes genom en informationssökning som resulterade i två alternativ över hur styrsystemet skulle se ut. Det styrsystem som ansågs uppfylla de önskade funktionerna bäst, valdes och utvecklades vidare genom att ta fram komponenter.

5.7 Produktvisualisering

5.7.1 Skissande

Under framtagandet av luftrenaren skapades många skisser. Under idégenereringsfasen gjordes framför allt enkla förklarande skisser som beskrev den tänkta funktionen. Under det stadiet var huvudsyftet att underlätta kommunikationen mellan gruppmedlemmarna och för att skapa en tydligare bild om en tänkt lösning var rimlig eller inte. Denna enkla typ av skissande fortsatte under hela projektet då den iterativa processen innebar att man ständigt behövde kommunicera och testa nya idéer.



Figur 11 - Exempel på genomförande av skisser

Skisser skapades också hjälp av Illustrator och Photoshop. Dessa användes framför allt för när luftrenarens estetiska uttryck skulle tas fram. Datorprogrammen möjliggjorde att snabbt

skapa många konceptbilder med små förändringar för att testa exempelvis olika färgkombinationer och gränssnittslayouter. Användandet av datorprogrammen innebar också olika delar av luftrenaren kunde testas tillsammans. Exempelvis kunde en visualisering av gränssnittet projiceras på CAD-modellen vilket gjorde det enklare att få ett helhetsintryck av utseendet.

5.7.2 Rendering

För att få en tydlig bild av ytor, uttryck av material samt färgsättning, och på så sätt skapa så fotorealistiska bilder som möjligt, användes programvaran Blender för rendering av 3D modeller. Blenders enkelhet och effektivitet i samband med renderingsmotorn som stödjer strålförsörjning (beräkning hur ljusstrålar breds ut och reflekteras) samt fysiskt baserade material, skapade stor förståelse för hur koncepten skulle se ut i verkligheten. Detta tillämpades under flera olika stadii designprocessen. Dels i initiala steg för att skapa snabba bilder och därmed snabb förståelse för hur olika material, färger och ljus påverkade hur det olika förslagen upplevs, men också i slutet för att visualisera den slutliga produkten i presentationssyfte.

5.7.3 Kappa Board mock-up

En mock-up av luftrenarens tänkta form tillverkades av kappa board i skala 1:1. Prototypen gjorde det lättare att tänka sig vilka lösningar och funktioner som kändes rimliga och gav en bättre förståelse för hur luftrenaren skulle upplevas i verkligheten. Byggandet av kappa modellen väckte också tankar om hur produkten skulle produceras och exempelvis vilka plåtbockningar som kunde tänkas vara genomförbara. Prototypen kunde också användas för att testa olika handtag och gränssnitt samt för att göra vissa ergonomitester.



Figur 12 - Mock-up av ett koncept

5.7.4 XD modell

En modell av det tänkta gränssnittet gjordes i Adobe XD. Modellen användes för att testa gränssnittets utseende samt dess funktion då olika knappar enkelt kunde kopplas till olika funktioner. Tack vare en touchskärm kunde gränssnittet också kombineras med kappa board prototypen för att kunna genomföra användartester samt för att få en känsla av den verkliga skalan.

H

5.7.5 Prototyp

En prototyp skapades i 0,75 mm stålplåt för att testa de tänkta tillverkningsmetoderna och finna brister i konstruktionen. Prototypen byggdes i ÅSS egna verkstad vilket gav möjligheten att verifiera att produkten faktiskt kunde anpassas efter företagets specifika tillverkningskapacitet. Den färdiga prototypen gav även en realistisk visualisering av luftrenarens storlek och vikt, samt gav en inblick i förbättringar som kunde göras till slutprodukten.



Figur 13 - Tillverkning av prototyp i ÅSS verkstad

5.7.6 Funktionsmodell

Ett representativt system har byggts upp av det valda styrsystemet. Funktionsmodellen som detta kallas använde några av de valda nyckelkomponenterna som användas i slutprodukten. Av budgetskäl och tidsbegränsning så ingår inte alla slutgiltiga komponenter i funktionsmodellen. Funktionsmodellen testade det valda konceptet för styrning tillsammans med en drifftidsräkning och en representation av gränssnittet. Detta system har byggts upp genom att koda mikrokontrollern samt koppla in och testa komponenter. Funktionsmodellen är menad och byggd för att användas i prototypen.



6

Resultat **Ä** Behov och krav

Kapitlet nedan beskriver de resultat gällande behov och krav som framkommit ur förstudien. Dessa resultat låg sedan till grund för den designspecifikation som skapats för den nya produkten.

6.1 Lagar och riktlinjer

6.1.1 Manuell hantering

Vid manuell hantering av objekt där lyft- och dragarbete utförs ska objektet och den kringliggande miljön erbjuda goda möjligheter för ergonomisk hantering. Med riktlinjer för tunga lyft från arbetsmiljöverket har följande krav och önskemål kunnat tas fram för produktens vikt och möjligheter för hantering.

- ◁ Produkten ska max väga 25 kg, önskemål under 20 kg
- ◁ Möjliggöra lastning i och ur en personbil klass 1
- ◁ Möjliggöra skjut-/dragarbete

6.1.2 Luftkvalité

Från Arbetsmiljöverket (2022) togs även informationen ut som syns i nedanliggande figur, dessa gav en grund till önskemålen för fläktens hastighetslägen:

- ◁ Fläktläge på 10 m/s
- ◁ Fläktlägen som möjliggör infångningshastighet 0-10 m/s

Luftföroreningen avges	Exempel	Infångningshastighet, m/s
Utan egenrörelse	Dunstar från stillastående yta	0.25 - 0.5
Med egen låg hastighet	Överföring av vätska från en behållare till en annan, lödning svetsning	0.5 - 1.0
Med egen medelhög hastighet	Sprejning, krossning, skakning	1.0 - 2.5
Med egen mycket hög hastighet	Slipning, kapning, dumpning	2.5 - 10

Figur 14 -Rekommenderade infångningshastigheter för olika arbetssituationer, enligt arbetsmiljöverket.

6.3 Analyser av Maxivent /dagsaktuella produkter

6.3.1 Semantisk analys av Maxivent EC

Produkten ansågs ha ett diskret uttryck med mjuka delningslinjer och följsamma materialmöten. Produktens rundade hörn såg också likadana ut från alla sidor när den hängdes i ett klassrum, vilket gjorde att den upplevdes som mer enhetlig. De nedtonade och något neutrala färgerna fick produkten att smälta in i omgivningen och det fick den också att upplevas som mer diskret. På varje sida av produkten stod även namnet "MAXIVENT EC" i stora bokstäver med ett stilrent typsnitt som tydligt kommunicerade vilken produkt det var samtidigt som det marknadsförde varumärket. Logotypen tog dock inte för mycket uppmärksamhet och var inte utstickande då produkten fortfarande skulle smälta in i taket. Samma princip gällde för ÅSS-loggan som var utskuren i både gallren på sidorna och gallret på botten.

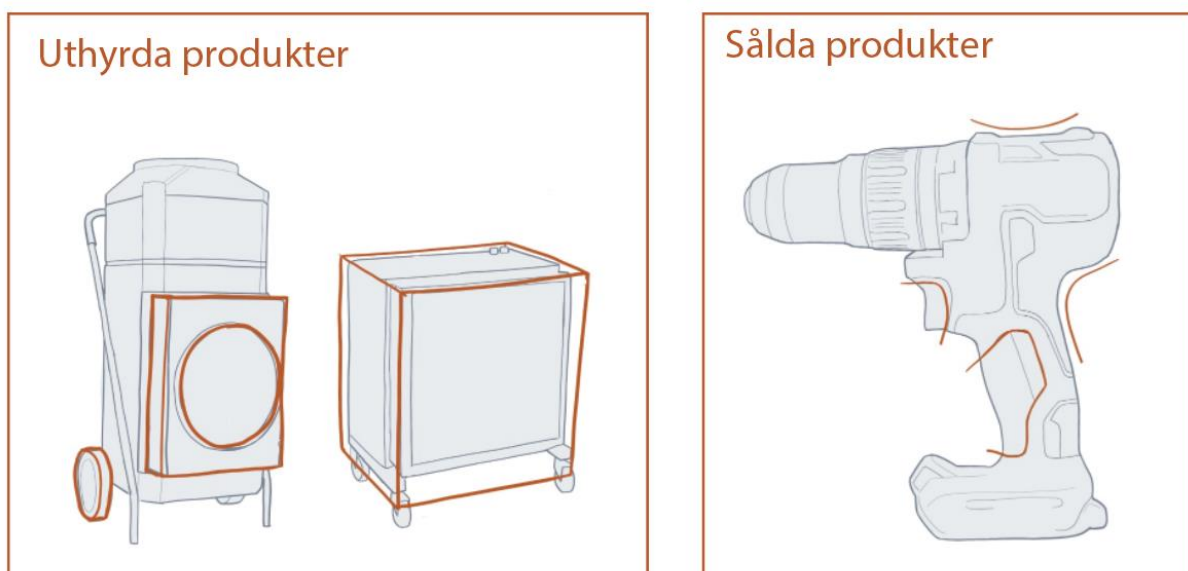


Figur 15 - Maxivent EC (Kristoffersson, et al., 2021)

6.2.2 Marknadsanalys

Estetik

Under marknadsundersökningen studerades uttrycket för både uthyrda och sålda produkter. Uttrycket skiljer sig märkbart mellan de uthyrda produkterna och de mer kommersiella verktygen. För de uthyrda produkterna upplevdes utseendet ganska ofta som en eftertanke. De var oftast uppbyggda av enkla grundformer och saknade genomtänkta materialövergångar. Det är tydligt att funktionen är det viktiga och att det ska vara billigt att producera. Även för sålda produkter så är det viktigt att de utstrålar funktionalitet, men där förtydligas funktionen av mer genomtänkta detaljer. Även om det är något enkelt som en greppyta så märks den oftast ut med att den har ett annat material och en annan färg och genomtänkta övergångar som följer produktens form. De olika färgfälten och materialen ger ett futuristiskt uttryck som stärker den upplevda funktionaliteten och får även enkla produkter att kännas mer effektiva. När det kommer till färg så ser det ganska lika ut för både sålda och uthyrda produkter. De har oftast nyanser av grått eller svart som kombineras med en mer kulört accentfärg. Färgen används oftast att kommunicera vilket märke produkten har och är en viktig del i de olika företagens igenkänningsfaktor.



Figur 16 - Skillnaden mellan sålda och uthyrda produkter

Funktioner

Under marknadsundersökning noterades det vilka funktioner en industriell luftrenare kunde besitta. De funktioner som var mer frekvent förekommande i olika utföranden var reglage för fläkrtläge, indikation för filterbyte och transportskydd.

Hur förflyttningar är tänkta av de olika luftrenarna beror till stor del av vikten, där de tyngre i metall hade hjul för att minska behovet av lyft medan de lättare med ett chassi i plast endast hade ett handtag på toppen. För de luftrenarna med hjul noterades att handtagen som var tänkta att dras i ej var justerbara och därför inte kunde justeras efter olika användares storlek.

Samtliga luftrenare hade ett förfilter som var inbyggt i en kartongkasett för att förenkla hanteringen, och kunna slängas efter varje användning då dessa blir väldigt smutsiga av alla dammpartiklar som filtrerats bort.

6.2.3 HTA

HTA-analysen (bilaga C) blev övergripande då den grundades på olika företag med till viss del skilda processer. Användandet kunde delas upp i fem olika övergripande trädigram som innefattar de mest väsentliga delarna i användandet. Dessa var:

1. Använda luftrenaren
2. Utföra förfilterbyte
3. Utföra HEPA-filterbyte
4. Rengöra luftrenaren
5. Utföra service

HTA-analysen var ett bra diskussionsmaterial som gav alla gruppmedlemmar en mer ingående förståelse för de olika användningsstegen. De olika trädigrammen kunde också användas som underlag vid idégenereringen. Analysen resulterade i en överblick av alla ingående handlingar i interaktionen med den befintliga branschledande luftrenaren.

6.2.4 FMEA

Resultatet av FMEA-analysen (bilaga G) kan sammanfattas i följande tabell.

Tabell 1 - Sammanfattning av FMEA

Förhindra	Designa för
Ofrivillig låsning av hjul	Reparation möjlig utan större hinder
Åtkomst till motor vid filterbyte	Pålitliga filterbytessensorer
Används som pall/förvaringsyta	Enkelgöra filterbyte
Lösa delar	Graceful aging

6.2.5 Reba-analys

Under REBA-analysen identifierades kritiska arbetspositioner som kräver förbättring. Position 1, visades vara mest kritisk med ett REBA-score på 11. Detta innebär att olycksfallsrisken ansågs hög och krävde åtgärdande så snabbt som möjligt. Position 2 och position 3 fick båda ett REBA-score på 7 vilket faller inom intervallet för måttligt kritiskt där olycksfallsrisken är medium och kravet på åtgärkning är nödvändigt. Trots detta bedöms inte någon av arbetspositionerna i praktiken som lika allvarliga som REBA-analysen visar eftersom de förekommer så pass sällan. Gällande manuell hantering som menar på att då lasten har en

lägre duration och frekvens, vilket alla dessa positioner har, så är kraven inte lika höga på en ideal lastintensitet eller arbetsposition, även om de kan förbättras.

Resultatet av REBA-analysen visade att det kunde vara skadligt att lyfta luftrenaren in och ut ur en bil. En stor orsak till riskerna var luftrenarens tyngd då modellen som undersöktes vägde 38 kg. Att minska vikten på luftrenaren ansågs därför vara en prioritet under det kommande utvecklingsarbetet.

6.3 Datainsamlingsmetoder

6.3.1 Djupintervjuer

Samtliga intervjupersoner var inom uthyrningsbranschen och hade en större erfarenhet av hanteringen av en marknadsledande industriell luftrenare. Dessa personer ansågs ha stor koll på hanteringen i helhet, då de själva går igenom i princip alla steg i ett tänkbart användarflöde. Det som missades var själva användningen på en byggarbetsplats, men dessa faktorer studerades med hjälp av andra metoder (bilaga B).

Filterbyte

Det konstaterades av samtliga att byta filter på befintliga industriella luftrenare var en väldigt enkel uppgift som var svår att göra fel. Byte av förfilter var det som var mest uppskattat, då det bara var att dra upp en kartongkassett ur en skena som styrde filtret på rätt plats. Detta var uppskattat eftersom den här typen av byte skedde nästan varje dag och att dess simplicitet ökade motivationen för användaren att själv byta filter, vilket i sin tur förlänger HEPA-filtrets livslängd.

Indikation för filterbyte

Nästan alla intervjupersoner sa att de utgick från lamporna som skulle indikera ifall ett filterbyte behövdes utföras, då de idag inte hade ett bättre sätt att identifiera detta än möjligtvis ett satt tidsintervall. Vissa ansåg att funktionen fungerade som den skulle medan vissa ansåg att den inte fungerade alls. En person sa att ett förfilter kunde bytas för att 5 minuter senare vara tvunget att bytas igen enligt maskinen. Detta berodde på felkalibrerade luftryckssensorer som mäter tryckfall. Denna kalibrering ansågs också vara komplicerad att utföra då man var tvungen att öppna upp hela baksidan av luftrenaren för att sedan justera några otydliga reglage som satt svåråtkomligt.

Tålighet

Det ansågs vara viktigt att ha en produkt som såg så fräsch ut som möjligt, då den skulle ha möjligheten att hyras ut en femårsperiod. Detta försvåras av att personer som hyr produkten inte är lika rädda som om den skulle vara deras egen. En intervjuperson sa "om våra maskiner går att göra sönder så hittar våra kunder ett sätt". Skadorna orsakades av allt ifrån att luftrenaren körts in i väggar till att de använts som avlastningsyta för färgburkar. Detta resulterade i både bucklor och färgfläckar vilket försämrade både luftrenarens funktion och utseende.

Några av de vanligaste skadorna var på komponenter tillverkade i plast. Detta inkluderade lampor och elkontakter som krossats då luftrenaren hade slått i väggen. Dessa komponenter var dock oftast väldigt enkla att byta ut.

En annan komponent som väldigt ofta fick ta smällar och behövde repareras var utblåset där en evakuerings slang kunde kopplas på. Förutom att denna var gjord i väldigt tunn plåt som deformeras enkelt så var den placerad på ett ställe som mycket frekvent utsattes för stötar.

Rengöring

En viktig faktor för uthyrarna som togs upp i samtliga intervjuer var en enkel rengöring, då detta var den mest tidskrävande uppgiften i underhållet eftersom detta utförs efter varje uthyrning. Svåråtkomliga utrymmen såsom skarpa hörn där smuts lätt fastna skulle helst undvikas så att det är så lätt som möjligt att bara torka av med trasa och skölja med vatten för att den ska bli ren. En enkel åtkomst av HEPA-filtret var också uppskattat då det dammsögs efter varje uthyrning.

Lösa delar

Delar som ej satt fast i luftrenaren, som t.ex strömkabeln och filterskydd, försvann ofta då de antingen glömts bort eller tappats bort. Utvecklingen av en ny luftrenare borde därför sträva efter att minimera antal lösa delar som kan försvinna.

Märkning

Varje luftrenare märks med ett individnummer för att uthyrarna själva ska kunna ha koll på deras status i systemet. Hur individnumret är uppbyggt skiljer sig mellan varje företag och därför behöver specialbeställningar göras av graverade brickor för att anpassas efter sitt eget system. I övrig bestyckas luftrenarna oftast med dekaler/klistermärken då det kan finnas luftrenare från flera olika uthyrningsföretag på samma arbetsplats. Detta ska minska risken för att kunderna lämnar tillbaka fel luftrenare till fel företag.

Komplexitet

Uthyrarna var överens om att produkten skulle vara intuitiv att arbeta med och därför inte vara för komplex i sin utformning. Detta gäller gränssnittet som användare interagerar med, men även konstruktionen där det uppskattades att kunna utföra enklare reparationsjobb själva utan att skicka iväg sin luftrenare till leverantörernas verkstad.

6.3.2 Observationer

Under observationen bekräftades stor del av det som tidigare hade sagts under intervjuerna och den som skapats av problemet. Det noterades att interaktionen mellan användaren och luftrenaren inte var särskilt komplex men att det skulle ställas många krav på maskinens konstruktion och förmåga att tåla tuff hantering. Detta eftersom de luftrenare uthyraren hade i sin depå var i dåligt skick med bland annat deformerade sidor, avslagna plastdetaljer och bortslitna dekaler.

Det som skiljde sig mest från intervjuerna var hanteringen av HEPA-filtret. Under intervjuerna konstaterades det att HEPA-filterbytet inte gjordes ofta och därmed inte kräver samma prioritet med avseende på enkelt byte som förfiltret. Trots att det stämmer så behövde

fortfarande filtret plockas ut varje gång luftrenaren rengjordes, då det inte tålde vatten. Därmed borde HEPA-filterbytet prioriteras lika högt som förfilterbytet.

En annan viktig faktor som blev extra tydlig var kalibreringen av trycksensorerna. Dessa satt svåråtkomligt för den användare som skulle justera dem, då denne var tvungen att skruva upp ca 20 små skruvar för få tillgång till motorutrymmet där de var placerade. Användaren behövde sedan justera reglagen som var märkta med otydliga siffror i ett mörkt utrymme. Det noterades också att det inte fanns någon specifik kalibreringsprocess att följa eller sätt att kontrollera att utförd handlingen korrekt. Användaren var i stället tvungen att testa sig fram.

I övrigt uppdagades det mindre vanliga problem men som enligt personen som observerades fortfarande förekom med en frekvens på några månaders mellanrum. Detta innefattade avslitna kablar som fastnat i fläkten p.g.a. dålig kabeldragning, vikter på fläktbladen som lossnat och därmed orsakat obalans i systemet samt skruvar som gängat upp sig på grund av vibrationer.

6.4 Designspecifikation

Resultatet från datainsamlingen sammanställdes i en designspecifikation (bilaga H) där krav och önskemål listades. Några av de viktigaste kraven och önskemålen kan läsas nedan.

Arbetsmiljö

- ◁ Produkten skall möjliggöra ergonomisk hantering vid skjut-/dragarbete över golv.
- ◁ Produkten skall möjliggöra ergonomisk hantering vid lastning i och ur en personbil
- ◁ Produktens skall max väga 25 kg
- ◁ Produkten ska möjliggöra en infångningshastighet av luft på 10 m/s

Gränssnitt

- ◁ En förstagångs användare ska förstå hur man startar maskinen
- ◁ En förstagångs användare ska förstå hur man reglerar fläktläge
- ◁ En förstagångs användare ska förstå hur man byter förfilter

Underhåll

- ◁ Produkten ska möjliggöra enkelt förfilterbyte
- ◁ Produkten ska möjliggöra enkelt HEPA-filterbyte

Tillverkning

- ◁ Tillverkningskostnaden för produkten ska maximalt vara 10 000 kr
- ◁ Produkten ska vara enkel att montera

Hållfasthet

- ◁ Produkten ska tåla stötar som kan ske vid tuff hantering

Produktspecifikation och estetik

- ◁ Luftrenarens formspråk ska ligga i linje med Maxivent EC.
- ◁ Produkten ska åldras på ett ej oattraktivt sätt



7

Resultat E Konceptframtagning

Efter att behoven och kraven från målgruppen sammanställts i en designspecifikation påbörjades arbetet att kombinera och ta fram koncept. I detta kapitel presenteras resultatet av de förslag på lösningar som framtogs under idégenererings-, konceptgenererings- och konceptutvecklingsfasen.

7.1 Konceptgenerering

7.1.1 Idégenerering - Dellösningar

Idégenereringen för funktionskonceptet utfördes utifrån fyra kategorier. Dessa var form, förflyttning, filterbyte och skydd. Under idégenereringen togs dellösningar som relaterade till dessa kategorier fram med målet att uppfylla de bestämda kraven och önskemålen.

Förflyttning

I denna kategori togs lösningar fram gällande hantering av luftrenaren kopplat till lyft samt förflyttning över plan mark. Då maskinen förväntades bli relativt tung resulterade nästan alla dellösningar i någon form av hjul samt handtag som skulle medge bra grepp vid enstaka lyft under kortare tid. Stora hjul ansågs också underlätta förflyttningen över ojämna ytor.

Filterbyte

För filterbyte togs dellösningar fram för hur användaren skulle få tillgång till filtret samt hur detta skulle placeras inuti luftrenaren. För att underlätta förfilter bytet beslutades det i samråd med ÅSS att förfilterduken kunde förstyvas med en kartongkasset då detta förstorade lösningsrymden och öppnade upp för många nya dellösningar. Samtliga dellösningar innefattande en öppning av någon form samt ett sätt att sluta tätt runt filtret.

Filterskydd

I denna kategori togs dellösningar fram för hur filtret kunde skyddas utan att skyddet riskerades att tappas bort. Dellösningarna som togs fram inkluderade bland annat löstagbara skydd och galler. En annan idé var tanken om att filterskyddet kunde ha en sekundär funktion som även kunde användas som handtag för förflyttning eller som constraint för att förhindra felanvändning.

Form

För formkategorin togs förslag på former fram (bilaga I) som skulle passa det tänkta estetiska uttrycket samt stärka varumärkesigenkänningen med Maxivent EC. En annan del i utvecklingen av formen var att motverka felanvändning genom att inte tillåta avlastning eller användning av luftrenaren som sittytta. För att göra produkten realiserbar var det viktigt att materialet och tillverkningsmetoderna anpassades efter ÅSS produktionsmöjligheter. Det beslutades därför att grundformen skulle vara gjord av bockad plåt. Aluminium valdes framför stål då det är relativt lätt, billigt och kan göras tåligt med en genomtänkt konstruktion.

7.1.2 Konceptgenerering - Morfologisk matris

I den morfologiska matrisen kombinerades dellösningar från de olika kategorierna, vilket resulterade i ett stort antal olika funktionskoncept. När koncepten vidareutvecklats för att kontrollera huruvida de skulle fungera i praktiken eliminerades de olämpliga. Dessa funktionskoncept reducerades ner till tre stycken som senare döptes till Yes, Kvick och Skurt för enklare kommunikation inom gruppen.

7.1.3 De tre koncepten

Koncept #1 - Yes

Koncept Yes bestod av en lucka som öppnades likt en diskmaskin till en vinkel där både HEPA och förfiltret kunde komma åt och styras ned i skenor. Luckan skulle även ha en låsmekanism likt en bagagelucka på en bil för att ge en pålitlig säkring samt en tillfredsställande haptisk och auditiv återkoppling vid öppning och stängning. Tanken var att själva diskmaskinsfunktionen skulle möjliggöra en bra tätning samt smidigt filterbyte.

Konceptet bestod även av ett rejälare galler som skulle agera filterskydd. Gallret skulle sitta fast på luftrenaren vilket innebar att risken för att de skulle tappas bort eliminerades. Genom att lossa några skruvar kunde man fortfarande ta av och byta gallret om så behövdes. Detta ansågs viktigt eftersom gallret var mycket exponerat för smällar. Handtaget för horisontell förflyttning skulle likna ett för klassiska barnvagnar. Det skulle även vara ledat i infästningspunkterna för att kunna vikas ned vid frakt. Formen som valdes var inspirerad av den tydliga 135 graders vinkel på Maxivents delningslinje.

Koncept #2 - Kvick

Koncept Kvick hade många funktionsmässiga likheter med Yes, trots väsentliga skillnader gällande form och filterbyte. Liknande Yes hade konceptet Kvick skenor för båda filtren och en bagagelucksåslåsning, men luckan öppnades som en kökslåda i stället för en diskmaskin. Formen inspirerades av Maxivent EC med radier som rundar alla hörn sett uppifrån. Baktill gjordes även en viss utskärning för att få hjulen i linje med ytterkanten samt för att optimera platseffektiviteten. Ett teleskophandtag användes för att möjliggöra horisontell förflyttning

Koncept #3 - Skurt

På koncept Skurt nyttjades möjligheten att ge filterskyddet ett sekundärt användningsområde. Det kunde användas till både transportskydd vid frakt och som ett handtag som möjliggjorde horisontell förflyttning. Filterbytet skulle ske genom att en lucka på toppen av luftrenaren öppnades så att de två filtren kunde styras ner längst med skenor. I botten av filterhålet skulle det sitta en fjädrad bottenplatta som skulle medföra att filtren skulle tryckas upp en bit vid lucköppning vilket skulle göra dem mer lättåtkomliga. Vid drift skulle även skyddet behöva vara öppet och täcka filterluckan, vilket skulle motverka att luftrenaren användes som sittplats eller avlastningsbord.



Figur 17 - Koncept Yes, Kvick och Skurt (från vänster till höger)

7.1.4 Konceptutvärdering - Kesselringmatris

Valet av det slutgiltiga konceptet som skulle arbetas vidare med baserades bland annat på resultatet från Kesselringmatrisen (bilaga J). Resultatet från matrisen visade att Yes var det koncept som var bäst anpassat till utvärderingskriterierna. Marginalen var dock mycket liten och koncepten utvärderades i stället utifrån deras realiserbarhet gällande konstruktion och tillverkning. Även då utmärkte sig Yes som det bästa konceptet och därmed beslutades det att Yes var det koncept som skulle vidareutvecklas.

7.2 Konceptutveckling

7.2.1 Ergonomitest - placering av handtag

Genom den morfologiska matrisen beslutades det att luftrenaren skulle ha handtag på sidan som kunde användas vid lyft. Den ergonomiska utvärderingen av handtagen visade att det var betydligt lättare för långa personer, att manövrera luftrenaren. Kortare personer ansågs därför vara en kritisk grupp vars behov var dimensionerande.

Med handtagen placerade 15 cm över marken var det svårt för den kortare testpersonen att greppa luftrenaren ovanifrån. Luftrenaren bars också väldigt högt vilket gjorde den framtung. Detta fick testpersonen att kompensera med ryggmusklerna för att inte ramla framlänges eller tappa luftrenaren. För den kvinnliga testpersonen kom även bysten i vägen för luftrenaren vid upprätt läge vilket orsakade ytterligare kompensation från ryggmusklerna.

När handtagen placerades 35 cm över marken var det lättare för testpersonerna att nå handtagen då de inte behövde böja sig lika långt. När luftrenaren bars upplevdes den mer balanserad och när den skulle ställas ner behövde testpersonerna inte böja sig lika långt ner vilket gjorde att rörelsen kändes mer kontrollerad och stabil. När luftrenaren bars i trappa med de medelhöga handtagen upplevde testpersonerna att benen tog i underredet på luftrenaren men att det inte hindrade rörelsen. De upplevde också att det fortfarande var svårt att se fötterna när de gick men att synen överlag var bättre än då handtagen var lågt placerade.

Även då handtagen placerades 55 cm över marken upplevde testpersonerna att luftrenaren var lätt att greppa utan att böja sig mycket. Handtagens höga höjd uppmuntrade dock till att

användarna inte böjde på knäna för att lyfta upp luftrenaren och att de istället lyfte med böjd rygg, vilket kan vara skadligt i längden. De höga handtagen var även problematiska i trappan då luftrenaren bars så pass lågt att det var svårt att kunna ta ordentliga steg upp och ned i trappan.

Slutligen fick testpersonerna själva pröva vilken höjd på handtag de föredrog. Den kortare testpersonen valde ca 50 cm ovanför marken för att lätt kunna lyfta den från golvet och kunna vila luftrenaren mot kroppen i ett upprätt läge. Vid denna höjd hängde luftrenaren inte för lågt för att hindra testpersonens rörelser i trappan och även om sikten fortfarande inte var helt optimal var den tillräckligt god för att tillåta enkel förflyttning i trappan. För den längre testpersonen hade handtagens höjd mindre påverkan på användningen och höjden 50 cm orsakade inga nya problem. Sammanfattningsvis gav resultaten av testerna att den ideala höjden för sidohandtagen är mellan 45–50 cm från marken. Luftrenaren möjliggör då ergonomisk och tillfredsställande manuell hantering för både kortare och längre personer.

7.2.2 Utveckling i CAD

Det valda konceptet vidare utvecklades med hjälp av CAD programvaran Fusion 360. Med hjälp av CAD så upptäcktes en del nya utmaningar som var svåra att identifiera i de tidigare faserna.

Den preliminära formen som skapades under konceptgenereringen var, förutom luckan, i stort sett ett ihåligt skal. För att göra den möjlig att konstruera delades den upp i några olika delar. Dessa var kåpa, gavlar och framlucka. Delarna behövde fästas på ett sätt som gjorde luftrenaren både stabil och relativt stöttålig. Ett alternativ var att använda olika typer av bockade flänsar för att överlappa de olika delarna, men detta resulterade i en komplicerad montering samt en konstruktion som behövde ytterligare förstärkning. Istället användes en lätt och stabil inre ram gjord av 20mm x 20mm aluminiumprofiler som även erbjöd fästpunkter där de olika plåtdelarna kunde monteras. För att fästa täcksidorna i ramen så beslutades det att använda skruvar med breda skruvhuvuden. Detta underlättade vid *disassembly* då de överdimensionerade skruvarna skulle visa på användningen samtidigt som de skulle förstärka det industriella utseendet. En ytterligare fördel med stora skruvar var de inte skulle bli lika lätta att tappa bort.

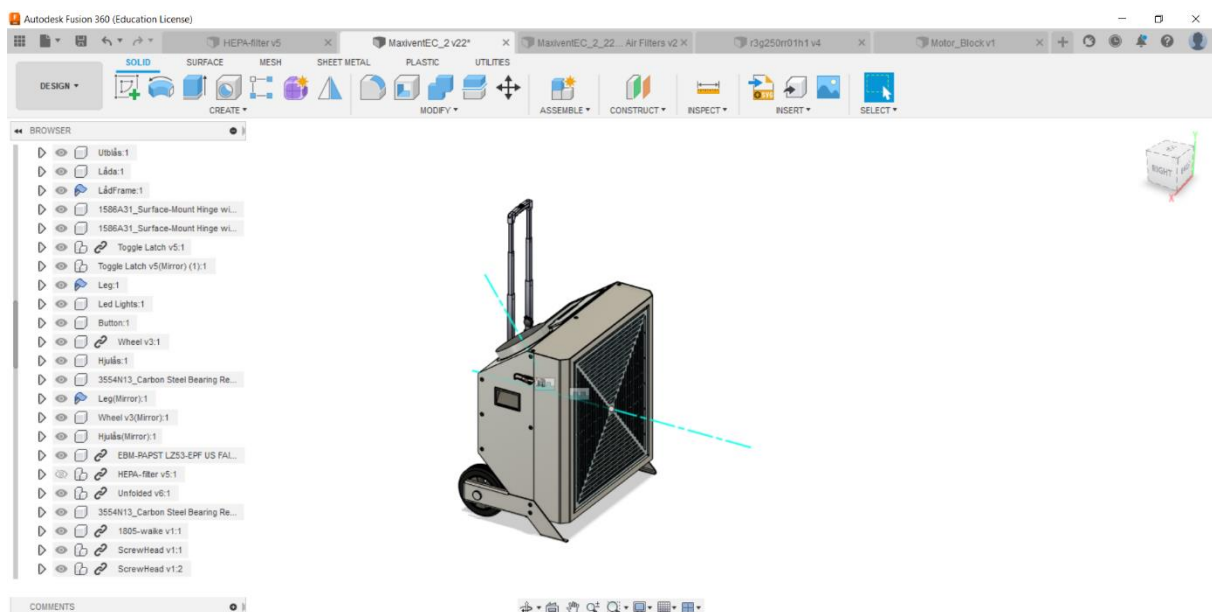
Ganska snabbt konstaterades det att det inte gick att ha ett rejält invändigt lås som var tänkt under konceptgenereringen. Låset skulle ha inneburit att luftrenaren hade behövt vara väsentligt mycket högre för att ge svängrum till filtren. För att optimera höjden beslutades det istället att ett lås mellan luckan och vardera gavel. De nya spännena fördelade också, teoretiskt sett, trycket från luckan jämnare över filtrets tätninglist vilket skulle resultera i bättre luftflöde genom filtret. Låsen var först tänkta att sitta inuti luftrenaren men detta skulle ha inneburit en avsevärd breddning av själva luftrenaren samt problem kopplat till hur skenorna för filtren skulle konstrueras. Vid detta skede ifrågasattes även luftrenarens uttryck och huruvida den skulle passa in i en industriell miljö. Därför utforskades möjligheterna till att sätta utvändiga excenterlås mellan vardera täcksida och framluckan då dessa var vanligt förekommande i industrisammanhang. Detta medförde dels att storleken på luftrenaren

kunde optimeras för att göra den mer portabel samtidigt som de bidrog till det industriella uttrycket.

Parallellt med problemen kring låsningen uppstod även några komplikationer med själva lucköppningens utformning kopplat till hur den skulle ledas samt hur den skulle stanna vid en viss vinkel. Den inledande lösningen var att återigen ta inspiration från en diskmaskin och använda samma typ av gångjärn som då skulle fästas på insidan. Där uppstod samma problem som med låsningen då utrymmet som gångjärnen behövde medförde att luftrenaren behövde breddas markant för att filtren skulle få plats. För att kunna göra luftrenaren så låg som möjligt utan att filter skulle slå i kåpans underkant så behövde därför framluckan ledas i delningslinjen mellan ramen. Detta möjliggjorde då att gångjärnen kunde placeras på utsidan undertill eftersom de då inte skulle synas vilket även medförde att luftrenaren kunde komprimeras ytterligare.

Ett annat problem som upptäcktes med lucköppningen var hur mötet mellan framluckan och kåpan skulle se ut. Eftersom framluckan behövde vara öppen på toppen för att möjliggöra enkelt filterbyte så behövde kåpan på något sätt sluta ovsidan framluckan vid stängt läge. Vissa av de lösningar som kom i förslag kunde snabbt avfärdas genom att testa lucköppningsrörelsen i Fusion 360 och se vart det uppstod kollisioner mellan delarna. Resultatet blev att framluckan behövde omsluta kåpan för att kunna garantera en fri rörelse.

För att minska vibrationer och för att skapa en bra stöttålighet så behövdes en stabil motorupphängning skapas. Ett alternativ var att använda ett fäste som motortillverkaren erbjöd som tillval. Detta visade sig vara svårt att fästa i ramen vilket ledde till att de faktiska infästningspunkterna då skulle vara placerade långt ifrån fästpunkterna till motorn. Valet blev att ta inspiration från en annan befintlig motorupphängning som tillverkaren erhöll. Detta resulterade i en simpel konstruktion som fick en stor anläggningsyta till ramen samtidigt som att avståndet mellan motorns och ramens fästpunkter kunde minimeras. För att motverka vibrationerna så skulle motorupphängningen och ramen separeras med en vibrationsgummimatta.



Figur 18 - Utveckling i CAD

7.2.3 Prototyp

Prototypen byggdes i 0,7 mm stålplåt istället för 3 mm tjock aluminiumplåt vilket medförde att vissa delar inte var representerbart för det faktiska slutkonceptet. Resultatet visade trots detta på några viktiga aspekter på konstruktionen som behövde ses över och förbättras inför framtida tillverkning.

Efter att prototypen konstruerats kunde det konstateras att storleken minskas markant från den initiala kappaboard mock up:en.

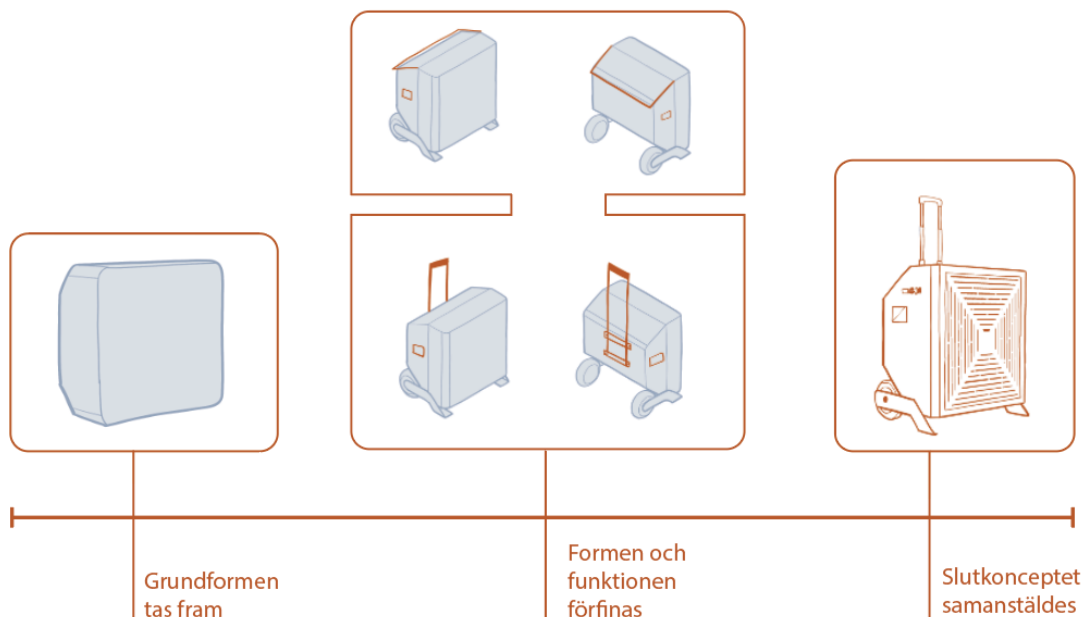
Storleksförändringen berodde på designförändringar som gjorts i CAD och dess omfattning hade varit svår att visualisera innan prototypen byggdes.



Figur 19 - Första prototypen

Luftrenaren var bland annat för låg för att den tänkta barnvagnshandtagslösningen skulle fungera ur ett ergonomiskt perspektiv. Detta resulterade i att handtaget byttes till ett teleskophandtag med tre gångers förlängning. Det nya handtaget gav en bättre handtagshöjd samtidigt som det var möjligt att fälla ihop vid frakt. Handtaget kunde då fästas i baksidan av kåpa med fästpunkter i ramen. Till följd av att placeringen av handtaget behövde ändras så medförde det att även utblåset behövde flyttas. Den preliminära tanken var att placera utblåset direkt bakom motorn, centrerad i kåpans bakre del. Efter tillverkningen av prototypen kunde det konstateras att motorn då skulle vara placerad väldigt nära utblåset och på så sätt fanns det en risk att något skulle stickas in i hålet och skada motorn. För att följa industristandard och passa de evakuerings slangar som används så behövde utblåset vara 160 mm i diameter. Detta innebar att de inte fanns tillräckligt med utrymmen för att placera utblåset på någon av täcksidorna vilket medförde att den istället placerades på den övre lutningen av kåpan. Den nya placeringen innebar också att utblåset skyddades något från deformation då denna placering inte ansågs vara lika exponerad för stötar. Placeringen av utblåset möjliggjorde även att teleskophandtaget kunde centreras.

Ett tydligt problem av luftrenarens initiala konstruktion som upptäcktes under prototyp bygget var framluckans styvhet. Trots att materialtjockleken inte var rätt så kunde det konstateras att konstruktionen i sig hade brist på förstävningar vilket inte skulle förbättras genom att enbart öka plåtens tjocklek. För att lösa detta lades förstävningar till i vidareutvecklingen av CAD-modellen. Detta gjordes främst i form av bockningar. En annan plats där brist på förstävningar blev tydligt var vid benen och hjulupphängningen. Trots att de tillverkades i tjockare plåt än resterande delar så behövdes bockningar göras för att ge ökad styvhet.



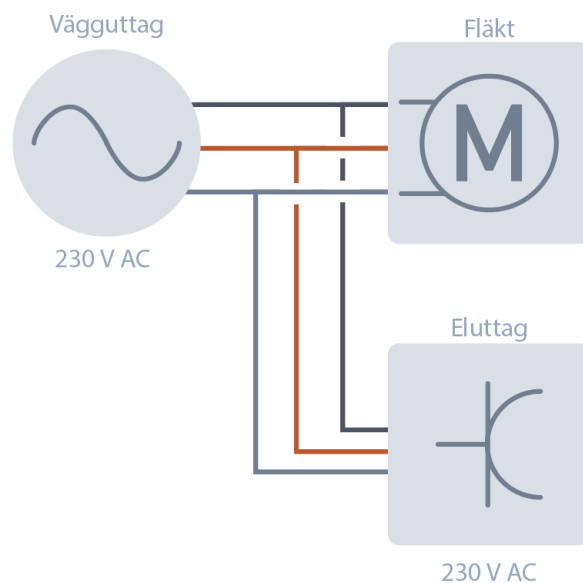
Figur 20 - Utveckling av form och funktion

7.3 Teknik

7.3.1 Elförsörjning

Luftrenaren strömförs via strömkablar med stickkontakter som passar i standard vägguttag på 230V AC. Kabeln från vägguttaget in i maskinen är tredelad och består av en neutral, en fas och en skyddsjord. Det interna tekniska systemet är uppbyggt på så sätt att dessa delar kopplas till motorn och ett utanpåliggande eluttag. Det utanpåliggande eluttaget blir därmed jordat och gör att luftrenaren fungerar som en förlängningssladd för externa verktyg. Uttaget har även ett uppfällbart plastlock för att skydda uttaget mot stötar och är något vattenavvisande. Figur 21 illustrerar strömtillförseln till luftrenarens elektriska komponenter genom kopplingen mellan vägguttaget, fläktpaketet och eluttaget på utsidan. Den mörkgrå ledningen är neutral, fasledaren är ljusgrå och skyddsjorden är orange.

Två alternativ för sladd togs fram. Det första var en kabel av typen c14, en jordad strömtillförselkabel avsedd för apparatkablage med ett elintag av samma sort. Detta möjliggjorde att kabeln enkelt kunde bytas ut vid skador, utan behov av service. Det andra alternativet var en sladdvinda. Sladdvindan innebar enklare hantering, dessutom tog den bort risken för att sladden tappades bort. Eftersom borttappandet av sladdar var ett problem som identifierats i 6.3.4 FMEA valdes det andra alternativet, sladdvindan, till slutprodukten.



Figur 21 – Elförsörjning

7.3.2 Jämförelse av fläkt

Vid jämförelsen av olika fläkttypen gavs en överblick över fördelar och nackdelar över AC- och EC-fläktar. Fördelarna med fläktar som har EC-motor kontra motsvarande AC-motor är att fläktarna med EC motor erbjuder enkel och förutsägbar hastighetskontroll med jämna förhållanden mellan hastighet och vridmoment. AC-motorn använder istället frekvensen på växelströmmen som går in i den för att reglera hastigheten och får då både sämre verkningsgrad och fluktuerande vridmoment som är lägre i låga hastigheter. EC-motorerna är dessutom tystare och kan konstrueras mer kompakt än motsvarande AC-motorer och ändå ge samma effekt. Dessutom är EC-motorn mer responsiv för acceleration och deceleration än AC-motorn, som dock generellt är något billigare än EC-motorn. Som resultat av detta föll valet på att en fläkt med EC-motor skulle användas då det ansågs vara det bästa alternativet.

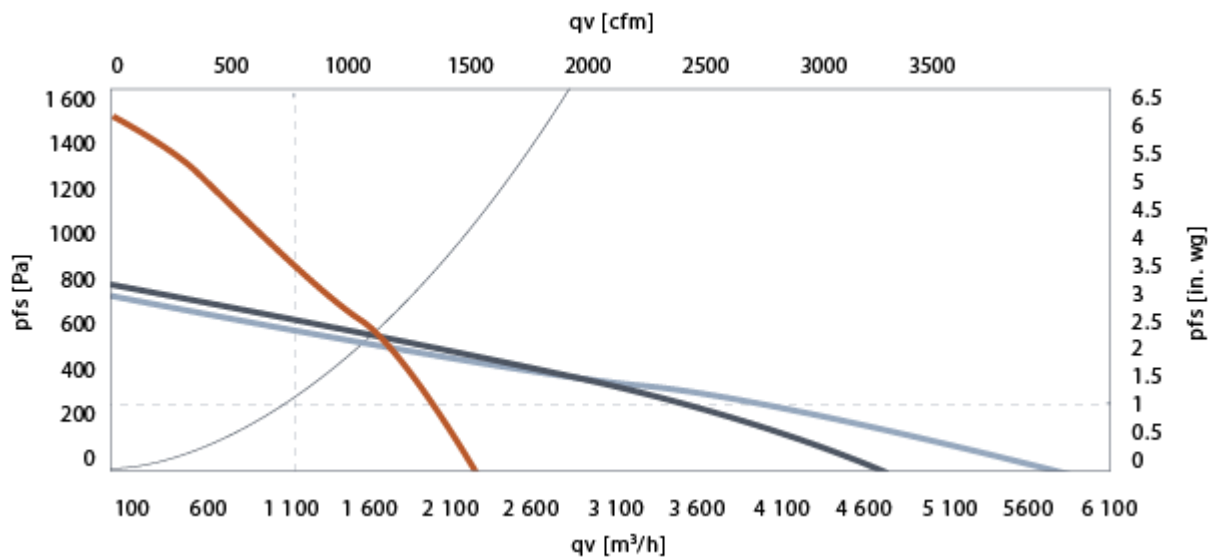
Slutligt val av fläkt

I samråd med fläkttillverkaren EBM-papst kunde tre fläktar väljas ut som uppfyllde kraven som fanns på prestanda. Fläktarna som valts ut med beteckningarna som fortsättningsvis kommer användas är:

Dessa värden och grafer refereras till EBM-papst (2022).

Tabell 2 - Data för fläktar

Namn	R3G400-RS03-H1	R3G355-RS02-H1	R3G250-RR01-H1
Namnförkortning	400	355	250
Vikt (kg)	6,2	5	3,9
Diameter (mm)	400	355	250



Figur 22 - Graf över relationen mellan luftflöde och tryckfall där 250-orange, 355-mörkgrå, 400-grå

De tre fläktarna har alla nått de krav som satts för fläkten och har därför kvalificerats för att utforskas. Fläktarna 400 och 355 är betydligt bättre på att arbeta med högre luftflöde än 250, se de flackare kurvorna i Figur 21. Som synes i Tabell 2 är fläkt 250 både mindre och lättare än 400 och 355. Då fläkt 250 klarar de krav som ställs på den anses inte den extra prestandan som fås av de större fläktarna värt skillnaden i storlek och vikt. Fläkten som valts för luftrenaren är alltså R3G250RR01H1. Den är lätt, liten och klarar de krav som finns på luftflöde vid aktuellt tryck.

7.3.3 Alternativ styrsystem

Bruksanvisningen från fläkten visar hur styrningen sker genom att koppla fläktens kontakter. Efter utläsning av kopplingsrekommendationerna ansågs det bästa alternativet vara en lösning med potentiometer. Detta för att fläkten var väl anpassad till den här typen av styrsignal och det var dessutom enkelt att arbeta med. Potentiometerlösningen kopplas direkt till en styrenhet på fläkten och kan användas för att steglöst reglera dess hastighet med en styrsignal. En potentiometer fungerar på så sätt att en hög respektive låg spänning kopplas till potentiometern. I fallet för fläkten är dessa 0 V (GND) och 10 V. Potentiometern har även en output som kommer beroende på vad som potentiometern är inställd på (varierbar resistans) variera mellan den låga och höga spänningen 0-10V. Det finns två huvudtyper av potentiometrar, fysisk- och digitalt vred. Dessa var grunden till de två alternativen a och b.

- A. Fysisk potentiometer
 - ÅSS kretskort
 - Fysiskt vred
 - Tryckswitch

Alternativ a, ÅSS har för Maxivent EC tagit fram en styrning med en fysisk potentiometer för att kontrollera EC fläkten. Detta kallades ÅSS kretskort för tydlighet och var en lösning för

reglering som återanvändes till denna lösning. Lösningen för filtterrövervakning var en luftryckswitch som vid överstigning av tröskelvärdet tände en signallampa.

B. Digital potentiometer

- Mikrokontroller
- Knapp
- Luftryckssensorer/luffflödessensorer

Alternativ b, en digital potentiometer medförde att en mikrokontroller skulle användas, denna reglerade i sin tur fläkten genom styrsignaler till potentiometern. För filterövervakning kopplades två luftryckssensorer för att mäta tryckfallet över filtret. Detta tryckfall användes sedan för evaluering av mikrokontrollen.

7.3.4 Slutligt val av styrsystem

Fördelen med ÅSS kretskort

Lösning ÅSS kretskort, baserades på att en fysisk potentiometer användes för reglering av fläkten. I denna lösning användes en luftryckswitch kopplat till en signallampa som användes för att signalera behov av filterbyte. Fördelen med denna lösning var att kretskortet med potentiometern var fullständigt klar. Därefter kan det tas fram individuella delsystemslösningar som inte påverkar varandra så som att köpa en panelmonterad drifttidsräknare.

Fördelen med mikrokontroller

Att använda en mikrokontroller som styr fläkten med hjälp av en digital potentiometer har fördelen att det öppnar upp för många andra delsystemslösningar. Det är svårt att veta vilken av alternativen som kommer vara billigare utan att lägga alltför mycket tid på en lösning som inte ska användas, det har därav inte lagts alltför mycket tyngd på det.

Slutligt val av styrsystem

Det fanns fundering över att kombinera dessa lösningar men detta anses för dyrt. I slutändan har valet gjorts att gå vidare med alternativ b, digital potentiometer för att detta tillåter en flexibilitet i gränssnittsdesign och annat som inte kan uppnås utan mikrokontroller. Nedan följer en kortare sammanfattning över hur de tre huvudfunktionerna reglering av fläkt, filterbyte och drifttid realiserats.

Reglering fläkt

Uppgiften fläktläge utförs som sagt genom att mikrokontrollen styr en digital potentiometer som kontrollerar fläktens styrsignal.

Filterbyte

Det fanns några alternativ för hur luftrenaren skulle detektera behov till filterbyte. Det första alternativet var att koppla det till mikrokontrollens drifttidsmätning och därmed bestämma att vid ett visst tidsintervall signalera för byte av HEPA-filer. Detta alternativ sötades nästintill direkt då en varierande arbetsmiljö som bygg- och tungindustrin gör detta alternativ opålitligt. Det andra alternativ på filterbytessensor var luffflödessensor och luftryckssensor som

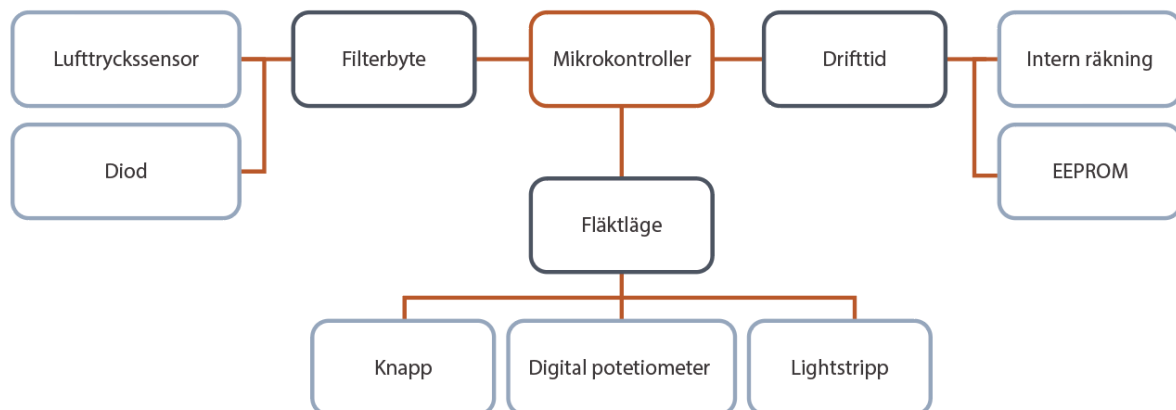
kopplas till mikrokontrollen. Vid undersökning av vad det fanns för alternativ till mätvärden så kom det fram till att det är luftflöde som fungerar bäst. Luftflödessensorer var dock betydligt dyrare och svårare att implementera än lufttrycksensorer. Det var av den anledningen som Maxivent OW har två lufttryckssensorer för att veta när filterbyte bör ske. Uppgiften filterbyte signaleras av att mikrokontrollen tänds en signallampa. Detta sker när lufttryckssensorna mäter ett lufttryck över filtret som är utanför de förbestämda gränsvärdena.

Drifttid

Uppgiften drifttid sköts av mikrokontrollen genom dess interna klocka och EEPROM.

EEPROM är ett minne som har ett förväntat antal skrivningar på 10 000, det uppdateras därför bara när luftrenaren stängs av. En kondensator kopplades till mikrokontrollern i syfte att vid oväntad avstängning, strömförsörja mikrokontrollern så drifttiden uppdateras.

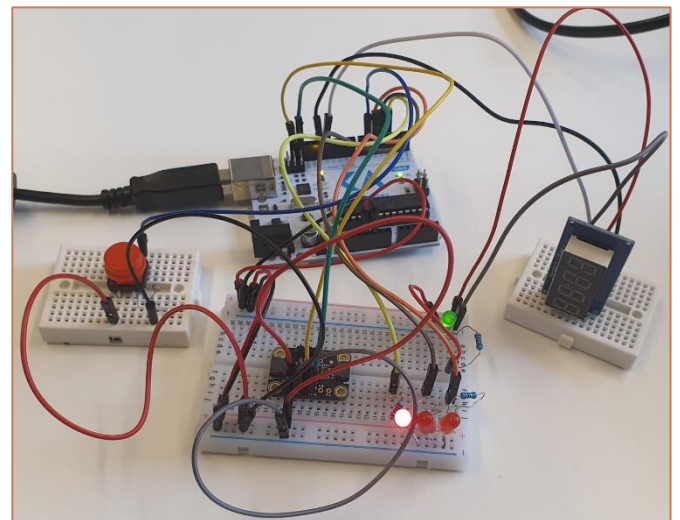
Figuren nedan är en sammanfattning av mikrokontrollens tre huvudsakliga uppgifter och tillhörande lösningar.



Figur 23 - Mikrokontrollens uppgifter

7.3.5 Funktionsmodell

I funktionsmodellen har en Arduino UNO och komponentmoduler till denna använts för att bygga upp en representerande modell av det system som kommer användas i Maxivent OW. Till mikrokontrollern Arduino Uno kopplas det Adafruit DS3502 digital potentiometer, 4-digit display, knapp och ett antal dioder. Reglering av fläktlägen görs vid nedtryckning av knapp som signalerar mikrokontrollern vilket tänds dioder och ändrar den digitala potentiometern och därmed fläktens hastighet. Placeholdern 4-digit display användes för att kontrollera att mikrokontrollens driftidsräkning fungerade.



Figur 24 - Funktionsmodell

7.4 Gränssnittet

7.4.1 Funktioner

Från marknadsanalysen, HTA:n och KJ-analysen kunde det fastställas att luftrenarens gränssnitt skulle innehålla följande funktioner:

- ◀ En strömbrytare
- ◀ Ett reglage för fläktläge
- ◀ Indikation för filterbyte
- ◀ En drifttidsräknare

Drifttidsräknaren

Efter djupintervjuerna visade det sig att drifttidsräknaren sällan användes och beslutet togs därför att den inte behövde vara direkt synlig på gränssnittet. Användaren kan istället komma åt drifttimmarna genom ett USB uttag. Att digitalisera drifttidsräknaren innebar att det inte längre behöver sitta på luftrenarens panel och riskerar att gå sönder. Det innebär också att timmarna är lättare att logga och förhoppningsvis gör det att informationen kan användas på ett enklare och mer effektivt sätt.

Indikationslampor

Enligt marknadsanalysen hade många andra luftrenare två lampor som indikerar om filtret behöver bytas. Lamporna var kopplade till en tryckmätare och den ena lyste gult om det var ett för högt tryckfall över filtret, alltså om filtret var igensatt. Den andra lampan lyste rött om tryckfallet över filtret var för lågt, alltså om filtret var trasigt. De två problemen åtgärdas båda på samma sätt genom att byta hepa-filtret. Lampornas färg kan dock feltolkas då många användare tolkar den gula lampan som en förvarning till den röda vilket kan resultera i att filtret inte byts ut trots att det skulle vara nödvändigt. Det beslutades därför att den nya luftrenaren endast behövde en filterindikationslampa.

Strömbrytare och reglage

Under idéegenereingen togs flera olika förslag på strömbrytare och fläktlägesreglage fram. Från marknadsanalysen var det tydligt att dessa delar var särskilt känsliga för att gå sönder då de stack ut och lätt slogs till under transport. Det beslutades därför att använda en relativt platt knapp som inte skulle gå sönder på samma sätt. För att förenkla gränssnittet ytterligare beslutades det att använda endast en knapp för både strömbrytare och filterreglage.

7.4.2 Placering och layout

Eftersom det är en relativt liten produkt ansågs det vara viktig att användaren inte skulle behöva böja sig ner mer än nödvändigt. Det ansågs också viktigt att den skulle vara lätt att starta och att användaren inte skulle behöva leta efter gränssnittet för att kunna starta maskinen. Det beslutades därför att placera gränssnittet på luftrenarens ovansida, på den sluttande delen av kåpan. För att förenkla monteringen placerades många elektriska komponenter relativt nära varandra. Detta innebar att även indikationslampan placerades på luftrenarens ovansida där den är enkel att se från alla olika håll. För att kommunicera till

användaren att även USB-porten var kopplat till filterbyte, då driftimme räknaren kan användas för att bestämma när filtret behöver bytas, användes närhetsprincipen och den placerades bredvid filterindikationslampan. Eftersom det inte finns någon välkänd symbol för filterbyte beslutades det att använda texten "FILTER" för att kommunicera lampans syfte. För att behålla den inre konsekvensen användes även bokstäver för att förklara USB-porten. Eftersom det endast är uthyrarna som kommer ha användning av USB-portens funktioner behöver dess funktion inte vara direkt förståelig för förstagångsanvändare och det ansågs därför räcka med texten "USB" för att förklara dess funktion.

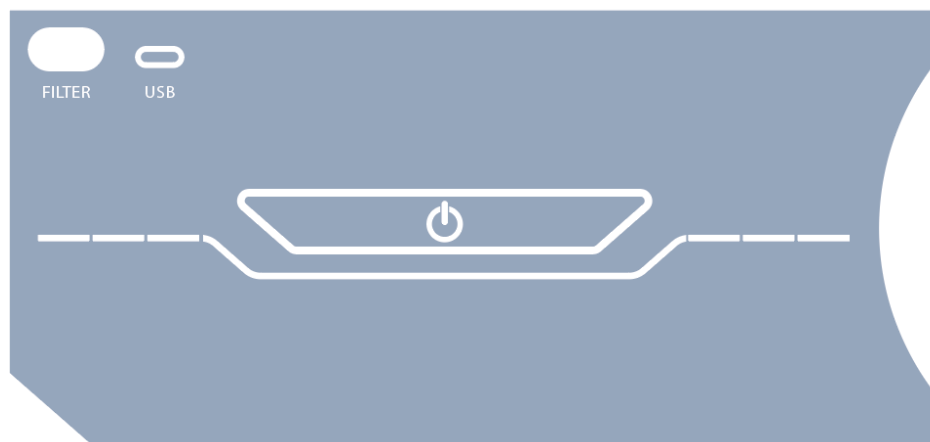
7.4.3 Utvärdering av gränssnitt - Observation

När testpersonerna ombads att starta luftrenaren och sätta på den på läge 2 förstod alla att de skulle trycka på huvudknappen för att starta maskinen. De förstod snabbt att den tända lampan och fläktljudet betydde att luftrenaren var på. Ett fel som gjordes var dock att fläktläge två blandades ihop med fläktläge tre. Felet kan till viss del bero på prototypen då det blev en kort ljudfördröjning mellan det att användaren tryckte på knappen och det att fläktljudet förändrades. Fördröjningen innebar att det var lättare att missa ett fläktläge eftersom användaren hann trycka två gånger innan ljudet förändrades. Skärmens låga ljusstyrka kan också ha gjort det lättare att missa förändringar i gränssnittet. Förutom prototypens relativt låga fidelity så kan också gränssnittets utseende bidra till att användningsfelet. Många testpersoner trodde att lampan som ligger under huvudknappen betydde att luftrenaren var igång och att det endast var de två lamporna på sidan av gränssnittet som symboliserade olika fläktlägen. Även om de trodde att luftrenaren endast hade två hastigheter så förstod alla testpersoner kopplingen mellan att fler lampor lyser och att fläktläget höjdes. En testperson föreslog dock att kopplingen kunde ha stärkts genom att göra de yttre lamporna tjockare.

Ingen av testpersonerna gjorde några fel när de fick i uppgift att stänga av luftrenaren vilket tyder på att gränssnittet har god guessability. Testpersonerna förstod att hen skulle trycka på huvudknappen för att ändra fläktens läge och de förstod direkt att luftrenaren var avstängd tack vare den audiella och visuella återkopplingen som uppstod då fläktljudet tystnade och lamporna stängdes av.

Som ett resultat av användartesterna gjordes en mindre redesign av gränssnittet. En extra ledlampa lades till på vardera sida av huvudknappen så att indikationen för de olika varje

fläkt lägena sitter nu på samma ställe. Lampan under huvudknappen tänds istället samtidigt som symbolen på knappen i samband med att strömmen slås på.



Figur 25 - Överblick gränssnitt

7.5 Estetik

7.5.1 Färg

Från marknadsanalysen kunde det konstateras att det var vanligt att en grå eller svart färg ofta kombinerades med en mer kulört färg. För att den nya luftrenaren skulle passa in med de andra industriella produkterna valdes det tidigt i processen att även den skulle ha ett liknande mönster. Den kulörta färgerna används ofta för att visa vilket företag som hade producerat produkten och det var därför viktigt att hitta en unik färg som gjorde att maxivent inte blandades ihop med andra märken. Flera olika färgkombinationer testades men tillslut valdes det att använda den färgskala som togs fram under förra årets arbete med Maxivent EC, nämligen färgerna mörkgrå (3B3738), Ljusgrå (EAEBED) och orange (EAEBED)

När det valdes vilka delar av luftrenaren som skulle ha vilka färger används också maxivent EC som inspiration. Den nya luftrenaren är precis som EC varianten tvådelad med två nyanser av grått. Eftersom det inte är lika viktigt att den nya luftrenaren är diskret och smälter in med sin omgivning valdes färger med större kontrast på luftrenarens fram och baksida.

Detta gör att den upplevs stadigare och mer uppseendeväckande. För att säkerställa att produkten åldras på ett snyggt sätt bestämdes det att påklitrade dekaler skulle undvikas i så stor mån som möjligt. Det var också viktigt att produkten var enkelt att producera och att målandet inte skulle kräva alltför mycket tid eller resurser. Det



Figur 26 - Färgskala

beslutades därför att de stora plåtstyckena skulle vara enfärgade vilket resulterade i att bakstycket färgades mörkt grått och att luckan samt sidopanelerna färgades ljus grått.

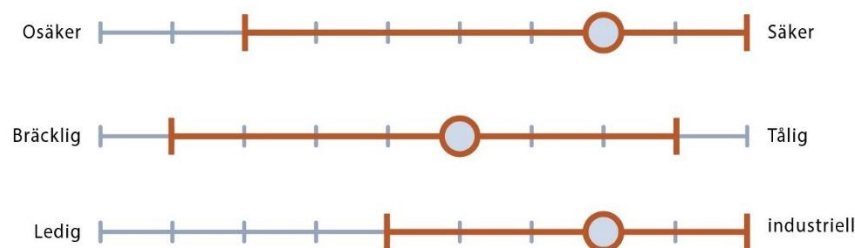
7.5.2 Form

Under marknadsanalysen framgick det att uthyrda produkter ofta baseras på enkla funktionella grundformer samtidigt som kommersiella produkter hade mer estetiskt genomtänkta former. Under framtagandet av den nya luftrenaren var därför målet att skapa en form som var både funktionellt optimerad samtidigt som den anpassades efter användarnas estetiska preferenser. Det var också viktigt att det fanns en tydlig likhet med Maxivent EC som stärkte varumärkesigenkänningen. Det var exempelvis länge tänkt att det skulle finnas en rundning på luckans framsida som anspelade på de rundningar som finns på EC varianten. Dessa byttes dock mot avfasningar för att underlätta produktionen men uttrycksmissigt fyller de fortfarande en liknande funktion. Handtagen på sidan var också tänkta att ha formen av Maxivents delningslinje men när detta testades på produkten upplevdes det i stället som aggressivt och handtagen byttes mot enklare rektangulära handtag.

För att genom formen uttrycka att luftrenarens funktionalitet hade högsta prioritet beslutades att hålla grundformen relativt enkel vilket också innebar att den blev enkel att producera. Det beslutades också att formen skulle optimeras för att bli så kompakt som möjligt vilket resulterade i en del mer visuellt intressanta aspekter.

7.5.3 Utvärdering av estetiken

Det var 20 personer som svarade på enkäten (Bilaga K). 16 män, 2 kvinnor och 2 som inte ville ange. De flesta arbetande inom byggbranschen, men svetsare och administrationsarbetare fanns också representerade bland de som deltog i undersökningen. Det fanns också en spridning gällande åldern på de svarande. 14 personer var mellan 21 och 40 år, 4 personer mellan 41 och 60, en person var under 20 och en person var över 60. När det kommer till skattningen av de semantiska orden så hamnade alla medelvärden av alla svarande över 5 för samtliga ord (se figur 27). Detta innebar att luftrenaren till viss del hade det önskade uttrycket. Den största spridningen var mellan orden bräcklig och tålig. Detta kan bero på att de konceptskisser som användes inte visade vilka material luftrenaren var gjord av, vilket är en viktig del av luftrenarens upplevda tålighet. Konceptskisser inkluderade inte heller de spännen som sedan kom att sitta på luftrenaren. Även detta kan ha gjort att luftrenaren upplevdes som mindre säker och industriell då synliga komponenter annars är vanligt förekommande på industriella maskiner.



Figur 27 - Resultat av skattningen av de semantiska orden med medelvärde och spridning utsatt



8

Resultat E Maxivent OW

Det färdiga slutkonceptet är en vidareutveckling av den initiala prototypen Yes, där brister som upptäckts försökts minimeras. Slutkonceptet har även justerats för att stämma bättre överens med de resultat som kommit fram i användartester, analysmetoder samt designspecifikation för att komma så nära en tillverkningsbar produkt som möjligt utifrån ÅSS produktionskapacitet. I följande avsnitt kommer produktens huvudsakliga funktioner, konstruktion och estetik förklaras.

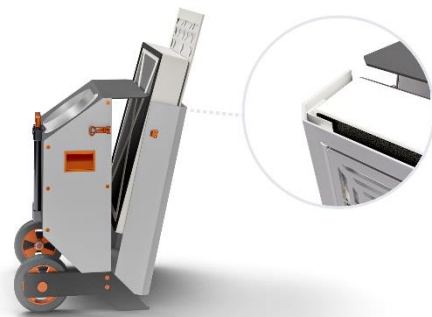
8.1 Funktion

8.1.1 Byte av för- och Hepa-filter

Lösningen för båda byten av för- och Hepa-filter har konstruerats på liknande sätt som ska tillgodose en enkel manöver för användaren. Konceptet baseras på att filterna styrs ned i vertikala skenor på insidan av framluckan. Skenorna sitter på ett avstånd som matchar de olika filternas tjocklekar.

Det tidigare förfiltret i Maxivent EC, som endast bestod av en filterduk, har bytts ut till ett förfiltret som är inbyggt i en kartongkassett. Med detta så kan filtret lättare guidas längs styrskenorna.

För att öppna luckan och få tillgång till båda filtren lossas de två excentriska låsen placerade på sidorna. Luckan kommer då öppnas i en cirkelbågrörelse, likt en diskmaskin, och stanna i rätt vinkel med hjälp av två pivot-gångjärn. Efter bytet kan luckan stängas och de excentriska låsen ser till att tätningens lister på HEPA-filtret trycks mot skiljeväggen för att sluta tätt in mot motorutrymmet.



Figur 28 - Öppning av luckan

8.1.2 Utblås

Luftrenarens utblås är positionerat på baksidan, bredvid gränssnittet för styrningen. Syftet med luftutblåset är att ge användaren möjlighet att koppla på en evakueringsslang som kan krävas i vissa arbetssituationer. Genom dess riktning uppåt riskeras inte damm som redan lagt sig på golvet yras upp igen. Placeringen av utblåset försvårar dessutom oavsiktliga i slag i t.ex väggar.

För att förhindra att större föremål som kan skada fläkten kommer in i motorutrymmet så har ett ventilationsgaller placerats på insidan.



Figur 29 - Närbild av utblås

8.1.3 Förflyttning genom lyft

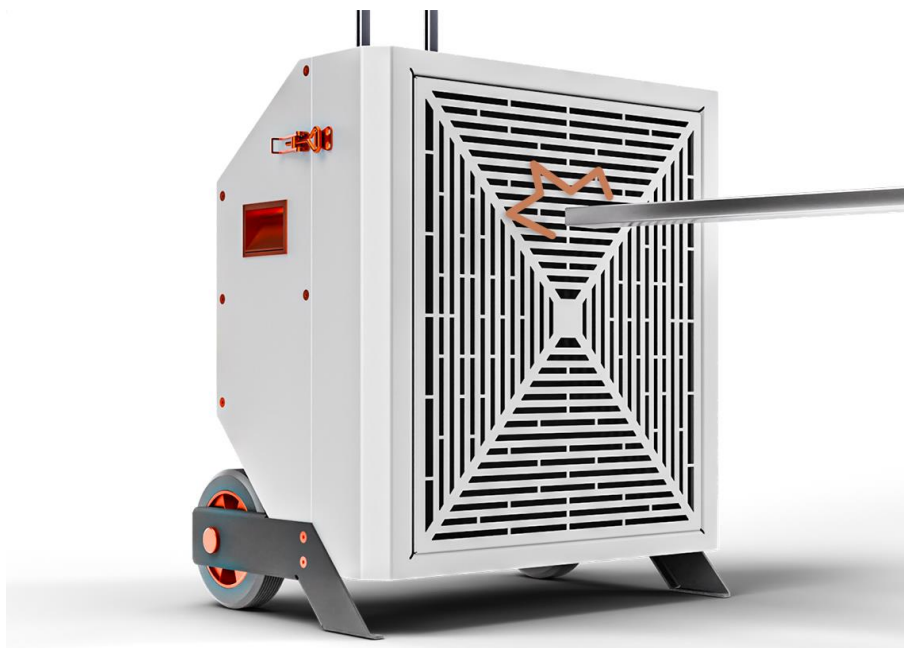
För att underlätta förflyttningar som kräver lyft av luftrenaren har två handtag placerats på dess kortsidor. Handtagens huvudsyfte är att underlätta transporten när luftrenarens hjul inte kan användas, exempelvis då den ska lyftas upp i en bil eller bäras uppför trappor. Handtagen sitter därför placerade cirka 45 cm över marken för att tillgodose en god ergonomi. Handtagen är rektangulära och har en inåtgående form för att ge användaren ett bättre grepp med lätt böjda fingrar.

8.1.4 Förflyttning genom drag

Luftrenaren har två punkteringsfria hjul med diametern 150 mm som kan användas vid den mer vanliga förflyttningen över marken. Användaren tappar då luftrenaren bakåt för att i teleskophandtaget förflytta dra den dit den vill. Då den inte förflyttas står den stabilt utan några hjullås. Detta med hjälp av friktion då de två främre balanspunkterna, fötterna, är stationära och trycks ner av luftrenarens egen tyngd. Då riskeras inte oavsiktliga förflyttningar om användaren glömt låsa hjulen.

8.1.5 Skydd av filter

För att ge ett visst skydd till filterna (främst det dyra HEPA-filtret) under hantering och transport har ett galler placerats framtill i luftinsläppet. Detta förhindrar framförallt stötar av föremål med en dimension större än 5x5x5 mm att skada filtret.



Figur 30 - Gallerfunktion

8.1.6 Extra eluttag

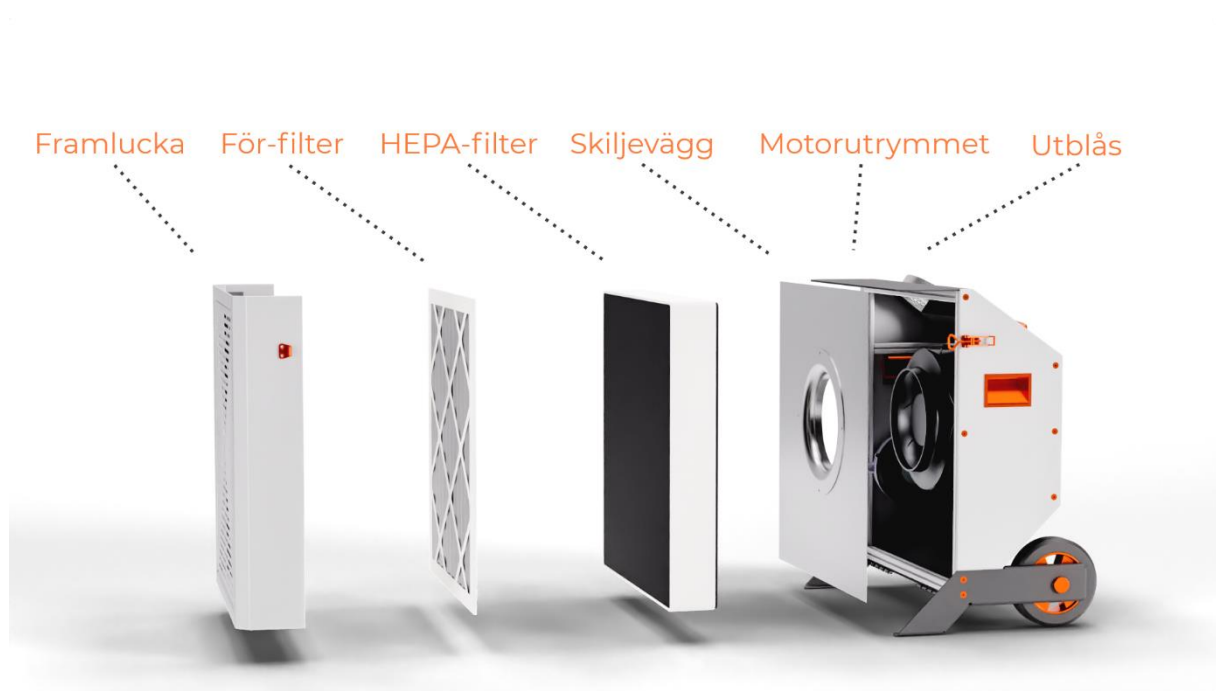
På baksidan av luftrenaren har ett extra eluttag placerats för att kunna användas som förlängningssladd. Detta då man ofta vill använda ett verktyg, såsom en slip, i nära anslutning till luftrenaren. Man kan då minska behovet att behöva dra in en extra sladd i det utrymme man arbetar i.

8.2 Konstruktion och tillverkning

I det här avsnittet kommer konstruktionen och tillverkningen av delar som inte går att köpa som standardkomponenter behandlas. Ett önskemål från ÅSS var att i största möjliga mån använda komponenter som inte behöver tillverkas från grunden, utan istället köpas in från underleverantörer för montering. I fall av särskilt större komponenter som definierar estetiken (såsom de yttre panelerna), som inte går att köpa in, kommer enklare tillverkningsmetoder väljas för att kunna tillgodose ÅSS produktionskapacitet och målvolymer.



Figur 31 - Alla ingående delar



8.2.1 Ram

Ramen består av 20x20 mm aluminiumprofiler med 5 mm T-spår som monteras med vinkelfästen, spårmuttrar och tillhörande M5 skruvar. Valet av profil gjordes för att hålla ned vikten så mycket som möjligt eftersom det var en stor del i de krav och önskemål som kom från REBA-analysen. Ramen ger bra infästningsmöjligheter till alla ingående delar samt en ökad stabilitet som minskar risken för deformerade täcksidor. Den slutliga vikten på ramen landade på ungefär 2,5 kilogram vilket gav en bra möjlighet till att klara viktkraven då man även kunde minska tjockleken av plåt på övriga komponenter.

8.2.2 Täcksidor - gavel och kåpa

Alla täcksidor, gavlar och kåpa, för motorutrymmet är gjord av 3 mm aluminiumplåt som har vattenskurits för få en så precis passform som möjligt. Skruvhålen som har skurits ut kräver ett visst efterarbete med en försänkare för få det platta skruvhuvudet i höjd med plåten.

Kåpan som behöver bockas har endast "skarpa" hörn för att underlätta serietillverkningen i en CNC-bock, till skillnad från det initiala konceptet med 30 mm radier då detta kräver merarbete och specialverktyg vilket lett till extra kostnad.

8.2.3 Framlucka

Framluckan har likt täcksidorna vattenskurits i 3 mm aluminiumplåt då även dessa behöver en viss mån av bättre toleranser. Den har skurits ut i ett stycke för att bockas med "skarpa" hörn för att förenkla serietillverkning i en CNC-bock, samt ge en extra styvhet. Undersidan av framluckan behöver TIG-svetsas i bakkant för att fästas ihop. På insidan TIG-svetsas även två L-formade aluminiumprofiler fast, för att agera styrskenor åt de båda filtterna.

På botten av framluckan där gångjärnen ska fästas har två avlånga hål skurits ut. Detta möjliggör justering av framluckans position i horisontellt led för att kunna säkerställa en bra passform mot gavlarna.

8.2.4 Galler

Gallret är av 3 mm aluminiumplåt som har vattenskurits för få sin detaljerade form. Ytterkanterna har bockats inåt för att få en styvhet och därmed minska risken för att gallret slår sig (böjs) i de tunna segmenten som löper parallellt med ytterkanterna. Som en ytterligare åtgärd för att minska denna risk har mindre tvärgående stödrribbor lagts till.



Figur 32 - Bockat galler

8.2.5 Motorupphängning

Motorupphängningen är gjord i 3 mm vattenskuren aluminiumplåt som har bockats i en CNC-bock för ökad styvhet. Denna är fäst i ramen för att få en ökad stabilitet och minimera risken av obalans i fläkten som kan uppkomma vid stötskador. Vibrationsgummi har placerats mellan motorupphängningen och ramen för att minska eventuella vibrationer som kan leda till resonans. Det ger även en viss dämpning om det luftrenarens yttre skulle ta emot en starkare smäll.

För att dra igenom kablar till motorn har två hål skurits ut i en av bockningarnas sidor. Där har en gummiring för kabelgenomföring trycks fast för att reducera skav på kablarnas isolering.



Figur 33 - Motorupphängning

8.2.6 Ben/hjulupphängning

Den kombinerade delen för hjulupphängning samt stöd i form av ben kommer precis som andra aluminiumdelar vattenskäras för att sedan bockas 90° en



Figur 34 - Bockat ben

gång. Till skillnad från andra delar så kommer denna tillverkas i 5 mm aluminium för ökad styvhet.

8.2.7 Elektroniklåda

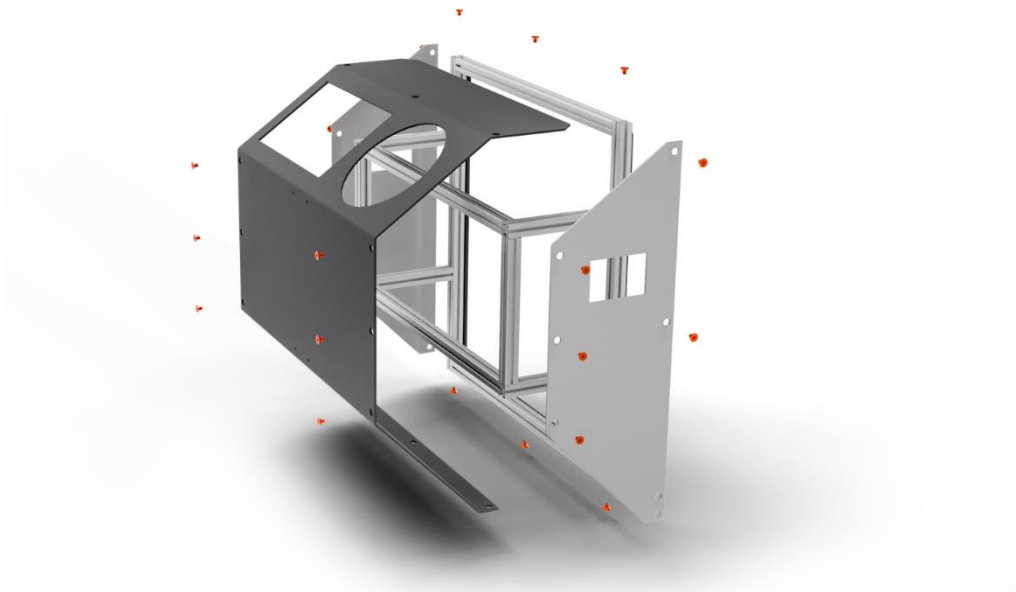
För att säkerställa en så tät inkapsling av de elektroniska komponenterna som möjligt kommer en standardkomponent, som klarar av de olika kraven, modifieras. Denna strategi för tillverkningen är mer ekonomisk på dem relativt små tänkta volymerna, än att ta fram en egen kapsling som ska klara IP54 kraven (Damm- och Spolsäker).

En vattenskuren 3 mm aluminiumplåt skruvas fast ovanpå en universal kopplingslåda för elektronik, som är en standardkomponent, där samtliga elektroniska komponenter kommer att placeras.

8.3 Montering

8.3.1 Infästning av täcksidor

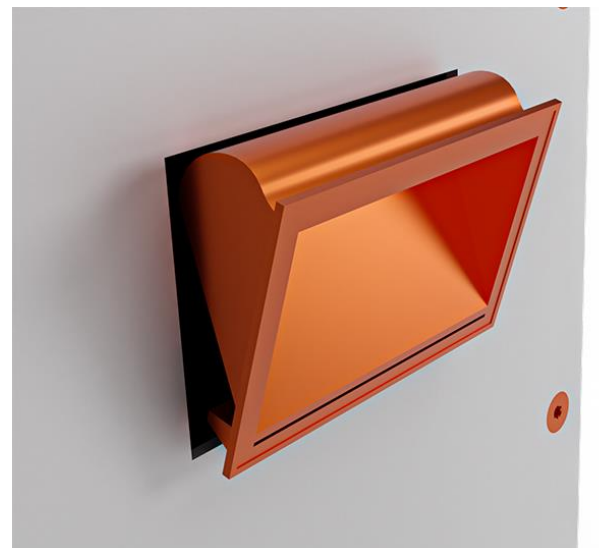
För att underlätta konceptet av *assembly and disassembly* monteras samtliga täcksidor med M5 skruv genom de försänkta skruvhålen för att fästas i spårmuttrar som sitter i ramen. Innan skruvarna dras åt med slutmomentet kan täcksidornas position justeras en viss distans för att kompensera för de utskurna delarnas toleranser.



Figur 35 - Montering av täcksidor

8.3.2 Infästning av framlucka

För kunna få tillgång till filtrena monteras gångjärn i botten av luftrenaren, mellan skarven av framluckan och motorutrymmet. I motorutrymmet fästs gångjärnen på liknande sätt som täcksidorna, med M5 skruv och spårmutter i ramen. I framluckan sätts skruvarna inifrån genom de avlånga hålen för att fästas med hjälp av en låsmutter underifrån. Detta för att säkerställa att HEPA-filtret kan styras ner hela vägen (tvärtom så hade muttrarna slagit i). Här kan en viss justering göras i horisontellt led innan skruvarnas dras åt med sitt slutmoment.



8.3.3 Montering av handtag

Handtagen som är en standardkomponent som köps in från en underleverantör och är tillverkade i plast,

har integrerade snäppfästen som tillåter en snabb montering genom att klickas i det passande hålet på gavlarna.

Figur 36 - Handtag

8.3.4 Montering av motor samt luftinlopp

För upphängningen av motorn krävs en följdriktig monteringsprocess för att säkerställa att motorn har korrekta marginaler till inloppskonan. För stora marginaler leder till ett försämrat luftflöde medan för små kan leda till kollision mellan de två komponenterna.

Först behöver motorupphängingen monteras på en utgångsposition i ramen för att kunna hänga upp motorn i en preliminär position. Skiljeväggen som förberetts med en inloppskona (en standardkomponent från motorleverantör som fixerats med skruv och mutter genom de färdig utskurna hålen), monteras likt täcksidorna med M5 skruv och spårmutter i ramen. När inloppskonan är på rätt position kan motorns läge i horisontellt led justeras för att garantera rätt marginaler.

8.3.5 Montering av ben/hjulupphängning och hjul

Ben/hjulupphängingen monteras precis som de andra delarna av aluminium med M5 skruv. Skillnaden är att skruvarna måste vara längre för att gå igenom två plåtar innan den fästs i ramen.

För att montera fast de punkteringsfria hjulen används en längre M15 bult och mutter, med en hylsa som distans.

8.3.6 Montering av fästen till kablar

För att säkerställa att kablarna sitter fast bra vid kabeldragningen och inte flyttar ur sitt läge, vilket skulle riskera att det fastnar i fläkten, används plastclips. Dessa är effektiva och monteras snabbt genom att klicka i aluminiumprofilens spår.

8.3.7 Montering av övriga komponenter

Monteringen av övriga komponenter görs genom att de placeras ut på korrekt position med de färdigutskurna hålen som guide, för att sedan skruvas fast med M5 skruv och låsmutter. Komponenter som innefattar denna kategori "övriga komponenter" är:

- < Excenterlås - Standardkomponent
- < Teleskophandtag - Standardkomponent
- < Utblås med tillhörande galler - Standardkomponent
- < Elektroniklåda - Modifierad standardkomponent

8.3 Dimensioner, vikt och materialkostnad

Enligt den CAD-modell som gjordes blev luftrenarens ytterdimensioner (590 x 350 x 600) då handtaget är ihopfällt läge. I samma CAD-modell gjordes en viktuppskattning till 19 kg och

luftrenaren bedöms därför klara önskemålet att väga mindre än 20 kg om den sätts i produktion.

Det uppskattade priset för materialkostnaden för de delar som har presenterats i detta avsnitt hittills, Det vill säga är fläktpaketet är inkluderat men inte de resterande elektroniska komponenterna, bedöms ligga på ungefär 6 000kr Priset beräknades utifrån att små inköpsvolymen (mindre än 10 stycken) och bör därför vara ännu mindre om luftrenaren kommer att tillverkas i den större målvolymen som är tänkt. Detta gör att kravet på maximal tillverkningskostnad på 10 000kr bedöms vara rimligt att uppnå.

8.4 Gränssnitt

Gränssnittet är placerat på luftrenarens översida där det är lätt för användaren att se och interagera med. Det har utgått ifrån att de flesta som interagerar med gränssnittet kommer att vara högerhänta och kontrollpanelen sitter därför till vänster om luftrenarens utsläpps hål vilket gör det enkelt att komma åt även när det sitter en slang vid utsläppet. Det är dock inget problem för vänsterhänta personer att nå gränssnittet då det sitter på luftrenarens översida och kan enkelt nås med båda händerna från alla sidor av luftrenaren. Eftersom man förväntas läsa gränssnittet från vänster till höger innebär placeringen också att det inte upplevs som att gränssnittet hamnar i utsläppets skugga.

För att underlätta monteringen och utbytet av trasiga delar sitter alla komponenter monterade på en separat plåtplatta som kan skruvas fast på luftrenaren. Plåtplattans ytterkonturer blir därför en synlig detalj som ramar in komponenterna och kommunicerar till användaren att de är viktiga och interagerbara. Plattans högra sida är rundad efter utsläppets form vilket får gränssnittet att kännas integrerat i dess omgivning. Till vänster är plattan avfasad med en form som påminner om utsläppen på Maxivent EC. Den avfasade formen ger också en känsla av riktning som följer luftflödet inuti luftrenaren.

På plattan finns en huvudknapp som omsluts av 7 LED-segement som tillsammans bildar Maxivents delningslinje. Huvudknappen används för att slå på och stänga av maskinen, samt för att reglera fläktläget. När användaren trycker en gång på knappen slås strömmen på vilket kommuniceras till användaren genom att symbolen på knappens översida, samt delen av delningslinjen direkt under knappen lyser upp. När användaren trycker 2 gånger slås motorn och fläkten igång. För varje ytterligare tryck ökas fläktläget med ett steg. Luftrenaren har tre fläktlägen och stängs därefter av om användaren trycker ytterligare en gång på



Figur 37 - Vy över gränssnittet från användares perspektiv

huvudknappen. På varje sida av huvudknappen sitter tre led lampor som kommunicerar till användaren vilket fläktläge som används.

På plattan sitter också en lampa som lyser när filtret behöver bytas. På lampan finns texten "FILTER".

8.5 Estetiskt uttryck

8.5.1 Färg

Färgerna som används är mörkgrå (3B3738), Ljusgrå (EAEBED) och orange (EAEBED). Färgerna valdes för att ge ett industriellt uttryck samtidigt som det stärkte den visuella kopplingen mellan de olika Maxivent produkterna.

Den varma gråa färgen i kombination med den rost orangea ger tillsammans ett något mer moget uttryck än de klara färger som är vanligt förekommande inom byggindustrin. Detta innebär att luftrenaren kommer kunna vara unik samtidigt som den enkelt passar in i sin omgivning. Den kalla ljust gråa färgen ger en tydlig kontrast mot den varma mörkgrå färgen. Den upplevs som frisk och kall vilket passar bra med luftrenarens syfte att skapa frisk och ren luft.

Färgsättningen bidrar till att luftrenaren får en upplevd riktning som följer luftflödet då de ljusa partierna sträcker sig bak från filterluckan mot luftrenarens baksida. Den orange färgen användes framförallt som en accentfärg som kommunicerar till användaren vilka delar av luftrenaren som hen kan interagera med. Exempelvis på handtagen, hjulen och på varningslampan på gränssnittet.

8.5.2 Form

Luftrenarens form frångår något de enkla grundformer som under marknadsanalysen sågs vara vanligt förekommande hos uthyrda produkter. Detta gör att den upplevs som mer genomtänkt än många av dess konkurrenter. Framifrån har den nya luftrenaren liknande proportioner som Maxivent EC. Den har också ett likadant galler vilket gör kopplingen mellan de olika modellerna tydlig. En annan koppling till Maxivent EC är de avfasningar som finns på luftrenarens framsida. Dessa anspelar på de rundningar som finns på Maxivent EC.

Även benen anspelar på delningslinjen i dess vinkel. Benen fungerar också som fäste för hjulen. Hjulen sitter på benens insida och handtagen är inbyggda i luftrenarens sidopaneler. Detta får dem att upplevas som integrerade och får luftrenaren att kännas mer kompakt. Detta bidrar till dess upplevda rörlighet då den enkelt kan stuvras in i en bil utan att ta allt för mycket plats.

8.6 Slutligt styrsystem

Det slutliga styrsystemet kommer vara uppbyggt på kretskort som skapas genom EDA, dessa kretskort hanterar de tre uppgifterna från figur X: Mikrokontrollens uppgifter: filterbyte,

fläktläge och drifttid. De moduler som är valda i funktionsmodellen visar hur kretskortets delar samverkar och i viss utsträckning hur kretskortet kommer se ut.

Uppgiften filterbyte är uppgiften övervakning av lufttrycket över filtret. När trycket passerar ett tröskelvärde för över- eller undertryck signaleras detta med dioder på kretskortet. Tryckfallet mäts av två lufttryckssensorer placerade på kretskortet kopplat till mikrokontrollern. De två trycksensorn "MPRLS0025PA00001AB" positioneras nära mikrokontrollern och kanten av kretskortet där plastslang monteras på sensorenheterna för att mäta trycket en bit bort vid filtret.

Uppgiften fläktläge utförs av en digital potentiometer som styrs med mikrokontrollern, detta genom styrningsspänningen 0–10 VDC. Digital potentiometer DS3502 monteras mellan mikrokontrollern och kanten av kretskortet där fläktens kontakter kopplas till kretskortet.

Uppgiften drifttidsräknare utförs fortfarande av en mikrokontroller, denna är av samma sort som funktionsmodellen mikrokontroller. Detta för att förhindra en onödig utvecklingsprocess som både kostar tid och pengar. Atmel Atmega328P är mikrokontrollern i ett Arduino UNO kort och är därmed också den rekommenderade mikrokontroller'n för det nya kretskortet. För att användaren ska få tillgång till drifttiden installeras en USB-port som mikrokontroller'n överför information.

Kretskortet har ett antal dioder som matchar gränssnittet med syftet att indikera ström, fläktläge, undertryck filter och filterbyte.

9. Diskussion

Diskussionen utvärderar om syftet för projektet uppfyllts samt diskuterar val av metoder och verktyg för att utvärdera vad för inverkan de hade på resultatet. Kapitlet belyser även förbättringsförslag.

9.1 Slutprodukten

9.1.1 Realiserbarhet

Som tidigare nämnts så har en stor del i arbetet varit att ta fram ett koncept som faktiskt är realiserbar för ÅSS. Efter prototypbygget och de efterföljande designbesluten tillsammans med att ha konsulterat lite med kunnig personal både under och efter portotypbygget så anses Maxivent OW ha en god möjlighet att vara realiserbar, både funktionsmässigt och produktionsmässigt.

Vidare så kommer ytterligare en prototyp tillverkas där den nya formen i rätt material samt materialtjocklek, motorn och det tekniska systemet kommer att testas.

9.1.1 Funktion och form

Efter att ha jämfört filterbytena mellan den branschledande konkurrenten och den nya Maxivent OW så kunde en del konstateranden göras. De första var att antalet manöversteg för att byta HEPA-filtret hade halverats från tolv till sex. Detta bidrog till att önskemålet om enkelt HEPA-filterbyte och önskemålet om maximalt sex manöversteg uppfylldes. En stor fördel med Maxivent OWs HEPA-filterbyte är att alla delar är kvar på maskinen vilket med stor sannolikhet kommer att underlätta dels hanteringen men även förbättra säkerheten under utförandet. En framtida förbättringspotential hade varit att fästa något typ av handtag på ovansidan HEPA-filtret som dels underlättar i och urtagning och samtidigt som det visar åt vilket håll filtret ska placeras.

Vid bytet av förfiltret däremot så ökar antalet manöversteg från två till sex vilket gör att slutkonceptet inte klarar önskemålet för 2 manöversteg. Trots detta kan det argumenteras för att det fortfarande kan klassas som ett enkelt filterbyte Eftersom det finns en viss inre konsekvens i att båda filterbyten utförs på samma sätt. Med detta så anses Maxivent OW ha klarat kravet för enkelt filterbyte.

En del av anledningen till att sätta förfiltret på insidan framluckan var för att kunna möjliggöra en jämn utsida på framluckan. Ett alternativ hade varit att sätta skenorna för förfiltret på utsidan gallret vilket hade medfört att den visuella kopplingen till Maxivent EC hade minskats då gallret då inte längre hade varit synligt.

Produkten anses även klara önskemålet för enkelt underhåll. Eftersom produkten är uppdelad i separata delar som fästes på ramen så anses detta medge enkelt underhåll samt att skadade delar, framför allt täcksidorna, smidigt, kan bytas ut. Detta ses som en stor

förbättring kopplat till den branschledande konkurrenten vars konstruktion inte medgav samma flexibilitet.

Monteringen av Maxivent OW medförde även att antalet skarpa hörn blev relativt få vilket var en stor anledning till den svåra rengöringen hos den marknadsledande konkurrenten.

Något som däremot skulle kunna vara ett problem är hur dammansamling på gallret kommer att se ut samt hur svårt det är att rengöra. Detta tros dock inte vara ett problem då rengöringsprocessen innefattar avspolning men detta hade behövts valideras.

Stöttåligheten hos Maxivent OW har ännu inte kunnats testas. Det kan dock argumenteras för att produkten har goda möjligheter att klara både kraven och önskemålen för stöttålighet. Den stabila ramen antas kunna absorbera både direkta stötar och stötar i täcksidorna. Motorn är väl omsluten av ramen och vibration gummit vilket tros ska, utöver att minska resonansen, kunna bidra till en förbättrad dämpning även vid tuff hantering.

Detta hade dock behövt testas genom att utsätta Maxivent OW för stötar och andra typer av situationer som kan uppstå vid hantering.

Gallret hos luftrenaren anses besitta den sämsta stöttåligheten. Vid stötar riskerar de horisontella ribborna att deformeras vilket medför att gallret antingen behöver bytas eller repareras. Gallrets utformning medför att dess tillverkningskostnad blir relativt dyr jämfört med enklare former av filterskydd. En fördel med gallret är att filtret alltid är skyddat men med tanke att inte gallrets stöttålighet inte hunnit utvärderas har även ett utanpåliggande fraktskydd diskuterats.

Placeringen av utblåset. medförde att mindre föremål kan tappas ned i motorutrymmet och eventuellt orsakar skador på fläkten. Hur vanligt förekommande detta skulle vara är svårt att förutsäga. En enkel lösning är montera ett finare ståltrådsnät framför utblåsgallret som kan fånga upp dessa föremål.

9.1.2 Gränssnittet

Enligt de användartest som genomförts var gränssnittet väl anpassat för användarnas behov då testpersonerna snabbt förstod hur gränssnittet skulle användas vilket tyder på att god guessability har uppnåtts. Gränssnittets layout bygger också vidare på de Maxivents delningslinje på ett sätt som enkelt kan efterliknas på kommande Maxivent produkter.

Gränssnittet är också bättre anpassat efter uthyrarnas behov än befintliga luftrenare på marknaden. Den största skillnaden mellan Maxivent OW och andra luftrenare är att drifttidsräknaren nu är digital. Från KJ-analysen framgick det tydligt att drifttidsräknaren inte användes trots att den var placerad på en lättillgängligt plats på befintliga luftrenare. Genom att förbättra drifttidsräknarens funktion genom att bland annat göra det lättare att ta vara på datan är förhoppningen att öka användandet trots att handlingsfrekvensen för att läsa av drifttimmarna nu är något längre.

9.1.3 Tekniska systemet

Målet med kandidatarbetet var att göra en produkt som vara till stor del färdig för produktion, detta är inte uppnått när det kommer till att konstruera ett kretskort. Det tekniska systemets grundstenar över hur komponenter och system överlag ser ut är färdigt och förslag har lagts fram för hur det ska färdigställas.

Det tekniska systemet är anpassad för målgrupperna användare och uthyrare inom byggbransch och industri. Systemet är anpassat för detta genom att det använder ett kraftfullt fläktsystem och har funktioner som förhindrar felhantering. Förhindra felhantering menas att det är byggt för att inte starta av sig själv. Dessutom finns ett extra eluttag som kan vara hjälpsamt för användaren om denne vill använda ett verktyg i anslutning till luftrenaren. Det är också lämpat för uthyrning i och med att produkten tillåter att drifttiden loggas. Även om det är en funktion som uppgavs att den inte användes så mycket i användarstudierna var den med i kravbilden och finns tillgänglig.

En tydligare tillvägagång med metoder för det tekniska systemet bör ha använts för att nå ett tidigare resultat. Som arbetet utfördes så var det för mycket tid som lades på valet av motor och därmed styrsystemet. Många timmar lades på valet då det var svårt att spika en motor för oron att det blir fel som i sin tur leder till att ÅSS skrotar det tekniska systemet.

Om denna del av arbetet skulle utföras igen så hade det utforskats tydliga metoder och professionella inom områdena hade kontaktats tidigare.

Resultatet från kodningen av mikrokontrollern blev som förväntat. Delar som kunnat utföras har utförts och för resterande delar har en struktur lagts upp för enkel och snabb implementering.

9.1.4 Estetik

Enlig enkätundersökningen tyckte användarna att den nya luftrenaren uttryckte säkerhet, tålighet och att den såg industriell ut. Detta tyder på att luftrenarens utseende har anpassats efter användarnas behov. Efter att ha gjort en egen bedömning tycker arbetsgruppen också att luftrenaren passar väl in på de imageboards som skapats.

Om det hade funnits mer tid kunde det estetiska uttrycket ha förbättrats ytterligare genom genomförandet av en ännu mer omfattande estetisk utvärdering, följt av en redesign. Förutom den begränsade tiden var även kravet att luftrenaren skulle vara enkel och billig att producera en utmaning. ÅSS produktionsmöjligheter begränsade luftrenarens utformande. Rundningarna på framsidan och den komponentbaserade färgsättningen är exempel på hur estetiska aspekter fick bortprioriteras för att skapa en realiserbar produkt.

Då de rundade hörnen på konstruktionen inte bevarades i denna produkt var det svårare att se en direkt formmässig koppling till Maxivent EC. Dock är det ändå relativt rimligt att formen inte sammanfaller så pass mycket eftersom de är anpassade för två helt olika marknader och därmed ställs andra krav på funktionen som reglerar formen på maskinen. Därför har istället det estetiska uttrycket anpassats mer utefter Maxivent-EC i form av samma färgskala och att

bibehålla delningslinjen på produkten. Dessutom är gallret framför filtrena detsamma som för Maxivent-EC vilket är en koppling till uttrycket för Macivent EC.

Enligt uppdragsgivaren och anställda på ÅSS passade den färdiga produkten också väl in med övriga Maxivent produkter. Detta tyder på att luftrenaren har anpassats efter uthyrarnas behov samt bygga vidare på de designriktlinjer som tagits fram för Maxivent-EC. I mån av tid hade en mer omfattande estetisk utvärdering även gynnat denna del av det estetiska uttrycket.

9.5 Datainsamlingsmetoder

9.5.1 Djupintervjuer

Antalet djupintervjuer som genomfördes var relativt litet. Detta berodde dels på att antalet uthyrande företag som hade möjlighet att vara med på en intervju var begränsat. Det berodde också på att det ansågs onödigt att göra fler intervjuer efter att informationsmättnad hade uppnåtts. Detta skedde när det blev tydligt att svaren var så pass lika varandra att de inte längre gav någon ny information. Orsaken till denna informationsmättnad beror till största delen på att produkten är så pass enkel och att användningen inte erbjuder stora variationer. Därmed kunde intervjuerna uppnå en tillräckligt hög validitet trots ett lägre antal genomförda intervjuer.

9.5.2 Observation

Observationen gjordes endast på en person som jobbar inom uthyrning av luftrenare. Detta innebar att en god förståelse skapades av de krav och som ställdes på produkten gällande hållbarhet och funktionalitet. På grund av produktens enkelhet gick det också att identifiera allmänna användarkrav trots att observationspersonen inte själv jobbade inom den tänkta målgruppen. Förståelsen för problembilden hade dock kunnat förbättras genom att även genomföra observationer på personer som arbetar inom bygg- och tungindustrin. Eftersom detta inte gjordes finns det en risk att vissa användarproblem missades.

9.5.2 Användartest av gränssnitt

Urvalet för testpersonerna är i sig inte direkt representativt mot produktens målgrupp. Dock anses detta inte ha någon större inverkan på resultatet eftersom det framförallt var gränssnittets *guessability* som testades. Det ansågs därför viktigare att testpersonerna var förstagångsanvändare än att de jobbade inom byggbranschen eller tungindustrin. Urvalet av testpersoner fungerade snarare som en kritisk grupp då de har mindre erfarenhet och mindre detaljerade mentala modeller att bygga interaktionen på. Som resultatet visar lyckades fortfarande i princip alla testpersoner med alla uppgifter vilket tyder på att det inte krävdes några förkunskaper för att kunna interagera med det testade gränssnittet.

Mock-upen som användes för testerna hade en relativt låg fidelity vilket gjorde vissa uppgifter svårare under användartestet. Det var exempelvis en liten fördröjning på fläktljudet som gjorde det lättare att missa när fläktläget förändrades. Fidelitys ansågs dock inte orsaka några avgörande validitetsproblem.

9.5.3 Enkät

Till skillnad från användartesterna av gränssnittet så återspeglade urvalet av de som svarade på enkäten produktens målgrupp. Enkäten publicerades i facebookgrupper för bland annat byggbranschen generellt, snickare och inredning. Detta resulterade i en relativt stor spridning gällande ålder vilket ökade enkätens validitet. Vad gäller könstillhörighet var det dock inte lika stor spridning. Män var tydligt överrepresenterade vilket kan bero på att de även överrepresenterade inom yrkesgruppen. Bristen på kvinnlig representation kan dock vara ett problem då det kan resultera i stärkta könsstereotyper som redan finns inom byggbranschen.

Enkäten tog inte med alla semantiska ord utan hade endast de som ansågs viktigast och lättast att utvärdera. Avgränsningen gjordes för att undvika att förvirra testpersonerna då de inte förväntades vara bekanta med semantiska ordskalor och enkäten inte gjorde det möjligt att förtydliga uppgiften.

9.6 Förbättringspotential

9.6.1 Form och funktion

Framluckans omslutning är om kåpan undersöktes inte då det saknades tid. Det tänkta konstruktionen lämnar inte plats några större felmarginaler i omslutningen. En risk som finns är att luckan skulle kunna fastna i undersidan av överhänget vid en liten sidleds förskjutning under själva stängsekvensen. En möjlig lösning hade varit att skapa någon typ av guidning som gör att framluckan kan styras in rätt ifall en sådan förskjutning uppkommer. Detta är något som hade önskats undersöka i en fortsatt produktutveckling.

En annan sak som inte kunna utforskas tillräckligt är hur tät övergången är mellan kåpan och täcksidorna. Lösningar diskuterades och för hoppningen var att matterialtjokleken kombinerat med någon typ av tätningstejp bör ha räckt för att skapa ett tillräcklig tätt motorutrymme. En framtida förbättringsmöjlighet som hade löst detta hade varit att omkonstruera aluminiumprofilen för att följa konturen av gaveln. Detta hade dels möjliggjort för tätare övergång mellan kåpan och gavlarna, dels bidragit till en stabilare konstruktion.

Den största nackdelen hade då varit att vikten på luftrenaren eventuellt hade ökat en aning. En sådan konstruktion skulle nog även behöva konsulteras med aluminiumprofil tillverkaren.

Något som även hade önskats verifieras är gallrets påverkan på luftflödet. Då gallrets utformning medförde en viss andel av filtrets yta täcktes så uppstod funderingar kring hur detta påverkar trycket fallet. Detta hade behövts testas genom att mäta tryckskillnaden som uppstår före och efter gallret monteras.

En lösning till detta hade varit att byta ut gallret mot ett filterskydd som hade plockats bort under användning och på så sätt lämna fri ingång till filtren och exponering för stötskador.

9.6.2 Funktioner

Valet att använda en mikrokontroller har som vi tidigare nämnt låst upp möjligheter till nya funktioner som inte finns hos många av dagens luftrenare. Funktioner som att den kan maximera filterlivslängd genom att ta ett initialt referensvärde på lufttrycket innan fläktsystemet startar. Funktionen att ha fläkthastighet kopplat till drifttid är värt att testas. Fläkthastighetsbyten som sker mjukt och därmed minskar energiförluster.

9.6.3 Kretskort

Som nämnt innan så var syftet att skapa en produkt färdig för produktion. Att skapa ett kretskort utifrån det systemet vi byggt var något vi tänkte på för sent och kommer inte att realiseras i tid. Hur vi har tänkt med komponenter och placering finns i hårda drag i slutresultatet 8.6.

Detta framtida fortsättningsarbete är av den anledning att designa ett kretskort från funktionsmodellen i dessa steg:

Första steget är att bygga ihop hela funktionsmodellen för att validera att det fungerar. Därefter uppdateras kretsschemat efter de ändringar som utförts under valideringen. Nästa steg i processen är att använda ett EDA-program för kretskort för att få fram en ritning som passar funktionsmodellens kretsschema och gränssnittets design. Sista steget är att därefter testa kretskortet och montera det i prototypen.

9.7 Hållbarhet

Även om det inte har varit ett uttalat mål att skapa en produkt som är hållbar sett ur ett ekologisk, ekonomiskt och socialt perspektiv så har ändå dessa faktorer vägts in under utformningen av produkten då det ansågs viktigt att produkten bidrog till en hållbar utveckling. Ett exempel på detta är att produkten har utformats med DFX i åtanke. Detta bidrar till en mer ekologiskt hållbar produkt eftersom det blir lättare att reparera trasiga komponenter, i stället för att kassera hela produkten. Dessutom så kan det på sikt också vara mer ekonomiskt hållbart för ÅSS då det ökar behovet av en eftermarknad där de har möjlighet att sälja reservdelar i form av exempelvis täcksidor. Detta kan också vara ett argument till varför uthyrare ska välja Maxivent OW, då också kan vara mer ekonomiskt fördelaktigt för dem att själva kunna utföra underhåll i stället för att köpa en helt ny luftrenare.

Även valet av motor och valet av material bidrog till den ekologiska hållbarheten. EC-fläktar som valts för den Maxivent OW är energisnålare än andra motoralternativ med konventionell teknik. I en produkt som står på under längre perioder kan detta minska miljöpåverkan. Sett till materialval är aluminium lättare att återvinna utan att förlora några större egenskaper, jämfört med exempelvis plast. Aluminium har dock en initialt högre kostnad på miljön och därmed bör man sträva efter att välja leverantörer som använder just återvunnen aluminium i sin framställning. För att få en mer detaljerad utvärdering om den ekologiska hållbarheten så kan en hållbarhetsanalys göras i framtiden för få en bild över vilka områden eventuellt skulle kunna ändras på för få en positiv påverkan.

Ett annat perspektiv som kommit naturligt är den social hållbarheten. Hela produktens mål är att den ska bidra till att rena luften för en hälsosammare arbetsmiljö, och arbetet har därför fokuserat till stor del på att få användaren att använda luftrenaren på rätt sätt och därmed bidra till en bättre luftkvalité. Detta har gjorts genom att göra en luftrenare som ska vara mer användarvänlig än andra jämförbara fabrikat på marknaden. Utöver detta så har även ergonomi varit ett stort fokusområde. En mer ergonomisk luftrenare kan medverka till att förbättra arbetsmiljömässiga aspekter genom att motverka ohälsa och olycksfall. Detta innefattar inte bara arbetsställningar och belastningar, utan också till viss del organisatoriska faktorer där maskinen som innehåller en mikrokontroller kan programmeras för att ta ett visst ansvar. I framtiden kan system utvecklas där delar av underhållsprocessen automatiseras och därmed minska risken för att brister med luftrenaren missas, exempelvis felkalibrerade trycksensor som kan bidra till en falsk trygghet av att filtren är okej att använda trots att de har blivit igentäppta.

9.8 Etiska och samhällsliga aspekter

Produkten som har tagits fram är menad att göra nytta och inte göra skada. För att uppnå detta har, som tidigare diskuterats, arbetets gjorts med en grundtanke om att skapa en hållbar produkt. För att minska luftrenarens miljöpåverkan har den bland annat designats för vara enkel att serva istället för att hela maskinen ska behöva skrotas och ersättas. Även materialval har gjorts med enkel återvinning i åtanke.

Luftrenaren ska inte heller vara skadlig för dess användare. Detta gäller både för de som jobbar med att serva, rengöra och hyra ut maskinen, samt för de användare som använder den för att rena luften på arbetsplatsen. För att säkerställa detta har ergonomiska tester genomförts och Maxivent OW har gjorts så liten och kompakt som möjligt för att säkerställa enkel och säker förflyttning. För att göra det enkelt för användarna att använda luftrenaren på ett säkert sätt har också filterbytet gjorts enkelt att genomföra och filterindikationen enkel att förstå. Detta är för att minska risken att luftrenaren används på fel sätt. För att ytterligare säkerställa att Maxivent OW renar luften på ett bra sätt är det också viktigt att ytterligare tester på bland annat luftflödet och elektroniken genomförs. Detta för att säkerställa prestandan innan produkten skulle sättas i produktion.

En etisk aspekt som delvist behandlats under arbetet är genus. Byggbranschen är till stor del mansdominerad och en stor andel av produktens målgrupp är män. Det var därför viktigt att skapa en luftrenare som var anpassad efter målgruppen men som inte som inte utslöt kvinnor eller stärkte skadliga stereotyper. Detta gjordes genom att utföra ergonomiska tester på både manliga och kvinnliga testpersoner med stor spridning gällande längd. Även färgerna valdes för att vara relativt könsneutralt för att produkten skulle nå en bred målgrupp. För att ytterligare säkerställa att detta uppnåddes skulle man behöva utföra fler och mer utförliga användartester. Den enkät som skickades ut fick endast 10% icke manliga respondenter vilket gör det svårt att veta om luftrenaren upplevs annorlunda av olika användare.

9.9 Process och upplägg i stort

I det stora hela har arbetets upplägg fungerat bra. Den arbetsprocess och de metoder som använts har varit givande och hjälpt till att leda arbetet framåt. Trots att det mesta fungerat väl så blev det en märkbar tidsbrist mot slutet av projektet. Detta kan bero på att arbetet med att ta fram luftrenaren har haft ett annorlunda upplägg än många andra arbeten som genomförts under utbildningen. Tidigare har en större andel av arbetet lagts på att göra för- och användarstudier i förhållande till att skapa en realiserbar produkt. Detta gjorde det svårt att veta hur lång tid de senare delarna av arbetet skulle ta vilket i sin tur gjorde att det var svårt att planera arbetet. Produktens första prototyp byggdes exempelvis ganska sent i arbetsprocessen. I efterhand kanske det hade varit bra att försöka få detta gjort lite tidigare för att få mer tid till att rätta till de problem som upptäcktes vid tillverkning av produkten. Det svårt att i efterhand säga vilka delar som skulle ha kortats ner eller tagits bort för att underlätta arbetet men en bra lärdom att ta med är att veta när saker är bra nog. Detta för att kunna ta snabbare kunna ta beslut och komma vidare i processen.

Arbetet delades till stor del upp mellan medlemmarna i projektgruppen vilket innebar att olika personer kunde specialisera sig för olika delar. Detta ställde dock höga krav på kommunikation och planering. Om projektet hade genomförts igen hade förbättrad planering och kommunikation kunnat underlätta arbetet och minskat stressen.

10 Slutsats

Slutligen kan det konstateras att ett koncept för en portabel luftrenare har tagits fram. De tänka tillverkningsmetoderna har valts ut med ÅSS produktionsmöjligheter i åtanke och en prototyp har byggts för att testa de tänkta tillverkningsmetoderna. Komponenter och material planeras i största möjliga mån att köpas in från företag som ÅSS själva har rekommenderat och den totala konstruktionskostnader ligger under 10 000 kronor. Detta innebär att konceptet kan anses vara realiserbart.

Designbesluten har grundats på data från användarstudier med personer som arbetar inom uthyrning av luftrenare och liknande produkter. Gränssnittets utformande har testats av förstagångs användare och dess *guessability* har bekräftats. Slutkonceptets estetiska uttryck har också utvärderats med ett positivt utfall av användare som jobbar inom bygg- och tungindustrin. Det kan därför konstateras att luftrenaren är välanpassad för både användarnas och uthyrarnas behov.

Vidare har Maxivents igenkänningsfaktor stärkts genom den framtagna produktens anspelande på föregångaren Maxivent EC. Viktiga aspekter av Maxivent EC:s design har identifierats och anpassats för att passa den nya målgruppen och de nya tillverkningsmetoderna.

Sammanfattningsvis är den resulterande luftrenaren, Maxivent OW, är en kraftfull industriell luftrenare som vars genomtänkta estetiska uttryck gör den unik och nytänkande, tack vare införandet av mikrokontroller har funktionaliteten förbättrats dessutom har formen har optimerats vilket har gjort den mindre och lättare än konkurrerande luftrenare med jämförbar prestanda.



Referenser

- < Arbetsmiljöverket. (2019). *Belastningsergonomi - föreskrifter* (AFS 2012:2). Arbetsmiljöverket, Solna, tillgänglig: <https://www.av.se/globalassets/filer/publikationer/foreskrifter/belastningsergonomi-foreskrifter-afs2012-2.pdf> (hämtad 9 feb, 2022)
- < Arbetsmiljöverket. (2022). *Processventilation - frånluft vid källan*. <https://www.av.se/inomhusmiljo/luftch-ventilation/processventilation/franluftvid-kallan/> (hämtad 2022-04-24).
- < Bligård, L-O. (2015). *ACD³ - Utvecklingsprocessen ur ett människa-maskinperspektiv*. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola. Hämtad 27 april, 2022, från: <http://www.acd3.se/assets/files/ACD3%20%20Utvecklingsprocessen%20ur%20ett%20manniska-maskinperspektiv%202.1.pdf>
- < Bligård, L-O. (2015). *Metod II - Användarbeskrivning och uppgiftsanalys ETD2012 v1* [PowerPoint slides]. Hämtad från Canvas, Ergonomi MTT010, Chalmers Tekniska Högskola, https://chalmers.instructure.com/courses/10519/files/684776?module_item_id=100832
- < Dagman, A. (2019). *Föreläsning 8* [PowerPoint slides]. Hämtad från Canvas, Ingenjörsmetodik MPP083, Chalmers Tekniska Högskola, https://chalmers.instructure.com/courses/7540/files/190215?module_item_id=36966
- < Dahlman, S., Wikström, L. (2020) *Produktsemiotikguide för projektarbete* [PDF-dokument]. Hämtad från Canvas, Produktsemiotik MPP071, Chalmers tekniska högskola, https://chalmers.instructure.com/courses/10343/files/685758?module_item_id=101118
- < Ebm-papst. (12-04-2022). Bruksanvisning R3G355RS02H1 [Produktblad]. https://ebmpapst.no/no/dat/media_manager/pid/102070/product-documents/Operating_instructions_SV_-_R3G355RS02H1_KM94899_2_.pdf
- < Ebm-papst. (12-04-2022). Bruksanvisning R3G400RS03H1 [Produktblad]. https://ebmpapst.se/sv/dat/media_manager/pid/2755/product-documents/Operating_instructions_SV_-_R3G400RS03H1_KM212405_d0d9f488-3c8b-4d00-8aed-57b6bb77684a.pdf
- < Ebm-papst. (12-04-2022). Operating instructions R3G250RR01H1 [Produktblad]. <https://datasheet.octopart.com/R3G250-RR01-H1-EBM-Papst-datasheet-137319185.pdf>

-
- ◁ Ford Motor Company. (2011). *FMEA Handbook* (4.2. uppl.).
<https://fsp.portal.covisint.com/documents/106025/14555722/FMEA+Handbook+v4.2/4c14da5c08424e60a88b75c18e143cf7?version=1.0>
 - ◁ Kristoffersson, P. et al. (2021). *Redesign av ÅSS Maxivent luftrenare* [kandidatuppsats, Chalmers tekniska högskola]. Chalmers odr.
<https://hdl.handle.net/20.500.12380/302840>
 - ◁ Rosenberg, R. (2019). *Modell i designprocessen* [PowerPoint slides]. Hämtad från Canvas, Ingenjörsmetodik MPP083, Chalmers Tekniska Högskola,
https://chalmers.instructure.com/courses/7540/files/190215?module_item_id=36966
 - ◁ Svenska institutet för standarder. (2019). *Högeffektiva luftfilter (EPA, HEPA och ULPA) - Del 1: Klassificering, funktionsprovning, märkning (SS-EN 1822-1:2019)*. Svenska institutet för standarder. <https://www.sis.se/produkter/miljo-och-halsoskyddsakerhet/luftkvalitet/utslapp-fran-stationara-kallor/ss-en-1822-12019/>
 - ◁ Wallgren, P. (2020). *Frågebaserade metoder* [PowerPoint slides]. Hämtad från Canvas, Behov och krav MTT016, Chalmers tekniska högskola,
<https://chalmers.instructure.com/courses/11053/files/folder/F%C3%B6rel%C3%A4sningbilder?preview=897616>
 - ◁ Wikberg Nilsson, Å., Ericson, Å. & Törlind, P. (2016). *Design - Process och metod* (1:2. uppl.). Författarna och Studentlitteratur.
 - ◁ Yedamale, P. (2003). *Brushless DC (BLDC) motor fundamentals*. Microship Technology Inc.
[http://electrathonoftampabay.org/www/Documents/Motors/Brushless%20DC%20\(BLDC\)%20Motor%20Fundamentals.pdf](http://electrathonoftampabay.org/www/Documents/Motors/Brushless%20DC%20(BLDC)%20Motor%20Fundamentals.pdf)
 - ◁ ÅSS Processventilation. (2022). *Om oss: Erfarenhet, kunskap och service*.
<https://processvent.se/om-oss/> (hämtad 11 maj, 2022)

Bildreferenser

A Pusz 22 [Fotografi expressionboard] URL:

<https://www.dreamstime.com/aluminium-bars-free-stock-photography-image-free-503617>
(hämtad 2022-05-03)

E. Eros 2022 [Fotografi expressionboard] URL: <https://www.dreamstime.com/hand-holding-gren-plant-free-stock-images-image-free-7751649> (hämtad 2022-05-03)

F. Hugo 2022 [Fotografi expressionboard] URL:

<https://www.dreamstime.com/abstract-background-free-stock-images-image-free-5157279>
(hämtad 2022-05-03)

H. Gibsonff 2022 [Fotografi expressionboard] URL: <https://www.dreamstime.com/bag-stock-images-image-free-4027294>

(hämtad 2022-05-03)

G. Blaj 2022 [Fotografi expressionboard] URL: <https://www.dreamstime.com/tools-free-stock-photography-image-free-8089627>

Bilagor

- A1-A2 - Intervjuguide
- B - KJ-analys, resultat av djupintervjuer
- C - HTA
- D - Persona och användningsscenario
- E - Observationsguide användartest, gränssnitt
- F - Enkät för utvärdering av gränssnitt
- G - FMEA
- H - Designspecifikation
- I - Formförslag i Blender
- J - Kesselringmatris
- K - Svar på enkät, utvärdering av gränssnitt

A1 - Intervjuguide

Testprocedur - Arbetare

Testperson

Namn:

Företag:

Inledande frågor

Introducera oss själva och varför vi är här.

Hälsa testpersonen välkommen.

Informera om GDPR: Är det okej att vi spelar intervjun och lagrar ljudfilen tills arbetet är avslutat?

Starta inspelning

1. Kan du berätta lite om företaget och din arbetsroll?

1. Vilka typer av luftrenare använder ni? Hur ofta används de?

1. Hyr ni luftrenaren eller ägs den av företaget?

< Ifall de hyr. Hur länge brukar ni hyra den?

1. Kan ni beskriva kort hur luftrenaren används i ert arbete?

< Varför använder ni luftrenare. Används den för att cirkulera luften i hela rummet eller är de främst för att samla in damm på en specifik plats? (ex. vid sågning)

Frakt och förflyttning

1. Hur ser proceduren ut vid frakt och förflyttning av luftrenaren?

1. Hur fraktar ni den till arbetsplatsen?

1. Hur förflyttas den på arbetsplatsen?

< Hur ofta lyfter ni den?

< Hur ofta förflyttas den på arbetsplatsen?

< Hur mycket bärs den/rullas den på hjul?

1. Hur väljer ni vart den ska placeras?

Användning

1. Hur ser proceduren ut vid användning av luftrenaren?

1. Finns det olika inställningar?

< Om ja, hur väljer ni inställning?

1. Finns de några fler funktioner förutom luftrening? (ex. förlängningsladd)

< Önskar ni att den hade några andra funktioner?

Filterbyte

1. Hur ser proceduren ut vid filterbyte?

1. Hur vet ni när filtret ska bytas?

< Vad indikerar att det är dags för filterbyte?

< Är det möjligt att man missar att man ska byta filter?

1. Är det alltid ni som byter filter eller gör de som hyr också det?

1. Vad händer med de använda filtren, återanvänds något av filtren och i så fall hur?

1. Vilken typ av filter använder ni/finns i era produkter?

< Förfilter och filterkassett?

< Byts dessa samtidigt?

1. Är det något som fungerar särskilt bra vid filterbyte?

1. Är det något som fungerar särskilt dåligt vid filterbyte?

Avsluta inspelning

A2 - Intervjuguide

Testprocedur - Uthyrare

Testperson

Namn:

Företag:

Inledande frågor

Hälsa testpersonen välkommen.

Fråga om hen vill ha kaffe.

Informera om GDPR: Är det okej att vi spelar intervjun och lagrar ljudfilen tills arbetet är avslutat?

Starta inspelning

1. Kan du berätta lite om företaget och din arbetsroll?

1. Vilka typer av luftrenare som riktar sig till byggindustrin har ni i ert sortiment?

< Vilka modeller?

< Hur ofta hyrs de ut?

1. Kan du berätta lite mer om era kunder och vad de gör?

Uthyrnings proceduren

1. Hur ser proceduren ut när en produkt hyrs ut av er?

1. Hur organiserar ni uthyrningen? Vad behövs av luftrenaren för att den ska ingå i systemet?

1. Görs en kvalitetskontroll innan den skickas till uthyrning?

< Är det några skador som är mer vanliga än andra?

< Hur länge kan ni vanligtvis ha den innan den går sönder eller blir för gammal?

1. Hur lagas den om den går sönder?

1. Hur rengörs luftrenaren?

1. Hämtas luftrenaren upp av de som hyr eller kör ni ut dem?

1. Vad får de med sig vid uthyrningen? Beror det på längden av hyrningen?

1. Vad kräver ni från kunden vid uthyrning.

1. Hur ser proceduren ut vid återlämning.

1. Är det något som fungerar särskilt bra vid uthyrning/återlämning?

1. Är det något som fungerar särskilt dåligt vid uthyrning/återlämning?

Filterbyte

1. Hur ser proceduren ut vid filterbyte?

1. Hur vet ni när filtret ska bytas
- < Vad indikerar att det är dags för filterbyte?
 - < Finns det tillfällen då detta inte märks av?

1. Är det alltid ni som byter filter eller gör de som hyr också det?

< Gäller detta både förfilter/ grovfilter och hepa-filter?

1. Vad händer med de använda filtren, återanvänds något av filtren och i så fall hur?

1. Vilken typ av filter använder ni/finns i era produkter?

< Förfilter och filterkassett?

< Byts dessa samtidigt.

1. Är det något som fungerar särskilt bra vid filterbyte?

1. Är det något som fungerar särskilt dåligt vid filterbyte?

Drifttimmar och tidslogg

1. Hur håller ni koll på drifttimmarna?

< Hur loggas de?

1. Varför beräknas drifttimmarna

1. Är det någon mer data ni får eller hade velat få från luftrenaren.

Avsluta inspelning

B - KJ-analys av djupintervjuer

Märkning/serienummer

Stora firmor brukar få de färdig märkt från tillverkaren	Alla produkter har ett artikelnummer, och sen har vi satt ett streck bakom med 1-2-3-4-5 osv.
V varje maskin har en bricka med en 6-siffrig kod. V varje maskin är individmärkt och finns i ett datasystem där de står när den är sanerad, när den är uthyrd, och av vem.	Superviktigt att numren är rätt.
Alla luftrenare är individmärka.	Sedan är den dekaliserad med våra färger och namn. Inte helt ovanligt att man flyr material från olika leverantörer och då kan de ska att det kommer hem något som är felmärkt.

*Produkten ska kunna märkas med ett individnummer

*Indvidnumret ska kunna anpassas efter önskemål

Kapital/pris

hålla oss till samma märke, och samma modeller för gärna det enkelt	det krävs mycket kapital och så för köpa in grejerna
Vi ser att skickar vi iväg det så blir det väldigt dyrt, så vi måste lära oss själva.	Är det specialsaker brukar det springa iväg i priset.
ibland har vi åkt ut med extra förfilter men det är ju bara en extra kostnad för alla	Då är vi inte lika benägna att lägga lika mycket pengar på reparationen

Prisbild från: ÅSS

produkten ska hålla sig till standard komponenter.

Produkten ska möjliggöra enkel underhåll

Produkten ska möjliggöra enkel reparation

Slitstyrka/livslängd

Vi försöker hålla en 5 års på luftrenare, för att hålla en så fräsch maskinpark som möjligt	Och framförallt bra kvalitet då. Plastdetaljer brukar inte vara så populärt.	Vi brukar skoja om går våra maskiner att göra sönder så hittar våra kunder ett sätt
Sedan är de väl just att de kraschar in i filtret i en vass kant,	Det är inte så mycket som kan gå sönder i dem här nu. Så det är ingen avancerad produkt om man säger så	Annars är det perforerat filter, hemmasnickrad variant av rengöring ute på arbetsplatsen.
Men aluminium får gärna märken om man använder sig av lite kemikalier och sånt.	Alltså dem här sakerna håller ganska bra, jag tror inte vi har bytt ut någon på fem år	Vissa är plata upp till, brukar stå på dem, överbelasta, sitta på dem om man är lite för kraftig för den
absolut vanligaste är att dom slått av lampor!	Det är gjorda i aluminium som är ganska mjukt så går de in i ett hörn så får det gärna lätt sig ett märke.	Du kan kanske kan ha en maskin som är gammal men inte jobbat så mycket medans en ny stått på dygnet runt
Beräknad livslängd är 5-7år	Man har en tendens egentligen att bara slänga upp den på flaket innan man kör iväg med den.	Vi har egentligen kunder som skiter fullständigt i varningslamporna lyser, att dem är igensatta

Produkten ska tåla stötar.

Produkten ska ha en minimumlivsländ på 5 år.

produkten ska åldras på ett ej oattraktivt sätt.

Rengöring

Därefter tar pensionärerna över och städar och så innan den lämnas tillbaka.	gillar uthyrare att det är enkelt att rengöra, man vill inte ha massa lister där det är svårt att komma åt med en trasa.	Varje gång de har varit uthyrda ska den saneras också ska det göras en funktionskontroll
Man får fundera på hur det ska se fräscha ut under en längre tid.	Det är rengöringen vi skulle vilja ha lättare.	Ofta går det här grovfiltrat att dammsuga om det ska vara ute längre
Lag: efter 6 månaders användning ska den saneras har jag för mig.	saneringen: kallar hela HEPA filtret, dammsuger det? Han har inte storkeoll, plockar loss, sen plöjdas isär, spolas rent, motor och allt. VARJE gång. De sköljs med vatten eftersom det bara är damm.	Allt ska egentligen gå genom asbestsanering och behandlas som asbest för att minimera risken att det sprids till nästa
om förlitret går sönder riskerar HEPA att gå sönder vilket är en helt annan kostnad	ofta HEPA innanför som tar upp dom minsta partiklarna	i funktionskontrollen ingår slänga gammalt förlitret och sätta i nytt. Kontrollera så HEPA-filtret är helt, göra rent det från damm, dammsugs
Däremot vet vi att den varit ut får den gå till sanering på en extern firma.	Antingen torkar man av dem, eller så använder man högtrycksmaskinen	Vissa depåer har tvättat dem men det är svårare att veta var det genomgått såsom asbest osv.

Lösa saker kan försvinna

Förfilter och transportskydd ingår alltid	Det finns ett hårt plastskydd som ska skydda filtret men det har bara försvunnit någon enstaka gång.	Ibland har det hänt att sladdar försvinner
transportskydd: som wellpapp man sätter framför som förhindrar hål i förlitret i transport	<small>Pullman har en universalmåttad adapterkabel som går att köpa på dies online.</small>	Kostnader och tillbaka lämnande av lösa produkter som är ibland försvinner
Om kunden kör mkt skickar man med några extra förfilter	de betalar förfilter och transportskydd plus en saneringsavgift, sedan är de ju hyra per dag för maskinen	

Kundbas

Nästan aldrig privatpersoner	Vi riktar inte in oss så mycket på bygg, utan mer sådana som riktar in sig på service.	
Om de är servicesnickare så brukar dom ha en A1000	i stora utrymmen så använder dom A2000	
mindre projekt som renovera badrum	Men de kunder som kommer till oss är främst de som ska slipa golv, riva väggar, ta hål i väggar, nybyggnadstimer när det ska putsa betong	

produkten ska tillåta enkel åtkomst till smuts

produkten skall tåla avsköljning

produkten skall möjliggöra enkel rengöring av de olika filterna.

produkten skall tillåta drenering

Produkten ha minimalt antal lösa delar.

Produkten möjliggöra skydd för filtret.

Produkten ska ha en god gessability

Filterbytet			Komplexitet		Utvecklingspotential	
Mest okulärt, men också kolla på lamporna. Kollar även när det byttes senast.	Förfilter är svårt att göra fel	Och jag vet att de säger att hepa filtret håller ett år, och på vissa har den men på vissa så har det bara gått någon vecka.	2 lampor räcker gott, det är svårt nog för vissa. För man för mycket gör man och hänger upp sig på data man inte behöver	Den har en liten timräknare, men vi lägger inte energi på den.	den är rätt bra så de är en svår produkt att förbättra	Det hade varit ett bra alternativ att kunna göra när man då bytt filter att man kan nolla så vet man att vi 100h så är det dags att byta.
knäpper loss och knäpper tillbaka. 2 sek. superfort.	Förfilter byter de själva, har man de i en vecka byter namn ganska frekvent.	HEPA ska kanske vara lite jobbigare för att man inte vill att kunden gör det själv,	desto mindre desto bättre.	Vi loggar ej timmarna.	de är ju många faktorer som spelar in för att de ska vara en bra uthyrningsmaskin	Man skulle behöva lite mindre vassa kanter och mindre klistermärken som ser ganska tråkiga ut.
Gul lysar lite när filtret börjar bli fullt, rött ska man sluta använda (förfiltret)	jag tror allt slängdes, eftersom det är dammpartiklar. OM de används till asbest är det ju verkligen inte bara att återanvända.	Vi slänger alla filter, är liksom en engångsprodukt.	Man vill inte ha för mycket data.	göra det bra med tekniska lösningar och enkelt för kund.	Har inte bytts form på länge!	De är lite otympliga och tunga
(filterbyte-lampa) tycker jag den funktionen fungerar ganska dåligt.	Otroligt lätt att göra ett filterbyte. Allt som är enkelt är bra.	Det gör rätt många gånger under livslängden.	Vi går på antal dagar luftrenaren är aktiv istället. Om den varit ute mer än 6 månader ska den saneras, man går på det istället för timmar	Dem är vana med vad dem vill ha, en liten eller stor.	fått en indikation på att nu har en kund lampor som lysar så hade vi kunnat komma ut med en ny och det hade ju gynnat våra kunders ergonomi, eller hälsa	På sikt kommer vi säkert se till att vi loggar dem för säkerställa att HEPA filterna och så byts med jämna intervaller.
HEPA byter alltid vi själva i och med att visa maskiner måste man öppna	Är den ute längre än vad tidsintervallet på 6 månader för service, så kan vi erbjuda oss att komma ut med en ny fräsch maskin som har ett nytt HEPA filter i sig.	vara en snabb manöver på ett par sekunder, annars är det dåligt				
är väldigt enkelt för våra kunder. Då byter de oftare och maskinen håller under en längre period, vilket är ekonomiskt bra	Det kan vara utmanande, bästa är att maskinen indikerar själv.	Lamporna indikerar inte om det är grovfiltret eller HEPA-filtret,				

Produkten ska tydligt indikera HEPA-filterbyte	Produkten ska visa väsentlig information på ett enkelt sätt.
Produkten ska möjliggöra enkelt förfilterbyte	Produkten ska vara enklare att montera.
Produkten ska möjliggöra enkelt HEPA-filterbyte	Minimera antalet delar.

DIY		Granskning/Service	
Förberett med filter.	Om det går sönder försöker vi laga det själva.	Den här typen av maskiner ska granskas var sjätte månad	Vi försöker göra det med jämna intervaller och kolla lite på historiken när filter bytet senast gjordes osv.
HEPA-filtret igensatt och funktionen blir sämre, den suger inte lika bra. Då kan man få det som en heads-up från kunden att "den här suger inte så bra"	Nä, dem HEPA filterna har vi i ett låst rum så dem byter vi själva.	På sikt kommer vi säkert se till att vi loggar dem för säkerställa att HEPA filterna och så byts med jämna intervaller.	Mycket reparationer görs internet, av egen personal. Annars går dem generellt till producentens serviceverkstad.

D - Persona och användningsscenario

Persona

Namn: Thomas
Ålder: 56 år
Sysselsättning/bransch: montör

Namn: Marie
Ålder: 34
Sysselsättning/bransch: Golvslipare i nybyggen

Användarscenario

Golvsliparen Marie är anställd på Happy Homes och jobbar med att slipa golv i nya lägenhetskomplex. Idag är det de nya studentlägenheterna vid Holtermanska som ska slipas och Marie är därför på väg att hämta en luftrenare för uthyrning. Väl framme vid uthyrningsfirman tar hon fram beställningen hennes chef gjorde för några veckor sedan, visar den för receptionisten som kollar serienumret för luftrenaren och ser att den är bokad i 2 dagar. Hon kommer fram till lagret och dubbelkollar serienumret, fäller upp handtaget och rullar med sig den ut till där hon parkerade skåpbilen. Väl framme vid bilen öppnar hon bagaget, fäller in handtaget på luftrenaren, böjer sig ned och tar tag sidohandtagen och lyfter upp den och in i bagageutrymmet på bilen. Hon stänger bagaget och åker iväg till lägenheterna. När hon är framme och ska ta ut luftrenaren sträcker hon sig in och drar den till kanten, tar tag i sidohandtagen och lyfter ner den på marken. Hon stänger bagaget, fäller upp handtaget på luftrenaren och rullar iväg den till hissen. Just nu håller en av hissmekanikerna på att reparera hissen och Marie får därför ta trapporna upp till första våningen. Hon fäller ner handtaget och böjer sig ned för att lyfta upp luftrenaren på samma sätt som när hon lastade in den i bilen. Marie bär den upp för trapporna och ställer sedan ner den på golvet där hon fäller upp handtaget igen och rullar bort den till hörnet där slipmaskinen står redo. Hon fäller ner handtaget igen, tar loss sladden från sin hållare och kopplar in den i vägguttaget. Därefter trycker hon på startknappen och väljer fläktläge 2 och börjar slipa. När Marie slipat klart för dagen går hon bort och stänger av luftrenaren och går hem.

Nästa dag när hon kommer till jobbet går hon fram och sätter på luftrenaren och ändrar fläktläget till det lägsta eftersom hon inte ska slipa lika frekvent idag. När hon är på sista biten av golvet ser hon att den gula signallampan på luftrenaren lyser. Hon slipar klart och går fram och stänger av den, rullar ihop sladden och rullar iväg luftrenaren till hissen som nu fungerar igen och tar den tillbaka till bilen. Väl framme vid uthyrningsfirman för återlämning berättar hon att den gula signallampan började lysa de sista 15 minuterna av hennes arbetspass för receptionisten som noterar detta.

Montören Thomas jobbar på Rent a Vent uthyrningsfirma för industriprodukter där han reparerar och underhåller luftrenare.

Just idag är det en solig dag och Thomas är precis på väg att hämta sig en kaffe på jobbet när han får ett nytt uppdrag. En av de luftrenarna som gick till uthyrning igår har kommit tillbaka trasig. Han hämtar den trasiga luftrenaren från återlämningen och rullar med sig den till verkstaden. Väl inne i verkstaden fäller han ner topphandtaget, böjer sig ned och fattar tag om sidohandtagen och lyfter upp den på servicebordet. Han börjar nu felsöka efter vad som

kan vara trasigt på luftrenaren. Han börjar med att öppna luckan för att komma åt HEPA-filtret, lyfter upp det, inspekterar och ser att det är helt och inte i behov av byte. Han stänger filterluckan igen och öppnar serviceluckan istället för att kolla motorn och fläkten. Han hittar inga fel här heller, men han ser däremot att en av gummilisterna på baksidan har lossnat. Detta gör att trycket blev för lågt genom filtret, Thomas fixar listen och startar luftrenaren igen och nu lyser ingen av signallamporna. Thomas går in i arbetsloggen för luftrenaren och letar efter tidigare anteckningar. För 1 vecka sedan ser han en notering om att luftrenaren hade skadats pga vårdslös hantering från kund. En inspektion och underhåll var gjord men Thomas misstänker att gummilisten inte lossnade förens efter ytterligare användning och att även om senaste användaren (Marie) hanterade luftrenaren bra var det inte förens nu listen lossnade. Han skriver detta i loggen och gör en extra kontroll av HEPA-filtret och hela luftrenaren för att se om något annat behöver repareras nu också. Han hittar inget mer utan rullar tillbaka luftrenaren till lagret igen.

E - Observationsguide, användartest gränssnitt

Testunderlag

Hej!

Vi är ett gäng studenter som läser vårt kandidatarbete just nu där vi skall utveckla en industriell luftrenare. Det vi ska testa nu är gränssnittet för produkten. Det finns inga rätt och fel och vi vill gärna höra hur du tänker under testens gång. Vi kommer även ställa lite frågor för att utvärdera i slutet.

Starta maskinen

Testpersonen förväntas interagera med on/off-knappen.

Följande frågor itereras över alla 3 koncept

Fråga: Sätt igång maskinen

Fråga: Känner du dig klar med uppgiften, hur tolkar du det?

Fråga: Var det något som var oklart eller svårt att förstå?

Fråga: Är det något du skulle vilja ändra och varför?

Ställ in maskinen på fläktläge 2

Testpersonen förväntas interagera med on/off-knappen.

Följande frågor itereras över alla 3 koncept

Fråga: Nu ska du ställa in maskinen på fläktläge 1

Fråga: Känner du dig klar med uppgiften, hur tolkar du det?

Fråga: Var det något som var oklart eller svårt att förstå?

Fråga: Är det något du skulle vilja ändra och varför?

Fråga: Nu ska du ställa in maskinen på fläktläge 2

Stäng av maskinen

Testpersonen förväntas interagera med on/off-knappen.

Följande frågor itereras över alla 3 koncept

Fråga: Nu vill vi att du stänger av maskinen

Fråga: Känner du dig klar med uppgiften, hur tolkar du det?

Fråga: Var det något som var oklart eller svårt att förstå?

Fråga: Är det något du skulle vilja ändra och varför?

Tack för att du medverkade, är det något du vill tillägga?

F - Enkätundersökning av användargränssnitt

2022-05-12 13:22

Utvärdering av gränssnitt Luftrenare

Utvärdering av gränssnitt Luftrenare

Hej!

Vi är en grupp glada Chalmerister som går tredje året på Teknisk Design samt Automation och Mekatronik. Vi skriver nu vårt kandidatarbete där vi ska ta fram en industriell luftrenare.

Vi behöver nu din hjälp att utvärdera vårt produktkoncept :)

Med vänlig hälsning,

Amanda

Matilda

Filip

Emrik

Wille

Robin

1. Jag definierar mig som

Mark only one oval.

- Kvinna
 Man
 Vet ej
 Vill inte uppge

2. Ålder

Mark only one oval.

- <20
 21-40
 41-60
 60+

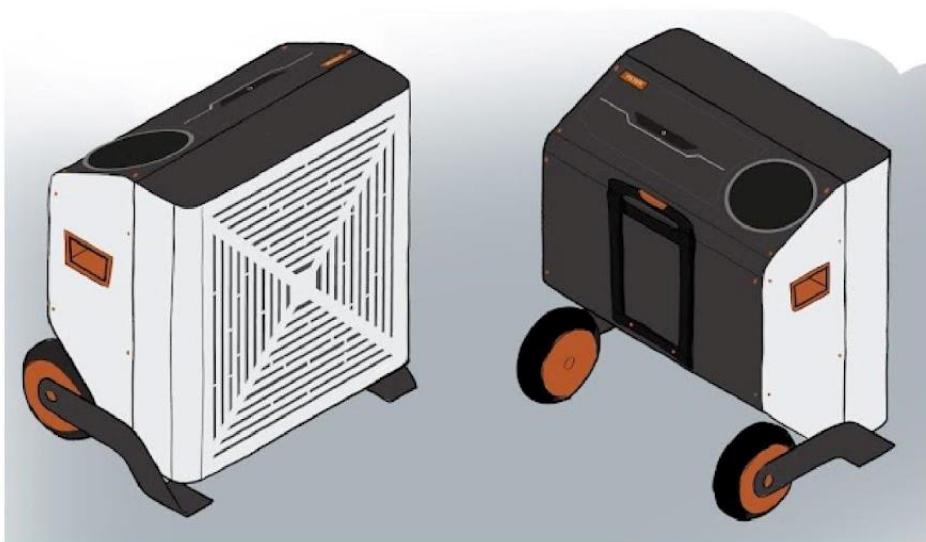
3. Jag jobbar som

Mark only one oval.

- Byggbranschen
- Fordon
- Målare
- Svetsare
- Other: _____

Estetisk Utvärdering

Var vänlig välj det alternativ på skalan du bäst tycker beskriver bilden.



4.

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Osäker	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Säker

5. *Mark only one oval.*

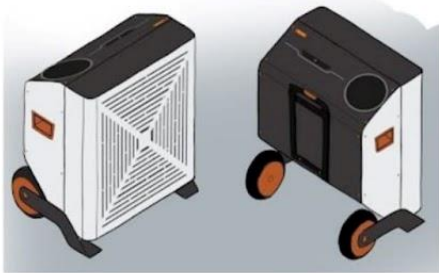
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Bräcklig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Tålig

6. *Mark only one oval.*

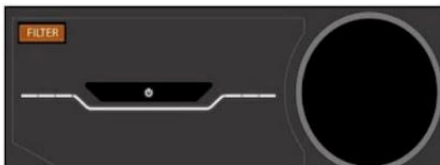
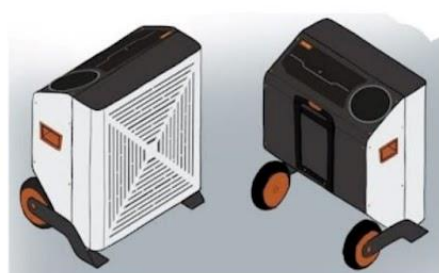
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Ledig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Industriell

7. Vilket alternativ tycker du är mest tilltalande?

Alternativ 1 - ljus



Alternativ 2 - mörk



Mark only one oval.

- Alternativ 1 - Ljus
- Alternativ 2 - mörk

8. Övriga åsikter eller tankar

GDPR

Genom att skicka in detta formulär godkänner jag att Kandidatgruppen Industriell Luftrenare sparar informationen från enkäten i utbildnings- och evalueringssyfte för rapport och redovisning av Kandidatarbete vid Chalmers Tekniska Högskola. Informationen kan tas bort på begäran efter den 25/5.

This content is neither created nor endorsed by Google.

Google Forms

G - FMEA

Funktion	Potential Failure Mode (s)	Potential Effect(s) of Failure	S e v	Potential Cause(s) Mechanisms of Failure	P o b	Current Design Controls	D e t	R P N
2. Användning								
Rulla	Hjulen låser sig	Svår att förflytta	2	Låsbrickan har blivit för tight	6	Val av hjulmodell	1	12
Lyfta	Fellyft	Skador hos användaren	7	Otyplig form	2	Ej designad ergonomiskt	1	14
Låsa hjul	Hjulen går inte att låsa	Svår att hålla stationär, skador hos användaren	7	Låsklack trasig	5	Val av hjulmodell	1	35
Filterskydd	Existerar ej	Skador på HEPA-filter	4	Trasiga eller borttappade filterskydd	6	Val av skyddsatt	1	24
Upphängning av kabel	Kadborreband har slitits av	Borttappad elkabel	3	Hög kraft, avsliten	5	Materialval, vek infästning av kadborreband	1	15
Elkabel	Existerar ej	Ej fungerande maskin	7	Borttappad elkabel	4	Saknar tillräcklig upphängning	1	28
Kontaktstycke	Ingång till maskin avslagen	Ej fungerande maskin	7	Hög yttre belastning/slag Plast intryckt i kontaktstycke	1	Val av placering och material	1	7
Starta maskin	Ingen störetillförel till komponenter	Ej fungerande maskin	7	Avsliten sladd, eventuellt trasika komponenter	2	Placering av kablar	1	14
Reglera luft	Fel inställning	Ej tillräckligt sug	5	Val av fel inställning	2	Sätt att välja hastighet	1	10
Utvärdera indikatorer	Feltolkade lampor	Felaktigt slutats till felkälla, byter kanske fel filter	7	Otydliga ledtrådar till vad lamporna indikerar	2	Informationsdons exploiti	1	14
Observera indikatorer	Hittar ej lamporna	Kan ej dra slutsats av maskins status	5	Svåra att se, lamporna är avslagna (existerar ej)	3	Materialval och placering av lampor	1	15
Stänga av maskin	Maskinen startar oavvänt vid nästa inkoppling	Personskador	7	Fel val av sätt för avstängning, utdargen sladd	1	Maskinen är inte default avstängd	1	7
Upphängning av kabel	Kadborreband har slitits av	Borttappad elkabel	6	Hög kraft, avsliten	6	Materialval, vek infästning av kadborreband	1	36
Sätt på filterskydd	Existerar ej	Skador på filter	7	Trasiga eller borttappade filterskydd	5	Val av skyddsatt	1	35
3. Utföra förfilerbytte								
Stänga av maskin	Byte av förfiler under drift	HEPA-filtrets livslängd minskar	3	Maskinen kan vara i drift utan förfiler	5	Maskinens error prevention	1	15
Få tillgång till filter	Förstår ej hur man ska byta filter	Undviker byta, sämre arbetsmiljö	5	Maskinens explicitness	2	Ledtrådar för handlingar	1	10
Lossa eventuella spärrar	Hårt åstramnad	Man får ej upp spårnen, undviker byta, sämre arbetsmiljö	5	För hårt ådragen, dålig explicitness på hur den fungerar	4	Lösa delar	1	20
Lossa eventuella spärrar	Tappa bort säkerhetsspärr	Avsaknad av säkerhetspär	1	Lös insexskruv	6	Lösa delar	1	6
Lossa eventuella hinder	Tappa "hinder"	Man får den på sig, personskada. Materieila skador.	7	Löst hinder	5	Sitter ej fast i konstruktionen	1	35
Avlägsna förfiler	Fel hantering	Skada HEPA-filter	7	Exponerat HEPA-filter, oförsiktig hantering	1	Maskinens error prevention	1	7
Sätt in nytt förfiler	Fel hantering	Skada HEPA-filter	7	Exponerat HEPA-filter, oförsiktig hantering	1	Maskinens error prevention	1	7
Starta maskin	Byte av förfiler under drift	HEPA-filtrets livslängd minskar	3	Maskinen kan vara i drift utan filter	5	Maskinens error prevention	1	15
Utvärdera indikatorer	Feltolkade lampor	Felaktigt slutats till felkälla, byter kanske fel filter	7	Otydliga ledtrådar till vad lamporna indikerar	2	Informationsdons exploiti	1	14
Observera indikatorer	Hittar ej lamporna	Kan ej dra slutsats av maskins status	5	Svåra att se, lamporna är avslagna (existerar ej)	3	Materialval och placering av lampor	1	15
4. HEPA-filterbytte								
Stänga av maskin	Byte av förfiler under drift	HEPA-filtrets livslängd minskar	3	Maskinen kan vara i drift utan förfiler	5	Maskinens error prevention	1	15
Få tillgång till filter	Förstår ej hur man ska byta filter	Undviker byta, sämre arbetsmiljö	5	Maskinens explicitness	2	Ledtrådar för handlingar	1	10
Lossa eventuella spärrar	Hårt åstramnad	Man får ej upp spårnen, undviker byta, sämre arbetsmiljö	5	För hårt ådragen, dålig explicitness på hur den fungerar	4	Lösa delar	1	20
Lossa eventuella spärrar	Tappa bort säkerhetspär	Avsaknad av säkerhetspär	1	Lös insexskruv	6	Lösa delar	1	6
Lossa eventuella hinder	Tappa "hinder"	Man får den på sig, personskada. Materieila skador.	7	Löst hinder	5	Sitter ej fast i konstruktionen	1	35
Sätt in nytt HEPA-filter	Fel hantering	Skada HEPA-filter	7	Hantering möjliggör skador	1	Maskinens error prevention	1	0
Starta maskin	Byte av förfiler under drift	HEPA-filtrets livslängd minskar	3	Maskinen kan vara i drift utan filter	5	Maskinens error prevention	1	15
Utvärdera indikatorer	Feltolkade lampor	Felaktigt slutats till felkälla, byter kanske fel filter	7	Otydliga ledtrådar till vad lamporna indikerar	2	Informationsdons exploiti	1	14
Observera indikatorer	Hittar ej lamporna	Kan ej dra slutsats av maskins status	5	Svåra att se, lamporna är avslagna (existerar ej)	3	Materialval och placering av lampor	1	15
6. Rengöra luftrenare								
Ta bort förfiler	Andas in dåliga partiklar	Försämrad arbetsmiljö	6	Man får ej bort det innan den tas inomhus	7	Filterdesign	1	42
Utvärdera smutsighetsgrad	Missat farlig ämnen	Försämrad arbetsmiljö, hälsoskadligt	8	Felhantering av farliga ämnen	3	Error prevention(?)	1	24
Generell rengöring	Smuts kvar på maskin	Ej tilltande estetik	2	Svår åtkomligt	10	Skarpa hörn, dålig avrättning, svåråtkomliga utrymmen	1	20
Utför funktionskontroll	Brister upptäcks ej	Skickar en defekt maskin till kund. Kan suga dåligt -> försämrad luftkvalité	6	Brist i rutiner	5	Följer ej någon generell standard	1	30
7. Service								
Utvärdera serviceanledning	Skapar eller missar fel	Skador på maskin eller människa	7	Brist i rutiner	4	Error prevention	1	28
Kolla driftlogg	Ej dokumenterat	Missad 6-månaders kontroll	3	Brist i rutiner	8	Drifttidsmätaren	1	24
Utför reparationer	Svår åtkomst till komponenter	Svårt att byta vissa komponenter	5	Ej designad för DFA, (DFA, och DFM)	6	Produktens generella utformning	1	30
Utför funktionskontroll	Brister upptäcks ej	Skickar en defekt maskin till kund. Kan suga dåligt -> försämrad luftkvalité	6	Brist i rutiner	5	Följer ej någon generell standard	1	30
Övriga funktioner (ej med i HTA pga komplikationer att få med)								
Skydda interna komponenter	Intryckta täcksidor	Bristfällig estetik, svåråtkomliga utrymmen	3	Hög yttre belastning, eller slag	9	Materialval, konstruktionens struktur	1	27
Låsa hjulen	Avslagen låsmekanisk	Går ej att låsa hjulen, skador på maskin eller människa (rullar av service etc)	7	Hög yttre belastning, eller slag	3	Materialval, val av hjullås	1	21
Hålla fast hjul (skruvförband)	Hjul lossnar	Svår att förflytta	3	Dålig infästning för hjulen (kan gångas upp)	4	Val av gänglåsning	1	12
Överföra ström mellan komponenter	Tappad ström	Elektriska komponenter slutar fungera	7	Slitar av pga att den fastnat i fläktbladen	4	Placering av kablar relativt till fläkt, skydd av kablar	1	28
Motarbete obalans i fläkten	Vibrationer/resonans	Höga ljudnivåer, slitage på motor	2	Obalans i fläkt	4	förflyttningsbara vikter	1	8
Kalibrera vacuumklockorna	Filterbytte vid fel tillfälle	Försämrad luftkvalité (mindre filtrering) eller ökad kostnad	6	Fel beräkning av tryckskillnad	7	Vakuumklockorna	1	42
Transportera bort friskluft	Intryckta kanter (på utstropen)	Estetiska brister, bristfällig tätningsarean mot evakueringsslang	2	Hög yttre belastning, eller slag	7	Utstropens formgivning	1	14
Filtera bort partiklar	Hål i HEPA-filter	Partiklar fastnar inte i HEPA-filter. Dålig arbetsmiljö	7	Skada vid hantering	4	Bristfälligt skydd för HEPA-filter	1	28
Identifiera utrytare	Klisterrester, eller andra spår av andra främmande	Estetiska brister, smuts fastnar (i klisset)	2	Bindningsmekanism	6	Materialval/ytbehandling (val av klistermärken hos kund)	1	12
Estetiska	Produkten saknar små täckdetaljer	Estetiska brister, inyn samt ökad smutsbildning	2	Områden som kräver täckningsdetaljer	6	lösning av täcknings detaljer	1	12
Estetiska	Produkten skavs och får skador som ej påverkar funktionen	För tidigt åldrande	6	Svårt att byta/rep meta skadade delar	5	Materialval/samt konstruktion.	1	30

H - Designspecifikation

Område	Namn	Kriterie	K/Ö	Rank	Källa	Kommentar
Arbetsmiljö - Manuell hantering						
	KH1	Produktens skall max väga 25 kg	K			
	KH2	Produkten skall möjliggöra lastning i och ur en personbil klass 1	K			
	KH3	Produkten skall möjliggöra skjut-/dragarbete över golv till önskad plats	K			
	ÖH1	Produkten skall väga max 20 kg	Ö			
	ÖH2	Produkten skall möjliggöra ergonomisk hantering vid lastning i och ur en personbil klass 1	Ö			
	ÖH3	Produkten skall möjliggöra ergonomisk hantering vid skjut-/dragarbete över golv till önskad plats	Ö			
	ÖH4	Produkten skall möjliggöra ergonomisk hantering vid reparationer	Ö			
	ÖH5	Produkten skall möjliggöra ergonomisk hantering vid samtliga filterbyten	Ö			
Arbetsmiljö - Luftkvalité						
	KL1	Produkten ska ha en möjliggöra en infångningshastighet på 10 m/s				
	KL2	Produkten ska ha en reglerbar infångningshastighet mellan 0-10 m/s	K			

Rengöring						
	KR1	Produkten ska vara vattentålig	K		KJ-analys	
	KR2	Produkten ska inte rosta	K		KJ-analys	
	ÖR1	Produkten ska möjliggöra enkel rengöring	Ö		KJ-analys	Här inkluderas minimering av skarpa hörn där smuts kan fastna, olika materialval samt ytbehandlingar m.m
	ÖR2	Produkten skall förenkla evakuering av vatten	Ö		KJ-analys	
	ÖR3	Produkten skall möjliggöra enkel åtkomst med dammsugare till HEPA-filtret	Ö		KJ-analys	
	ÖR4	Produkten skall tåla vanliga rengöringsmedel	Ö		KJ-analys	
Gränssnitt						
	ÖG1	En förstagångsanvändare ska förstå hur man startar maskinen	Ö		KJ-analys	
	ÖG2	Produkten ska tydligt visa vilka möjliga handlingar som är avsedda för primäranvändaren	Ö		KJ-analys	
	ÖG3	En förstagångsanvändare ska förstå hur man byter förfilter	Ö		KJ-analys	
	ÖG4	Produkten ska tydligt separera de olika filterna	Ö		KJ-analys	
	ÖG5	Produkten ska tydligt indikera filterbyte	Ö		KJ-analys	
	ÖG6	Produkten ska ge ledtrådar till korrekt handling	Ö		KJ-analys	
	ÖG6	Produkten ska visa väsentlig information på ett enkelt sätt.	Ö		KJ-analys	

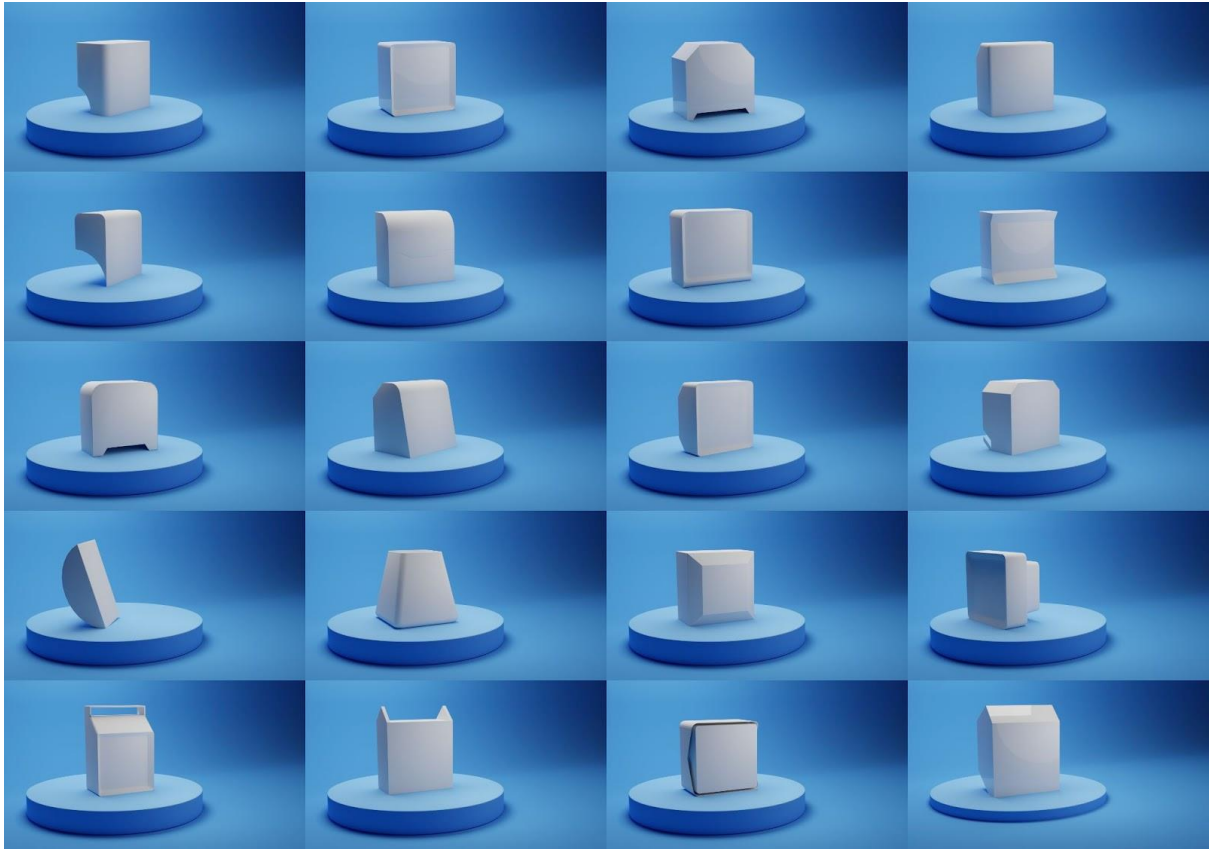
Underhåll					
	KU1	Produkten ska möjliggöra förfilterbyte	K	Uppdragsgivare	
	KU2	Produkten ska möjliggöra HEPA-filterbyte	K	Uppdragsgivare	
	KU1	Produkten ska möjliggöra enkelt förfilterbyte	Ö	Uppdragsgivare	
	KU2	Produkten ska möjliggöra enkelt HEPA-filterbyte	Ö	Uppdragsgivare	
	ÖU1	Förfilterbyte ska utföras i maximalt 4 manöversteg	Ö	KJ-analys	"Öppna - ta ur gamla - sätta in det nya - stänga"
	ÖU2	HEPA-filterbyte ska utföras i maximalt 6 manöversteg	Ö	KJ-analys	
	ÖU3	Produkten ska möjliggöra enkelt underhåll	Ö	KJ-analys	
Tillverkning					
	KT2	Produkten ska hålla sig till konventionella tillverkningsmetoder	K	ÅSS	
	KT3	Tillverkningskostnaden för produkten ska maximalt vara 10 000kr	K	ÅSS	
	ÖT1	Produkten ska ha minimalt antal lösa delar.	Ö	KJ-analys	
	ÖT2	Produkten ska vara enkel att montera.	Ö	KJ-analys	
	ÖT3	Minimera antalet delar.	Ö	KJ-analys	
	ÖT4	Produkten ska inte ha vassa kanter	Ö	KJ-analys	
	ÖT5	Produkten ska hålla sig till standard komponenter	Ö	KJ-analys	

Hållfasthet					
	KH1	Produkten ska tåla transport	K	KJ-analys	
	KH2	Produkten ska tåla stötar som kan ske vid normal hantering	K	KJ-analys	
	KH3	Produkten ska möjliggöra skydd för filtret.	K	KJ-analys	
	KH4	Produkten ska ha en minimumlivslängd på 5 år	K	KJ-analys	
	KH1	Produkten ska tåla tuff transport	Ö	KJ-analys	
	KH3	Produkten ska tåla stötar som kan ske vid tuff hantering	Ö	KJ-analys	
	KH3	Produkten ska möjliggöra bra skydd för filtret.	Ö	KJ-analys	
	ÖH1	Produkten ska tåla stötar som kan uppstå vid felhantering	Ö	KJ-analys	
Uthyrningskrav					
	KÖ1	Produkten ska kunna märkas med ett individnummer	K	KJ-analys	
	ÖÖ1	Individnumret ska kunna anpassas efter önskemål	Ö	KJ-analys	

Produktspecifikation		Produkten ska tåla tuff transport				
	KP1	Jordat 230 AC uttag, svensk standard	K		ÅSS	Luftrenaren kunna erbjuda ett eluttag för externa maskiner
	KP2	Portabel	K		ÅSS	
	KP3	Mätare av drittimmar	K		ÅSS	
	KP4	Konstruerad för 230V	K		ÅSS	
	KP5	Elkabel	K		ÅSS	
	KP6	EC motor för drift av fläktar	K		ÅSS	
	KP7	Kapacitet luftflöde $\geq 1000 \text{ m}^3/\text{h}$	K		ÅSS	

Estetik						
	KE1	Luftrenarens design ska innehålla Maxivents delningslinje	K			
	ÖE1	Luftrenaren ska uttrycka Pålitlighet	Ö		Semantiska ord Maxivet EC	
	ÖE2	Luftrenaren ska uttrycka Tidlöshet	Ö		Semantiska ord Maxivet EC	
	ÖE3	Luftrenaren ska uttrycka Gedigenhet	Ö		Semantiska ord Maxivet EC	
	ÖE4	Luftrenaren ska uttrycka Enkelhet	Ö		Semantiska ord Maxivet EC	
	ÖE5	Luftrenaren ska uttrycka Friskhet	Ö		Semantiska ord Maxivet EC	
	ÖE6	Luftrenaren ska uttrycka Säkerhet	Ö			
	ÖE7	Luftrenaren ska uttrycka Tålighet	Ö		Semantiska ord Maxivet EC	
	ÖE8	Luftrenarens formspråk ska ligga i linje med Maxivent EC.	Ö			
	ÖE9	Formen ska uppmuntra till korrekt hantering	Ö			Exempelvis, Ej uppmuntra till att någon sitter/står på den.
	ÖÖ2	Produkten ska åldras på ett ej oattraktivt sätt	Ö		KJ-analys	

I - Form: former i blender



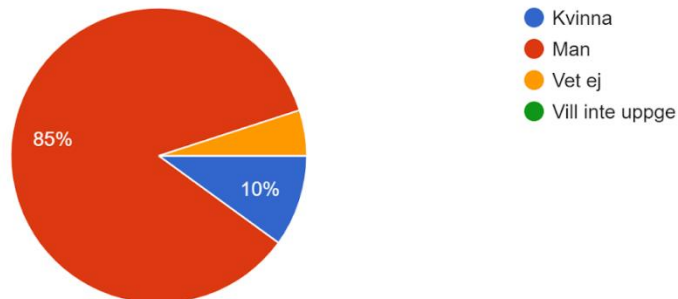
J - Resultat Kesselringmatrix

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	Summa	Viktat värde
A	Produkten skall möjliggöra ergonomisk hantering vid lastning i och ur en personbil klass 1	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5	0,5	0,5	1	0,5	1	8,5	0,11
B	Produkten skall möjliggöra ergonomisk hantering vid skjut-/dragarbete över golv till önskad plats	0,5	1	1	0,5	1	0,5	1	1	0,5	0,5	1	0,5	1	9	0,11
C	Produkten skall möjliggöra ergonomisk hantering vid samtliga filterbyten	0	0	1	1	0,5	1	0,5	0,5	0,5	1	0,5	1	1	7,5	0,09
D	Produkten ska möjliggöra enkel rengöring	0,5	0,5	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	5	0,06
E	Produkten skall möjliggöra enkel åtkomst med dammsugare till HEPA-filtret	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
F	Produkten ska möjliggöra enkelt förfilterbyte	0,5	0,5	0,5	1	1	1	0,5	0	0	1	1	1	1	8	0,10
G	Produkten ska möjliggöra enkelt HEPA-filterbyte	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0,5	0	1	1	2,5	0,03
H	Produkten ska hålla sig till standard komponenter	0,5	0	0,5	1	1	0,5	1	1	0,5	0	1	0	1	7	0,09
I	Produkten ska tåla tuff transport	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	0,5	1	0,5	1	0	1	8,5	0,11
J	Produkten ska tåla stötar som kan ske vid tuff hantering	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	0,5	1	1	0	1	9	0,11
K	Produkten ska tåla stötar som kan uppstå vid felhantering	0	0	0	0	1	0	0,5	0	0	0	0	0,5	1	2	0,03
L	Produkten ska möjliggöra bra skydd för filtret.	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10,5	0,13
M	Formen ska uppmuntra till korrekt hantering	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,5	0	1	1,5	0,02
															79	100,0%

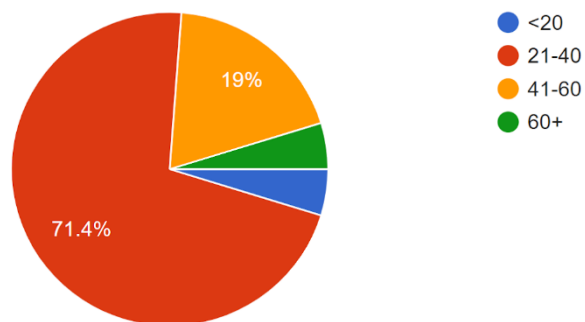
Kriterier	w	Alternativ								
		Ideal			Kvick			Skurt		
Namn		v	t	v	t	Yes	v	t	v	t
Produkten skall möjliggöra ergonomisk hantering vid lastning i och ur en personbil klass 1	0,11	5	0,55	3	0,33	4	0,44	4	0,44	4
Produkten skall möjliggöra ergonomisk hantering vid skjut-/dragarbete över golv till önskad plats	0,11	5	0,55	4	0,44	2	0,22	3	0,33	3
Produkten skall möjliggöra ergonomisk hantering vid samtliga filterbyten	0,09	5	0,45	4	0,36	4	0,36	3	0,27	3
Produkten ska möjliggöra enkel rengöring	0,06	5	0,3	2	0,12	3	0,18	4	0,24	4
Produkten ska möjliggöra enkelt förfilterbyte	0,1	5	0,5	4	0,4	4	0,4	3	0,3	3
Produkten ska möjliggöra enkelt HEPA-filterbyte	0,03	5	0,15	4	0,12	4	0,12	3	0,09	3
Produkten ska hålla sig till standard komponenter	0,09	5	0,45	4	0,36	4	0,36	3	0,27	3
Produkten ska tåla transport	0,11	5	0,55	3	0,33	4	0,44	5	0,55	5
Produkten ska tåla stötar som kan ske vid normal hantering	0,11	5	0,55	4	0,44	4	0,44	3	0,33	3
Produkten ska tåla stötar som kan uppstå vid felhantering	0,03	5	0,15	3	0,09	3	0,09	3	0,09	3
Produkten ska möjliggöra skydd för filtret.	0,13	5	0,65	3	0,39	3	0,39	3	0,39	3
Formen ska uppmuntra till korrekt hantering	0,02	5	0,1	3	0,06	4	0,08	4	0,08	4
<i>T (Totalt viktat värde)</i>		60	4,95	41	3,44	43	3,52	41	3,38	3,38
<i>T / Tideal</i>		1,00	1,00	0,68	0,69	0,72	0,71	1,00	0,98	0,98
Medel		5,00	0,41	3,42	0,29	3,58	0,29	3,42	0,28	0,28
Std-avvikelse		0,00	0,16	0,58	0,13	0,56	0,13	0,56	0,11	0,11
Median		5,00	0,48	3,50	0,35	4,00	0,36	3,00	0,29	0,29
Antal svaga punkter		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rangordning					2		1		3	3
Beslut		YES, Total								

K - Resultat från enkät

Jag definierar mig som
20 responses

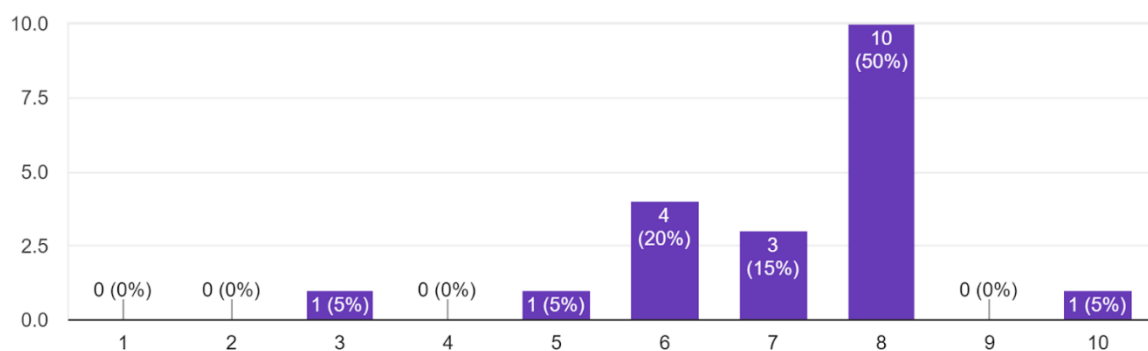


Ålder
21 responses



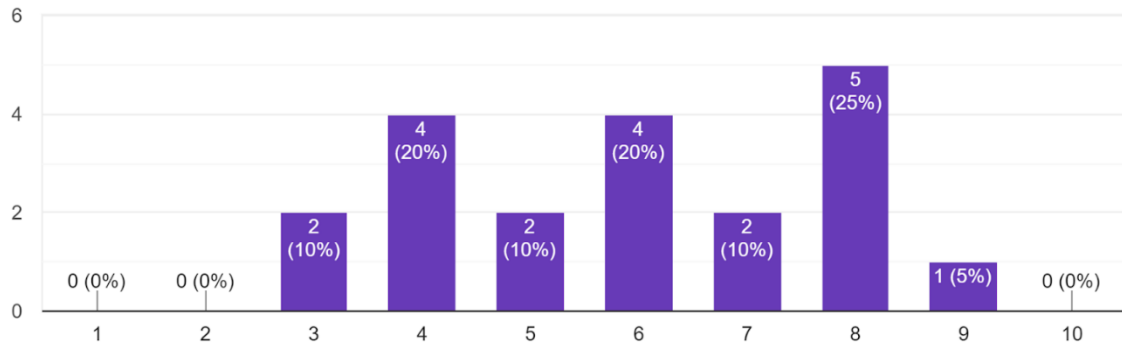
Osäker 1 - 10 Säker

20 responses



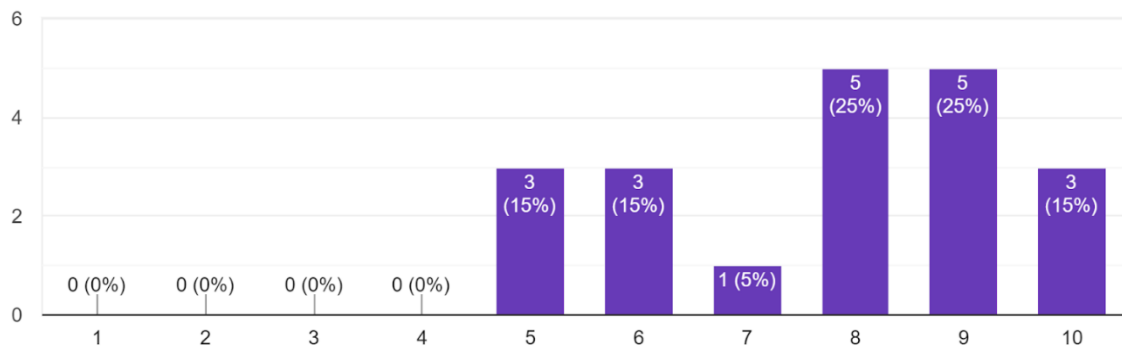
Bräcklig 1 - 10 Tålig

20 responses



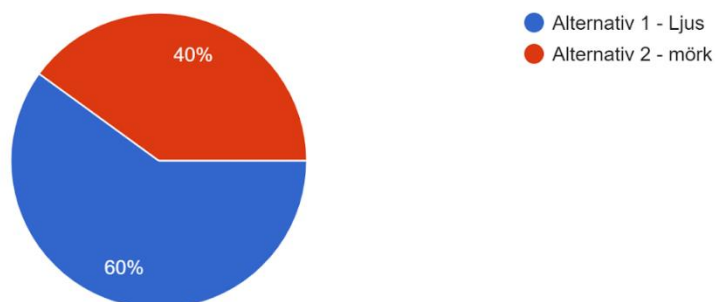
Ledig 1 - 10 Industriell

20 responses



Vilket alternativ tycker du är mest tilltalande?

20 responses



Övriga åsikter eller tankar

4 responses

Vad använder den för typ av el. 230v eller 16 A?

Borde ha inbyggt utdragbart handtag för enkel förflyttning. Tänk typ kabinväska.

Luftrenare är bra, men det är ännu bättre att hindra eller minska dammsoridningen vid källan. Och ett så lågt ljud som möjligt, man blir jättetrött av att jobba bredvid en maskin som brummar hela dagen

Gärna metall galler före filter. Bra med utdragbar handtag för att rulla med sej den.
Gör en enkel anslutning till slangen om man vill evakuera luften ur rummet eller arbetsytan för bättre undertryck. 2st fästen man kan rulla upp elsladden runt. Gärna lång sladd

INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2022
www.chalmers.se



CHALMERS