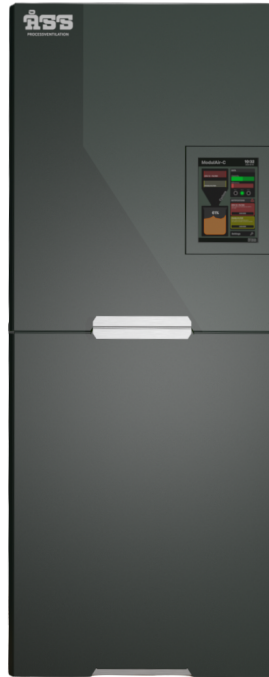




**CHALMERS**



# **ModulAir-C**

## **Redesign Av Kombiaggregat 500 EX**

Kandidatarbete inom Maskin och Teknisk Design

LUDVIG JOHANSSON  
ZACK KARLSSON  
EMIL MALMSTEDT  
CARL OLSSON  
EDVIN REHULT  
LOVISA THIM

**Institutionen för industri- och materialvetenskap**

---

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2025  
[www.chalmers.se](http://www.chalmers.se)



KANDIDATARBETE 2025-IMSX-16

**ÅSS Processventilation  
Redesign av Kombiaggregat 500 EX**

LUDVIG JOHANSSON  
ZACK KARLSSON  
EMIL MALMSTEDT  
CARL OLSSON  
EDVIN REHULT  
LOVISA THIM

Institutionen för industri- och materialvetenskap  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2025

ÅSS Processventilation  
Redesign Av Kombiaggregat 500 EX

Ludvig Johansson	Zack Karlsson
Emil Malmstedt	Carl Olsson
Edvin Rehult	Lovisa Thim

© LUDVIG JOHANSSON, ZACK KARLSSON, EMIL MALMSTEDT,  
CARL OLSSON, EDVIN REHULT, LOVISA THIM, 2025.

Handledare: Johan Heinerud, Institutionen för industri- och materialvetenskap  
Examinator: Lars-Ola Bligård, Institutionen för industri- och materialvetenskap  
Handledare ÅSS Processventilation: Kristian Krysell

Kandidatarbete 2025  
Institutionen för industri- och materialvetenskap  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
SE-412 96 Göteborg  
Telefon +46 31 772 1000

Printed by Chalmers Digitaltryck  
Göteborg, Sverige 2025

## Förord

Detta kandidatarbete genomfördes under vårterminen 2025 vid Institutionen för industri- och materialvetenskap på Chalmers tekniska högskola i samarbete med företaget ÅSS Processventilation. Projektets mål har varit att utveckla ett förbättrat och omdesignat centralsugsaggregat för deras enhet 500 EX.

Vi är mycket stolta över det arbete vi har utfört och vill uttrycka vår stora uppskattning till alla som har bidragit till projektets genomförande. Vi vill särskilt tacka vår handledare Johan Heinerud för hans värdefulla stöd och vägledning genom hela arbetet. Ett stort tack riktas även till Kristian Krysell på ÅSS för hans engagemang och den hjälp vi har fått. Vi uppskattar också Johan Borgede och övriga personalen på ÅSS för deras insatser och stöd under projektets gång.

Slutligen vill vi tacka vår examinator Lars-Ola Bligård och vår programansvarig Andreas Dagman, vars insatser och stöd har varit avgörande för att detta kandidatarbete har kunnat genomföras.

## Sammanfattning

Kandidatarbetet genomfördes i samarbete med ÅSS Processventilation med syftet att göra en omdesign av centralsugsaggregatsenheten Kombiaggregat 500 EX. Dagens modell har brister i form av utdaterad teknologi, låg användarvänlighet och ett designspråk som inte går i linje med företagets vision. Målet med projektet var att utveckla en modern, energieffektiv och användarfokuserad produkt med genomgående Plug & Play-funktionalitet. Genom förstudier, användarobservationer och tekniska analyser genererades flertalet designkoncept som iterativt förfinades. Den slutliga lösningen består av en underhållsfri cyklonfiltrering, ett förbättrat filtreringssystem och ett digitalt gränssnitt i form av en display. Enheten har omdesignats både tekniskt och estetiskt för att förenkla installation, medge bättre ergonomi vid service och en ökad användarupplevelse. Projektet etablerar dessutom grunden för ÅSS framtida designspråk och produktstrategi.

**Nyckelord:** Processventilation, cyklonfilter, produktutveckling, *Plug & Play*, användarcentrerad design.



## Abstract

This bachelor's thesis was conducted in collaboration with ÅSS Processventilation with the objective of redesigning the central vacuum unit Kombiaggregat 500 EX. The current model suffers from outdated technology, poor user-friendliness, and a design language not aligning with the vision of the company. The aim of the project was to develop a modern, energy-efficient, and user-centered product with true *Plug & Play* functionality. Through pre-studies, user observations, and technical analysis several design concepts were generated and iteratively refined. The final solution features a maintenance-free cyclone separator, an improved filter system and a digital user interface. The unit has been redesigned both technically and aesthetically to enable easier installation, improved service ergonomics, and an enhanced user experience. The project also establishes the foundation for ÅSS's future design language and product strategy.

**Keywords:** Process ventilation, cyclone filter, product development, *Plug & Play*, user-centered design.



# Executive Summary



**Figur 0.1:** Identical top section with varying bottom sizes.

The bachelor's thesis has been conducted with ÅSS Processventilation. The purpose of the thesis is to address the redesign of the company's central vacuum unit Kombiaggregat 500 EX. The current model has not been updated since the 1990s. This became evident in its lacking design language and usability, attributes not aligned with the company's brand identity or vision. Currently the Kombiaggregat 500 EX is used in mainly smaller workshops where it filters out woodshavings and smaller particles from the working area, creating a safe environment for the user. Safety is the main reason Kombiaggregat 500 EX is used; inhalation of dust and smaller particles can cause major health problems for the user. The product does not only keep the user safe but also elongates the lifespan of the machines in the workshop.

The purpose of the project is to create a new generation of Kombiaggregat 500 EX. This unit acts as the benchmark for future products. Therefore the redesign takes more than one target group into consideration when the redesign is developed. ÅSS defined two main anchor points to be prioritized; *Plug & Play* and usability.

The project was conducted with a systematic product development approach where the initial phase consisted of market research, user observations and surveys. The initial phase identified key problems, such as complicated maintenance, installation challenges and lacking intuitive handling. These findings in combination with vital information given by ÅSS provided the core which the project's specific goals and requirements were defined by.

During the concept phase a multitude of methods were used to define what the previous findings could mean in the redesign. These methods include brainstorming, a persona, moodboard, expressionboard and Hierarchical Task Analysis (HTA).

---

Through this iterative design process, the usability and aesthetics were evaluated continuously. To keep the size of the solution space, and not narrow down the amount of solutions too quickly, a morphological matrix was used to generate a large number of concepts. These concepts were evaluated with both a matrix and the expertise of ÅSS.

The result was a completely new concept, *ÅSS ModulAir-C*, where a Cyclone separator is the heart of the concept. The Cyclone was dimensioned with parametric optimizing theory in Rhinoceros 3D (Grasshopper). The implementation of the cyclone requires less maintenance and service costs. A modular filtersystem was developed to ensure a user-friendly filterswap. A EPA-12 Filter was added to the design to purify the air further, this enables the user to circulate the air back to the room itself instead of having to make changes to the property. This in combination with improved handling and an integrated 11" inch touch screen makes the product a lot easier to use, maintain and install. The screen takes on most of the work that previously had to be done by electricians, contributing to the *Plug & Play* concept. The product has also been designed to be modular, which makes transport, manufacturing and installation less complicated.

A new visual design language has been created to match the brand identity of ÅSS. The new visual design is characterized by functional robustness, intuition, and uniformity.

Through combining the technical improvements of the cyclone and user-centered design, the new version of Kombiaggregat 500 EX creates a platform for longterm growth. This is the first step to enable safe and productive work environments all around Europe.



# Ordlista

Begrepp	Definition
<b>Plug &amp; Play</b>	Ett koncept som innebär enkelhet vid installation. Definitionen för detta projekt innebär en lösning som kan användas direkt efter anslutning till strömkontakt utan någon typ av elinstallation, konfigurering eller ingrepp på fasad.
<b>EC-motor</b>	Elektroniskt kommuterad motor, en typ av motor med inbyggd elektronik som möjliggör variabel hastighetsreglering, vilket ger hög energieffektivitet och driftsäkerhet.
<b>AC-motor</b>	Ac-motor omvandlar elektrisk växelström till mekanisk rörelse.
<b>Frekvensomriktare</b>	En enhet som används för att reglera hastigheten hos en motor genom att ändra frekvensen på den elektriska strömmen.
<b>EX-klassade komponenter</b>	Komponenter som är designade för att klara av att användas i explosiva atmosfärer, där blandningen av damm och luft löper större risk att antändas.
<b>Automatiskåp</b>	En kontrollpanel som innehåller elektronik för att styra och övervaka enhetens drift och prestanda.
<b>Wireframe</b>	En visuell layout uppbyggd av enkla geometrier för att kommunicera koncept på ett digitalt gränssnitt.



# Innehåll

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>1</b>
1.1	Bakgrund . . . . .	1
1.2	Problembeskrivning . . . . .	1
1.3	Syfte . . . . .	2
1.4	Avgränsningar . . . . .	2
1.5	Målgrupp . . . . .	3
1.6	Övergripande metod . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Slutresultat</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Dagens lösning</b>	<b>9</b>
3.1	Komponenter . . . . .	10
3.2	Installation . . . . .	12
3.3	Service av Kombiaggregat 500 EX . . . . .	12
3.4	Material & miljödeklaration . . . . .	13
3.5	Grafisk profil . . . . .	13
<b>4</b>	<b>Teori</b>	<b>15</b>
4.1	Datainsamlingsmetoder . . . . .	15
4.2	Idégenereringsmetoder . . . . .	16
4.3	Analysmetoder . . . . .	17
4.4	Utvärderingsmetoder för konceptval . . . . .	17
4.5	Visualiseringsmetoder . . . . .	18
4.6	Cyklonfilter . . . . .	18
4.7	Ekvationer & data . . . . .	20
<b>5</b>	<b>Genomförande</b>	<b>21</b>
5.1	Förstudie . . . . .	21
5.2	Idégenerering . . . . .	23
5.3	Konceptgenerering & Konzeptutveckling . . . . .	23
5.4	Dimensionering av cyklon . . . . .	25
<b>6</b>	<b>Design av användargränssnitt för display</b>	<b>29</b>
6.1	Förstudie . . . . .	29
6.2	Idégenerering . . . . .	30
6.3	Resultat - Slutgiltig display . . . . .	31

<b>7</b>	<b>Resultat av förstudie</b>	<b>33</b>
7.1	Resultat - Enkätstudie . . . . .	33
7.2	Observationer och samtal . . . . .	33
7.3	Analys av dagens EX 500 Auto . . . . .	35
7.4	Form & uttryck . . . . .	36
<b>8</b>	<b>Redesign</b>	<b>39</b>
8.1	Designförslag och koncept . . . . .	39
8.2	Fastställning av koncept . . . . .	41
8.3	Slutkonceptet . . . . .	41
<b>9</b>	<b>Diskussion</b>	<b>49</b>
9.1	Slutprodukt . . . . .	49
9.2	Genomförande . . . . .	54
9.3	Samhälleliga och etiska aspekter . . . . .	55
9.4	Utvecklingspotential . . . . .	56
<b>10</b>	<b>Slutsats</b>	<b>57</b>
	<b>Referenser</b>	<b>59</b>
	<b>Bilagor</b>	<b>I</b>

# 1

## Inledning

Processventilation är vanligt förekommande i professionella verkstäder. Centralsugaggregat används för att suga upp spån, damm och andra mindre materialrester som produceras under arbete i verkstäder. Det medför att arbetsplatsen hålls ren men det skyddar även användaren mot att andas in skadliga partiklar samt hälsofarligt material som kan spridas i luften vid bearbetning av arbetsstycke. Exponering av sådant damm kan förorsaka andningsrelaterade hälsoproblem (Centab, 2024). Partiklar i storleksordningen  $< 2,5\mu\text{m}$  kan även via lungorna överföra hälsofarliga ämnen till blodet och därmed även andra organ i kroppen (Karolinska Institutet, 2025).

Större tillverkningsanläggningar har möjlighet att anpassa komplexa och effektiva ventilationslösningar för att undvika de ovannämnda hälsoriskerna. Att åstadkomma bra ventilationslösningar är simpelt när plats inte är begränsat. Det är inte fallet för de flesta mindre snickerier och verkstäder som ÅSS Processventilation produkt Kombiaggregat 500 EX är riktade mot. För att förhindra hälsoproblem måste produkten rena luften optimalt, passa in i små utrymmen och inte kräva omfattande service. ÅSS Processventilation benämns även hädanefter ÅSS.

### 1.1 Bakgrund

ÅSS processventilation har i snart 50 år varit en stor aktör på ventilationsmarknaden. Idag är de ett självklart förstahandsalternativ för både skolor och industrier. Företaget är beläget i Kungälv där de har sin egen tillverkning. De producerar en mängd olika produkter där den gemensamma nämnaren är att förbättra och skapa bra arbetsförhållanden i bland annat skolor, industrier och verkstäder.

### 1.2 Problembeskrivning

Problemen med ÅSS Processventilation produkt Kombiaggregat 500 EX är flertaliga. dess uttryck och funktionalitet är förlegad och inte uppdaterad sedan 1990-talet. Uttrycket av produkten speglar idag inte ÅSS formspråk eller grafiska profil. Det är ett problem som påverkar både kvalitetsintryck och kommersialiteten av produkten.

Produkten bygger på föråldrade tekniska lösningar som valdes ut när användarvänlighet och tydligt handhavande inte var i fokus under produktutvecklingsprocessen.

Därmed blir hanteringen av skåpet ett av de största problemen. Det innefattar svårigheter kring byte av filter, service av produkten och installation.

De ovanstående punkterna knyter an till konceptet *Plug & Play* som definierats i ordlistan. Att produkten inte är *Plug & Play* i nuläget innebär merarbete och problem för både ÅSS Processventilation, men även kunden som ska installera och använda produkten.

### 1.3 Syfte

Syftet med projektet går ut på att utveckla en förbättrad och uppdaterad design av Kombiaggregat 500 EX på uppdrag av ÅSS. Målet är att optimera både funktionalitet och användarvänlighet. En central del av utvecklingen är att göra enheten helt *Plug & Play*.

Utöver *Plug & Play* ska även energieffektivitet, driftsäkerhet och reglerbarhet förbättras. Funktionaliteten knyter an till att användarupplevelsen ska förbättras genom att drift och underhåll förenklas genom en tydlig och intuitiv procedur.

Syftet är inte att enbart förbättra funktionaliteten och form utan även att definiera ÅSS framtida formspråk när det kommer till kombiaggregat. Materialval ska optimeras för att skapa mer kostnadseffektiva och miljömässigt hållbara produkter. Enheten ska utformas för att kunna placeras i öppna miljöer såsom finsnickerier och slöjdsalar, där den smälter in i omgivningen och upplevs som estetiskt tilltalande. Målet är att uppnå en balans mellan funktionalitet, hållbarhet och design, där både användarupplevelse och produktens sammanhang står i fokus.

### 1.4 Avgränsningar

#### Komponent

På grund av ett pågående samarbete mellan ÅSS och Schneider kommer enbart Schneider-styrenheter att användas i lösningen. Den valda styrhetsmodellen är: *Altivar 320, 2.2 kW, 11 Amp, 200 - 240 V, 1 fas, Kompakt, IP20*. Automationens tekniska aspekter såsom kopplingsscheman utesluts från projektets omfattning.

Enbart centrifugalfläktar från Ventur kommer nyttjas. Motor och fläkt som är utvalda för projektet är kombinerade i ett maskinblock med modellnamn *HFB-F 105/100Hz Centrifugal fan*. För fläktens kapacitet och dimensioner, se bilaga A respektive B.

#### Resurser

En tydlig avgränsning för projektet blir omfattningen av kursen. Detta gäller både vilka aktiviteter som ingår i kursen samt den begränsade tidsramen. Kursen

omfattar 15 hp och den förväntade arbetsbördan är 18–22 timmar per vecka. De ekonomiska resurser som tillgodoses av Chalmers tekniska högskola är 2000 SEK. Utöver denna budget har även ÅSS gått med på att tillgodose material och teknik för prototypbygge; budget från ÅSS är ej specificerad.

Projektets omfattning och examinering har reviderats utefter begränsad tidsram på grund av byte av uppdragsgivare. Det har skett i kommunikation med handledare, programansvarig och examinator. Därmed har projektet avgränsats mer än vad initialt bestämts. Totalt förlorades sex veckors effektivt arbete.

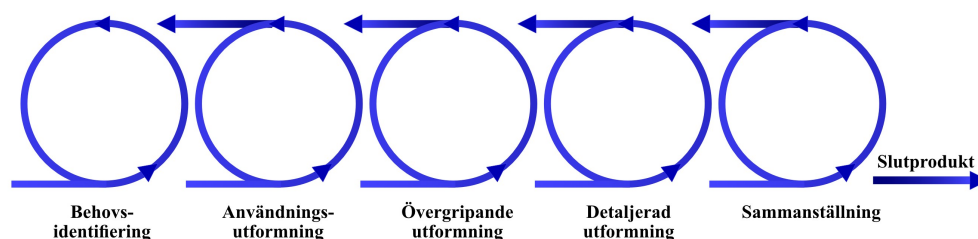
## 1.5 Målgrupp

Målgruppen som definierats av uppdragsgivaren är skolor, mindre snickerier och ramverkstäder. Trots specifika målgrupper är även skalbarhet en del av uppdraget. Därmed måste en större målgrupp tas i åtanke vid produktutvecklingen.

## 1.6 Övergripande metod

I detta konstruktionsinriktade projekt kommer det att gå till på följande vis: Projektet delas upp i fem faser som itereras enligt figur 1.1.

1. **Behovsidentifiering** – Identifiera användarbehov, lösningens påverkan och ramverk för utveckling.
2. **Användningsutformning** – Utforma användning som uppfyller behov och effekter, definiera övergripande tekniska lösningar.
3. **Övergripande utformning** – Bestäm teknisk arkitektur, interaktion och form. Resultatet blir flera koncept som ställs mot varandra i en jämförande matris.
4. **Detaljerad utformning** – Specificera produktens samspel med användare och system, gränssnitt, form och krav för integration.
5. **Sammanställning** – Samla information och analys till en teknisk lösning som innefattar ritningar, renderingar och produktionsunderlag.



Figur 1.1: Iterativ process



# 2

## Slutresultat

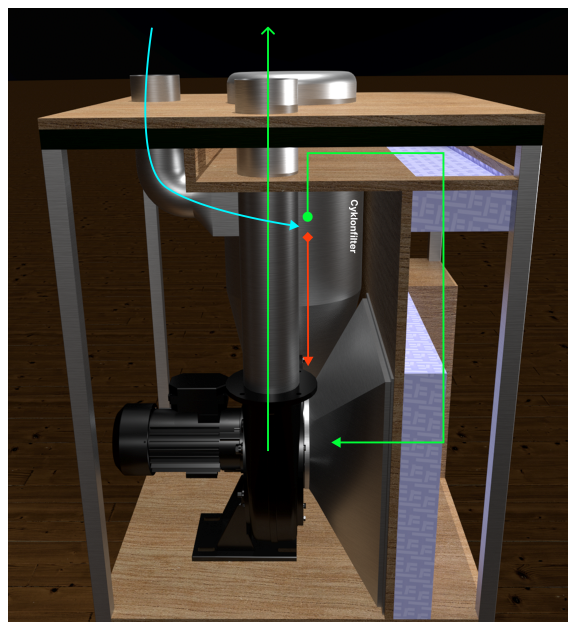


**Figur 2.1:** Rending av slutkoncept.

Projektet resulterade i slutprodukten ModulAir-C, en modern och genomgripande redesign av kombiaggregatet 500 EX. Den nya enheten har förfinats både tekniskt och användarmässigt, där flera delkomponenter har optimerats, ersatts eller helt omarbetats för att skapa en mer effektiv och användarvänlig produkt.

Kombiaggregatet har en ny avskiljningsmetod för grova partiklar i form av ett cyklonfilter. Cyklonfiltret agerar som ett förfilter som sorterar bort partiklar med hjälp av centrifugalkraft. Det mödosamma förfilterbytet har eliminerats genom implementation av cyklonfiltret som är underhållsfritt och ämnat att aldrig behöva bytas ut. Byte av finfilter har förenklats för användare genom en mer intuitiv konstruktion.

Finfiltret byts genom att öppna en lucka med ett handtag och sedan dra ut och föra in ett nytt panelfilter. Vidare har ett EPA-filter implementerats för att rena luften ytterligare för att kunna återföras till lokalen. Likt finfiltret byts EPA-filtret genom att öppna samma lucka, klicka ut det använda EPA-filtret och klicka dit det nya. Se filtreringsprocessen i figur 2.2.



**Figur 2.2:** Filtreringsflöde.

Vid utformning av kombiaggregatets insida har en central placering av cyklonen prioriterats. Detta för att partiklar ska ramla ner så centralt som möjligt i säcken. Motorblocket är placerat bredvid cyclonfiltret i överdelen, mot väggen, för kylning och effektivt utnyttjande av plats, se figur 2.1. I samma utrymme, avskilt av en vägg, finns ett automatikskåp, finfilter och EPA-filter. Detta för en enkel åtkomst vid service och underhåll.

Det har implementerats en display i den nya designen vilket gör produkten mer användarvänlig och attraktiv på marknaden. Displayen är utformad för att klara av den dammiga miljön som en verkstad innebär, både vad gäller gränssnitt och uppbyggnad. Med felmeddelanden och tydliga instruktioner förenklas interaktionen med kombiaggregatet och användaren kan själv utföra majoriteten av underhållsarbetet med självsäkerhet.

Enhetens uttryck har uppdaterats. En ny färgskala har tagits fram som ämnar att kommunicera ÅSS framtida grafiska profil. Målet har varit att de valda färgerna ska inge ett industriell och gediget intryck samt representera den kvalitét företaget speglar. Delningslinjen mellan enhetens överdel och underdel kan åter ses i en av ÅSS andra produkter vid namn Maxivent. Denna delningslinje följer skåpets hela omkrets samt handtaget på enhetens framsida är integrerat för att sömlöst följa delningslinjens utformning. Samma formspråk används även vid enhetens botten där samma delningslinje åter använts för att framhäva enhetens fötter. Ytterligare

en delningslinje kan ses på enhetens ovansida där den mörkgröna färgen övergår i en ljusare kulört. Detta ljusare område speglas och återfinns i omvänd riktning på enhetens högra sida. Sammantaget ämnar dessa ljusare områden att återspegla cyklonfiltrets form och därmed även representera den innovativa filtreringslösningen i enhetens uttryck.



# 3

## Dagens lösning

För en komplett centralsuganläggning erbjuder ÅSS fläktenheter, stoftavskiljare, automatikskåp, rörsystem och ventiler. I ett kombiaggregat är fläktenhet och stoftavskiljare sammanbyggda i en enhet vilket optimerar utrymmet. Utrymmet kan delas in i tre sektioner: A, B & C, se figur 3.1. Kombiaggregat 500 EX har måtten 735 x 1940 x 635 mm (djup x höjd x bredd) och är utformad för mindre verksamheter eller för att anslutas till fristående bearbetningsmaskiner. Olika användningsområden är exempelvis inom mindre snickerier eller ramverkstäder, vid bearbetning i trä och plast.



**Figur 3.1:** Indelning av utrymmen i kombiaggregat 500 EX (Processventilation, 2024)

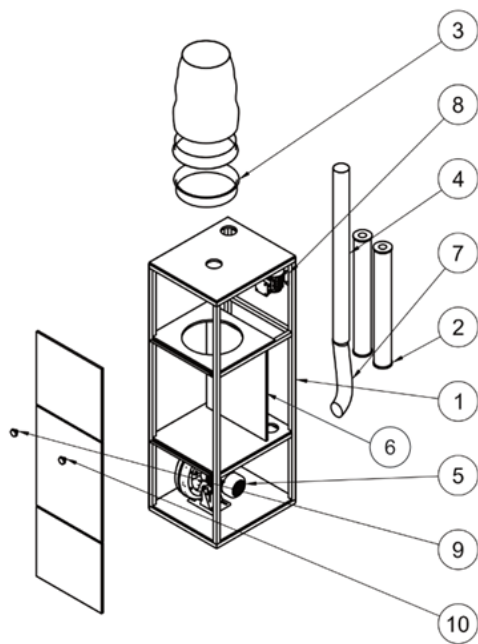
Automatikskåp med frekvensomriktare är ett tillägg för kombiaggregatet och är idag kostsamt. Utöver frekvensomriktaren finns tillval såsom: optisk nivåkontroll i säcken, tryckreglering, brandsläckningssystem och automatisk rensning av förfiltret.

Kombiaggregatet har en ljudnivå på 70 dB och kan placeras inomhus. Produkten kan även placeras på en torr och väderskyddad plats utomhus. Uppställningsplatsen ska vara stabil och anläggningen måste stå plant. Hörselskydd rekommenderas vid användning.

Den dammiga miljön som kombiaggregatet ska tåla ställer höga krav på dess komponenter. Vid förhöjd koncentration av damm i luften klassas det som en explosiv atmosfär. Blandningen av damm och luft kan lätt antändas (Toleka, u. å), därför är aggregatet utrustat med EX-klassade komponenter.

### 3.1 Komponenter

Nedan beskrivs ingående komponenter i Kombiaggregat 500 EX och hur de samverkar med varandra. I kombiaggregatet är relevanta komponenter placerade enligt följande uppdelning i skåpet: I utrymme A återfinns *Förfilter* och *Skakanordning*, i utrymme B återfinns *Finfilter* (Patronfilter) samt *Uppsamlingskärl* och i utrymme C återfinns *Motorblocket*. Se figur 3.1 för uppdelning av utrymmen i skåpet. Kombiaggregat 500 EX består även av kompletterande komponenter som visas i figur 3.2 och tabell 3.1.



**Figur 3.2:** Sprängskiss över Kombiaggregat 500 EX

**Tabell 3.1:** Komponentlista - Kombiaggregat 500 EX

Nummer	Namn
1	Stålräm
2	Finfilter (patronfilter)
3	Stosa + Förfilter
4	Rör
5	HBF-F-040 (Motor)
6	Mellanvägg (Plywood)
7	Slang
8	Skakmotor
9	Greppmutter
10	Greppmutter

#### Rör in

Stålrör transporterar partiklar genom kanaler som leds in i kombiaggregatet för vidare filtrering och uppsamling.

## Förfilter

Förfiltret i dagens lösningen är ett tygfilter som är lodrätt placerat i utrymme A. Förfiltret tillåter mindre partiklar att passera genom filtret, medan tyngre partiklar avskiljs från luftflödet och faller ned i ett uppsamlingskärl. Förfiltrets livslängd beror på i vilken grad enheten används men har en approximativ livslängd på ett år.

## Skakanordning

När luftflödet stängs av ramlar majoriteten av partiklarna som fastnat i förfiltret ned i uppsamlingskärlet. För att avlägsna partiklar som fastnat i förfiltret är en skakanordning monterad som skakar filtret excentriskt. Skakanordningen är manuell och belägen i utrymme A. Skakanordningen kan göras automatisk genom installation av en skakmotor som monteras på kombiaggregatets vägg.

## Uppsamlingskärl

Uppsamlingskärlet i dagens lösning är en papperssäck som är placerad i utrymme B. Säcken monteras med hjälp av en klämhylsa som sluter tätt mot en stosa belägen i överkant av utrymme B.

## Finfilter

Det finns två patronfilter belägna bakom en mellanvägg i utrymme B, se figur 3.2 och tabell 3.1. Patronfiltren avskiljer mindre partiklar än förfiltret och är placerade innan motor och fläkt för att skydda dessa komponenter. Livstiden på finfiltren är två till fyra år beroende på användningsgrad.

## Motor & fläkt

Motor och fläkt är kombinerade i ett maskinblock från märket Ventur och är placerad i utrymme C.

## Tryckutjämnare

Motorblocket är placerat i ett slutet utrymme (utrymme C) för att kunna uppnå erforderligt undertryck vid drift. För att bidra till livslängden och prestandan av motorn och fläkten finns det en tryckutjämningsventil. Ventilen kan öppnas för att undvika totalt vakuum i utrymmet.

## Temperaturgivare & temperaturvakt

Vid tillägg av automatikskåp kan en temperaturvakt vid motorblocket (utrymme C) installeras. Temperaturvakten är kopplad till automatikskåpet och förhindrar att motorn överhettas genom att justera varvtal utefter temperatur. Temperaturvakten har autostopp vid 57°C.

## Fotocell

En fotocell används för att mäta när säcken är full. Den skickar en signal som sedan tänds en lampa vilken kommunicerar detta till användaren.

## 3.2 Installation

Kombiaggregat 500 EX kräver installation av elektriker och en behörig servicetekniker. Installationen sker i flera steg och många aspekter behöver tas i hänsyn innan installation sker. Vad finns det för behov, hur många maskiner ska användas samtidigt, hur många jobbar i lokalen och vilka maskintyper används med vilka anslutningar. Därefter behövs en ritning över hur rören ska dras i lokalen och vid vilka punkter rören ska finnas nerdraget för att kunna användas vid maskinerna. Utöver allt i lokalen, ska även avluften ledas ut ur lokalen, vilket gör att ingrepp på fasaden av byggnaden måste utföras. Utöver dessa installationsprocesser behöver även i nuläget el dras och installeras av behörig elektriker. Vid tillval av automatikskåp behöver även detta installeras separat av behörig elektriker. Inköp av automatikskåp, eldragning och ventilation står för stora kostnader i dagsläget. Dessa tjänster och produkter är ofta avsevärt mer kostsamma än självaste kombiaggregatet. På grund av den komplexa installationsprocessen och systemets omfattning ställs höga krav på kompetens och expertis. Därför används enbart tekniker som är godkända av ÅSS.

## 3.3 Service av Kombiaggregat 500 EX

Nedan beskrivs hur service av kombiaggregatet sker. Detta innefattar byte av förfilter, finfilter och uppsamlingskärl. Då kombiaggregatet ofta står i en dammig miljö ska ansiktsmask användas vid byte av förfilter och uppsamlingskärl.

### 3.3.1 Filterbyte

Processen att byta förfilter börjar med att utrymme A öppnas genom att lossa fyra muttrar, därefter lyfts luckan av och ställs åt sidan. Inne i skåpet fås direkt tillgång till två skruvklämmor och en klämhylsa som demonteras för att kunna byta tygfilter. På insidan av tygfiltret finns en metallring för att tygfilter ska kunna fästas i- och skakas av skakanordningen. Ringen måste tas ut vid byte av tygfiltret samt återinföras i det nya tygfiltret. När klämmorna är lossade kan tygfiltret avlägsnas från enheten och ett nytt tygfilter kan installeras.

Finfiltret byts genom att först avlägsnas luckan för utrymme B genom att lossa två greppmutter. Därefter avlägsnas säck och mellanvägg i plywood. Därefter lyfts patronfilter ut ur enheten och de nya installeras.

### 3.3.2 Säckbyte

De tyngre partiklarna som inte fångas upp av förfiltret faller ned i en säck. I nuläget behöver säcken tas ut och tömmas regelbundet av en enskild användare. Säcken kan idag väga uppemot 20-30 kg beroende på material. I dagsläget lyfts säcken ut från utrymme B efter att man lossat två greppmuttrar, ställt undan luckan och avmonterat klämhylsan som låser fast säcken mot stosan. Sedan slängs säcken på avsedd plats och en ny säck installeras.

## 3.4 Material & miljödeklaration

I produkten finns det flera olika komponenter med olika material enligt produktkatalogen. Se tabell 3.2.

**Tabell 3.2:** Material och miljödeklaration, Kombiaggregat 500 EX

Material	Återvinningsbar
Stål (ram, stativ)	Ja
Förzinkad stålplåt, skruvar	Ja
Plywood	Ja
Aluminium (motor, fläkt)	Ja
Koppar (motor)	Ja
Naturgummi (kablar, fläktremmar)	Ja
PVC - plast (kablar)	Ja, delvis

ÅSS Kombiaggregat 500 EX är uppbyggd med en svetsad stålram som är klädd med 16 mm skruvad plywood. Plywooden är i sin tur klädd med 0,6 mm galvaniserad stålplåt. I utrymme C sitter ett motorfundament fastmonterat där både motor och fläkt är installerade. Frontluckan är avtagbar för att tillåta inspektion och justering av fläktremmar. Den är fastskruvad med stjärnskruvar för att underlätta åtkomst vid behov.

## 3.5 Grafisk profil

Kombiaggregat 500 EX har ett industriellt och enkelt uttryck. Produkten är uppdelad i tre utrymmen, vardera med en lucka och tydliga delningslinjer emellan. Yttersta lagret är en galvaniserad plåt. Designen har varit konstant i flera decennier. Produkten har samma formspråk som många andra maskiner, både i och utanför deras eget sortiment.



# 4

## Teori

Under projektets gång har flera metoder och analyser använts i olika syften kopplade till projektets olika stadier. Nedan presenteras relevanta metoder, analyser samt teoretisk bakgrund som ligger till grund för arbetet.

### 4.1 Datainsamlingsmetoder

Datainsamlingsmetoder utgör en central del av produktutvecklingsprocessen och omfattar olika tekniker för att systematiskt samla in information. Exempel på sådana metoder inkluderar enkäter, intervjuer, observationer, befintliga handlingar och elektroniska apparater. Datainsamling sker på ett standardiserat sätt för att säkerställa att insamlad data och mätningar analyseras kvantitativt (Karolinska Institutet, 2025).

#### Enkät

Enkäter är en frågebaserad datainsamlingsmetod som skickas ut till ett större stickprov av den tänkta målgruppen i form av ett formulär. Formuläret innehåller frågor av olika karaktär, men syftet med en enkätstudie är framförallt att samla in kvantitativ data. Enkäter kan även användas för att samla in kvalitativ data genom till exempel öppna frågor utan förbestämda svarsalternativ. Kvantitativ data innebär mätbar data vilket medför att frågorna har fasta svarsalternativ som exempelvis kryssfrågor med ett begränsat antal svarsalternativ (Nationalencyklopedin, 2025).

#### Observationer

Observationsstudier används för att säkerställa en korrekt förståelse av användarens beteende, attityder samt den givna kontexten där interaktion med produkten sker. Målet är att legitimera den fakta gällande användningen av produkten som samlats in under intervjuer samt litteraturstudier för att se hur det stämmer överens med den faktiska interaktionen (Informationsguiden, 2022).

#### Intervjuer

Intervjuer är en frågebaserad datainsamlingsmetod som beroende på dess utformning kan användas för att samla in kvantitativ eller kvalitativ data. Typiskt brukar intervjuer delas upp i två typer vars karaktär skiljer sig åt. En avgörande del för

att skapa betrodd data är att intervjua rätt personer (målgrupp) men även antalet. Efter ett visst antal intervjuer brukar resultatet mättas (Innovationsguiden, 2022).

## 4.2 Idégenereringsmetoder

Under projektets gång har olika idégenereringsmetoder använts. Dessa ämnar att stimulera kreativitet, bredda lösningsrymden och att bidra med förståelse kring hur produkten brukas. Nedan presenteras några vanliga visuella och användarbaserade metoder.

### Moodboard

En moodboard består av ett kollage med bilder som är valda utefter vilken känsla produkten önskas kommunicera till användaren. En moodboard kan vanligen agera som inspirationskälla och som referenspunkt under hela produktutvecklingsfasen.

### Expressionboard

Likt en moodboard består expressionboard av ett kollage av bilder. Kollaget ska visualisera det önskvärda uttrycket hos produkten. Expressionboard är uppdelad i kategorier: form, artefakt, färg, material och metafor. Utefter dessa kategorier väljs bilder och färgskalor.

### Brainstorming

Brainstorming är en metod av fri idégenerering som syftar till att generera delöningar, oavsett praktisk genomförbarhet. Resultatet blir en stor katalog av tänkbara lösningar som utmanar problemområdet.

### Braindrawing

Braindrawing en typ av fri idégenerering. Deltagarna i braindrawing får varsitt papper där lösningar på ett problem skissas upp. Efter förbestämd tid skickas pappret vidare till nästa person utan att förklaring ges. Processen upprepas tills varje persons papper har gått ett varv. Syftet med metoden är att öka kreativitet och lösningsrymd. (Wikberg m. fl., 2017)

### Morfologisk matris

En morfologisk matris kan användas för att hitta nya koncept och lösningar med stor variation. Detta åstadkoms genom att kombinera olika delöningar till nya koncept. Denna metod används efter att produktens behov har blivit definierade.

## Persona

En persona tas fram för att inkludera användaren i utvecklingsprocessen. Personans syfte är att spegla den tänkta användarens tekniska samt kontextuella erfarenhet av användarsituationen. Den agerar även som en konstant påminnelse om kopplingen till den specifika målgruppen; vilket genomsyrar hela produktutvecklingsprocessen. (Wikberg Nilsson m. fl., 2015).

## Användarscenario

Användarscenario används för att placera den framtagna personan i en relevant användarsituation. Syftet är att beskriva hur den tänkta användaren interagerar med produkten under en arbetsdag samt beskriva de problem och frustrationer som uppstår (Interaction Design Foundation, 2016).

## 4.3 Analyismetoder

### HTA

Hierarkisk uppgiftsanalys (HTA) är en metod som används för att systematiskt bryta ner en användarinteraktion i mindre delmoment, vilket möjliggör en strukturerad förståelse för hur en uppgift genomförs med en viss produkt. Nedbrytningen visualiseras ofta i form av ett flödesschema, där varje steg i användningsprocessen tydligt framgår. Genom att analysera stegen identifieras komplexiteten i interaktionen, där mer detaljerade eller omfattande analyser ofta tyder på högre grad av komplexitet (Mattsson & Berglund, 2017).

### Grasshoper & Rhino

Rhino, eller Rhinoceros 3D är ett 3D modelleringsprogram. Programmet är inriktat mot komplext geometriskapande vilket möjliggörs genom NURBS (Non-uniform Rational B-splines).

Grasshopper är ett visuellt programmeringsspråk och miljö som körs inuti Rhino. Grasshopper ger designern möjlighet att skapa komplexa parameter- och algoritstyrda geometrier. Grasshoppers funktionalitet blir fördelaktig vid skapandet av geometrier som ska optimeras med vissa restriktioner.

## 4.4 Utvärderingsmetoder för konceptval

### Semantisk ordskala

För att utvärdera hur väl en produkt förmedlar önskade egenskaper används ofta en semantisk ordskala. I denna metod identifieras ett antal adjektiv som representerar de uttryck produkten avser att kommunicera. (Wikström, 2002).

### Konceptutvärderingsmatris

Metodens mening är att objektivt bedöma de olika koncepten baserat på hur väl de motsvarar uppställda behov och krav. Genom att utvärdera varje koncept i relation till specifika kriterier möjliggörs en identifiering av både styrkor och svagheter. Metoden används för att avgöra vilket koncept som är mest lämpligt samt för att tydliggöra vilka kriterier som kan behöva utvecklas vidare (Wikberg m. fl., 2017).

## 4.5 Visualiseringsmetoder

Visualiseringsmetoder utgör en kritisk aspekt under både utvecklingsfasen men även utvärderingsfasen. Under utvecklingsfasen blir skissarbete och snabb visualisering viktigt för att kommunicera idéer men även för att validera lösningar med beställare. Vidare används mer tidskrävande visualiseringsmetoder för att kommunicera och presentera koncept på en hög upplösningsnivå.

### Skissarbete

Skisser fungerar som ett verktyg för att sätta igång den kreativa processen och stimulera nya tankebanor. De kan variera i detaljeringsgrad från enkla idéskisser till mer avancerade och tekniskt beskrivande illustrationer. På så sätt fungerar skisser både som ett medel för utforskning och som kommunikationsverktyg under designprocessen (Wikberg m. fl., 2017).

### CAD-verktyg

CAD (Computer-Aided Design) är ett digitalt hjälpmedel för att skapa och visualisera 3D modeller av produkter eller komponenter. Programvaran möjliggör bland annat fotorealistiska renderingar som visar hur en färdig produkt kan komma att se ut. Dessutom kan CAD-modeller användas som grund för ritningar, beräkningar av hållfasthet och vikt, samt i estetiska sammanhang (Wikberg m. fl., 2017).

## 4.6 Cyklonfilter

Cyklonfilter är idag en vanlig lösning för att avlägsna partiklar från exempelvis vätskor eller gaser och kan återfinnas inom allt från kemisk industri till vanliga hushållsapparater. Mediet innehållande partiklar riktas tangentiellt in i filterhuset och pressas mot filterhusets väggar där de tyngre partiklarna fastnar och separeras från vätskan eller gasen. Dessa partiklar faller sedan ned i ett uppsamlingskärl medan den reade gasen eller vätskan leds ut via ett utlopp. Cyklonfilter innehåller inga rörliga delar eller exempelvis filterpåsar som måste bytas ut med jämna mellanrum, vilket leder till minimalt med service. Vidare tål cyklonfilter typiskt sett höga tryck och temperaturer och lämpar sig väl för applikationer som kräver ett kontinuerligt filtreringsflöde.

### 4.6.1 Litteraturstudie

I studien “Cyclone Performance and Design” (Leith & Mehta, 1973) jämförs fem olika tryckfallsteorier och fyra olika effektivitetsteorier.

Det fastställs att det inte finns en enskild design som visar på hög effektivitet för stoftuppsamling i samtliga tillämpningar. Effektiviteten varierar beroende på användningsområde, vilket understryker behovet av kontextanpassad utformning. (Leith & Mehta, 1973) I tabell 4.1 presenteras sex olika framtagna proportioner på cyklonfilter för olika användningsområden.

**Tabell 4.1:** Standardiserade designer för Cykloner (Källor: Stairmand, Swift, Lapple)

Source	Recommended Duty	D	$a/D$	$b/D$	$De/D$	$S/D$	$h/D$	$H/D$	$B/D$
Stairmand (1951)	High efficiency	1	0.5	0.2	0.5	0.5	1.5	4.0	0.375
Swift (1969)	High efficiency	1	0.44	0.21	0.4	0.5	1.4	3.9	0.4
Lapple (1951)	General purpose	1	0.5	0.25	0.5	0.625	2.0	4.0	0.25
Swift (1969)	General purpose	1	0.5	0.25	0.5	0.6	1.75	3.75	0.4
Stairmand (1951)	High throughput*	1	0.75	0.375	0.75	0.875	1.5	4.0	0.375
Swift (1969)	High throughput	1	0.8	0.35	0.75	0.85	1.7	3.7	0.4

### 4.6.2 Tryckfallsteori

För att ta reda på vilken teori som är mest kompatibel med den experimentella datan tar Leith & Metha fram en korrelationskoefficient. Korrelationskoefficienten är mellan den verkliga datan och den teoretiska. Slutsatsen blir att Barth, Stairmand & Shepherd och Lapple metoderna är mest verklighetstroga. I tabell 4.2 visas resultaten.

**Tabell 4.2:** Korrelationskoefficienter mellan experimentell data och teoretiska tryckfallsteorier beräkningar över tryckfall i cyklonfilter. (Leith & Mehta, 1973)

Metod	Korrelationskoefficient
Barth (1956)	0.80
Stairmand (1949)	0.77
Shepherd and Lapple (1940)	0.77
Alexander (1949)	0.55
First (1950)	0.53

### 4.6.3 Cyklonuppsamlingseffektivitet

Cyklonuppsamlingseffekten har påvisats öka i samband med nedanstående sex parametrar.

1. Ökning i partikelstorlek och -densitet.
2. Ökning av mediets rotationshastighet i cyklonens mitt.
3. Minskning av cyklondiameter.
4. Ökning av cyklonlängd.
5. Extra sugkraft genom det nedre utloppet.
6. Vätning av cyklonens väggar.

Det finns fyra olika metoder som används för att räkna ut cyklonuppsamlingseffekten. Leith & Licht metoden fungerar bäst enligt resultatet av jämförelsen mellan de fyra olika metoderna. (Leith & Mehta, 1973)

## 4.7 Ekvationer & data

Inloppshastighet (Leith & Mehta, 1973) beräknas enligt:

$$v_{\text{inlet}} = \frac{Q}{A_{\text{inlet}}} \quad (4.1)$$

där  $Q$  är volymflödet och  $A_{\text{inlet}}$  är inloppsarean.

(4.2)

Stairmands simplifierade tryckfallsteori som beskriver tryckfallet över en cyklon:

$$\Delta P = K \frac{\rho v^2}{2} \quad (4.3)$$

där  $\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$  är luftdensiteten vid normala förhållanden (20 °C, 1 atm) och  $K = 5.6$  är tryckfallskoefficienten antagen av (Stairmand, 1951).

Leith och Licht effektivitetsekvation:

$$\eta_x = 1 - \exp \left[ -2 \left( \frac{C \rho_p d_x^2 v_{in}^2 (n+1)}{18 \mu D} \right)^{\frac{0.5}{n+1}} \right] \quad (4.4)$$

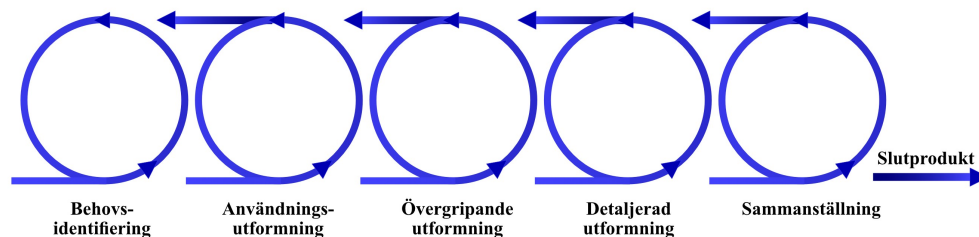
där  $\eta_x$  representerar verkningsgraden för avskiljning av partiklar med diameter  $d_x$ ,  $\mu$  är gasens dynamiska viskositet,  $n$  är en dimensionslös parameter relaterad till partikelstorleksfördelning och där  $C$  är en geometrisk förhållandekonstant:

$$C = \frac{\pi D^2}{ab} \left[ 2 \left( 1 - \left( \frac{D_e}{D} \right)^2 \right) \left( \frac{S}{D} - \frac{a}{2D} \right) + \frac{1}{3} \left( \frac{S+l-h}{D} \right) \left( 1 + \frac{d}{D} + \left( \frac{d}{D} \right)^2 + \frac{h}{D} - \left( \frac{D_e}{D} \right)^2 \frac{l}{D} - \frac{S}{D} \right) \right]$$

# 5

## Genomförande

I detta kapitel beskrivs den produktutvecklingsprocess som tillämpats i detta projekt. Det övergripande upplägget var ett iterativt arbete och strukturerades i fyra kronologiska faser: förstudie, idégenerering, konceptframtagning och konceptutvärdering. Där målet var en genomarbetad slutprodukt. I figur 5.1 visas denna process visuellt. I kommande kapitel beskrivs de olika faserna mer ingående. Notera att utvecklingen av display presenteras i kapitel 6.



Figur 5.1: Iterativ process

### 5.1 Förstudie

För att få en bild av hur produkten fungerar och dess användning och kontext utfördes en förstudie. Målet var att identifiera krav och önskemål som kunder och leverantörer sätter på produkten. Utförandet av förstudien skedde bland annat genom personliga samtal, rundturer och enkäter.

#### 5.1.1 Marknadsundersökning

Som en del av förstudien utfördes en marknadsundersökning. Detta gjordes genom att studera konkurrenters lösningar och liknande produkter, genom informationssökning på internet och även samtal med återförsäljare av relevanta produkter. Utöver konkurrenters lösningar studerades även ÅSS egna sortiment, dels hur själva produkterna ser ut och fungerar men även hur de tillverkas. Detta för att få en djupare förståelse av exempelvis ÅSS formspråk och hur de differentierar sig på marknaden men även för att bättre kunna designa en produkt utefter deras produktionsmöjligheter.

### 5.1.2 Enkätundersökning

En enkät publicerades i två Facebook-grupper: “Nationellt centrum för slöjdtutbildning” & “Swedish Woodworkers”. Syftet med enkäten var att ta fram marknadsdata, användares åsikter om semantiskt uttryck och vilka funktioner och krav som ställs på kombiaggregatlösningar. Se bilaga C. Då inga personuppgifter eller känslig information samlades in, föll enkäten utanför GDPR:s tillämpningsområde.

### 5.1.3 Observationer

För att bättre förstå hur ett kombiaggregat brukas har observationer varit av stor vikt. Detta har utförts dels i egen regi av gruppen vid besök i verkstäder på Chalmers tekniska högskola och dels på plats hos ÅSS i Kungälv. Vid ett längre besök hos ÅSS studerades hur en typisk service av centralsugaggregat kan se ut. Under en tre timmar lång observation iaktogs och diskuterades praktiska moment som är svåra att kommunicera genom enkäter. Exempelvis genom att studera hur en användare utför byte av spånsäck, och hur servicepersonal utför byte av förfilter kunde både användares och servicepersonals behov bättre förstås. Utifrån observationer sammanställdes en HTA, se bilaga D.

### 5.1.4 Funktioner

För att vidare hjälpa till att abstrahera produkten analyserades dess komponenters funktioner. Detta för att djupare förstå hur produkten fungerar och vad olika komponenters syften är. Utöver detta gav analysen en god inblick i delar av produkten där dess kundvärde eventuellt skulle kunna öka. Se listade funktioner i bilaga E.

### 5.1.5 Kravlista

Utifrån utförd förstudie samt riktlinjer från ÅSS sammanställdes en kravlista där både krav och önskemål på produkten inkluderades. Krav är parametrar som produkten ska uppfylla för att kunna utföra sin funktion och innefattar exempelvis mått på produkten. Önskemål är funktioner som produkten gärna får uppfylla men inte är kritiska för dess funktion, önskemålen graderades från ett till tre huruvida viktiga de ansågs vara av projektgruppen. Dessa definierades enligt Ö1, Ö2 och Ö3; där Ö1 var viktigast och Ö3 mindre viktigt. Se bilaga F för kravlista. Se avsnitt 8.3.5 för tabell som presenterar uppfyllda krav i den nya designen.

### 5.1.6 Vidare informationsinsamling

I processen att utvärdera potential och uppskatta dimensioner av en lösning med cyklonfilter ringde projektgruppen upp en teknisk säljare på företaget Lajac. Den tekniska säljaren kunde även förklara hur EPA-filter fungerade i allmänhet och hur det fungerade i specifika spånaggregat som företaget tillhandahöll. Säljaren förklarade även vad för spånstorlekar för- och finfilter kunde filtrera bort.

## 5.2 Idégenerering

Utifrån den sammanställda förstudien utarbetades lösningar baserade på listade funktioner, krav och önskemål. Detta gjordes genom olika idégenereringsmetoder för att skapa en bred lösningsrymd som sedan sållades för att kunna skapa helhetskoncept.

### 5.2.1 Persona & Scenario

En fiktiv karaktär har använts i projektet för att arbetet inte endast ska ta avstamp i analys och statistik utan även inkludera empati för den tänkta användarens behov. Det formulerade scenariot kompletterar personan och är ämnat att visa på hur en arbetsdag där användaren interagerar med kombiaggregatet kan se ut. Den beskrivna situationen tar upp de identifierade problemen samt frustrationer som tagits del av genom konversationer med servicetekniker samt erfarna användare inom ÅSS verksamhet. Se bilaga G & H.

### 5.2.2 Moodboard, expressionboard och semantisk ordskala

En moodboard, expressionboard och en semantisk ordskala skapades för att ge en enhetlig och konsekvent representation av hur gruppmedlemmarna ville att produkten skulle uppfattas. För att enas om vilken känsla kombiaggregatet önskades förmedla skapades en moodboard. Därefter utvecklades semantiska ord som beskrev produkten, vilket togs vidare för att sätta kombiaggregatets uttryck, med hjälp av en expressionboard. Se avsnitt 7.4 för resultat.

### 5.2.3 Brainstorming + skiss

I projektets tidiga skede användes brainstorming för att generera många och varierade idéer, där deltagarna uppmuntrades till en öppen och tillåtande dialog. Genom att fritt dela tankar och bygga vidare på varandras idéer skapades en stor mängd lösningar, samt en gemensam förståelse för utmaningar och möjligheter hos lösningarna. Därefter fortskred processen genom att gruppmedlemmarna skapade individuella skisser på vardera problemområde som behövde förbättras i kombiaggregatet. Sedan presenterades de för övriga i gruppen och en till session brainstorming tog vid. Detta skapade visualiserade lösningar och en gemensam förståelse i projektgruppen över genererade idéer. Se bilaga I.

## 5.3 Konceptgenerering & Konceptutveckling

Utifrån idégenereringen och sammanställda krav kombinerades dellösningar till produktkoncept genom en morfologisk matris. Konzepten utvärderades i hur väl de uppfyllde kravbilderna med en konceptviktningmatris och slutkonceptet valdes.

### 5.3.1 Skapa koncept

För att generera olika koncept valde gruppen att kategorisera dellösningar i tre huvudområden: förvaring av stoft, separering av filtrerat material samt förflyttning av spån från maskinen. Dessa dellösningar kombinerades sedan till helhetskoncept med hjälp av en morfologisk matris, se bilaga J, vilket möjliggjorde en systematisk utforskning av olika lösningsalternativ. Genom att använda matrisen kunde gruppen utmana sina tidigare idéer och tänka i nya banor, vilket i sin tur ledde till en stor mängd lösningskoncept som sammanställdes i en konceptkatalog, se bilaga K.

### Uttryck & formgivning

Processen som beskrivs ovan relaterar endast till funktionalitet. Utöver det utfördes även en konceptutvecklingsprocess som adresserar formgivning och uttrycket av produkten. Från moodboard, expression board och semantisk ordskala genererades koncept på form genom braindrawing och brainstorming. Med ovan nämnda idégenereringsmetoder togs koncept för uttrycket fram, presenteras i avsnitt 8.3.3.

### 5.3.2 Val av tre koncept

Baserat på den morfologiska matrisen för idégenerering gjordes ett första urval om 20 koncept. I samråd med företagets handledare valdes därefter tre övergripande koncept ut, med hänsyn till både den upprättade kravspecifikationen och företagets prioriterade intresseområden. Dessa tre koncept vidareutvecklades genom att olika delfunktionslösningar skissades fram för respektive utrymme i kombiaggregatet, se figur 3.1. Valet av lösningar för varje huvudområde gjordes i nära dialog med företaget, där tillverkningsmöjligheter och praktisk genomförbarhet vägdes in. Resultatet blev tre koncept med genomtänkta och realistiska lösningar anpassade efter projektets ramar. Därefter vidareutvecklades respektive koncept med alternativa lösningar till varje område. Se avsnitt 8.1 för presentation av de tre koncepten.

### 5.3.3 Utveckling av slutkoncept

För att identifiera det mest lämpliga slutkoncept skapades en konceptutvärderingsmatris som baserades på kravlistan där de tre koncepten jämfördes utifrån hur väl de uppfyllde projektets krav och önskemål. Varje krav och önskemål bedömdes individuellt, där uppfyllelsegraden poängsattes på en skala från -3 till +3. Den befintliga lösningen sattes som referens och tilldelades värdet 0. För att särskilja vikten mellan olika typer av kriterier tilldelades varje krav och önskemål en vikt faktor. Krav gavs högre vikt (faktor fyra) medan önskemål av typ Ö3 en lägre vikt (faktor ett). Poängen för varje koncept multiplicerades med respektive faktor och summerades därefter till ett totalvärde. Slutkonceptet valdes utifrån denna utvärdering i kombination med återkoppling från ÅSS, se bilaga L. Efter valet inleddes en vidareutvecklingsprocess för att definiera vad konceptet på detaljnivå innebar. Se avsnitt 8.3 för presentation av slutkoncept.

## 5.4 Dimensionering av cyklon

Målet med dimensioneringen av cyklonen var att skapa en geometri som passade användningsområdet och var anpassad efter det tänkta utrymmet med riktlinjen 600 mm som total höjd. Därmed behövdes geometrin optimeras med hjälp av teorin presenterad i avsnitt 4.6.1. Ett skript integrerades i Grasshopper. Skriptet producerades enligt följande steg:

### Steg 1

Parametrarna i tabell 5.4 optimerades enligt mål. Effektiviteten,  $\eta$ , maximerades med ekvation 4.4. Tryckfallet,  $\Delta P$ , minimerades med ekvation 4.3. Parametern  $v_{inlet}$  får inte bli för lågt, därmed optimerades den utefter ekvation 4.1 och målet som definierats i tabellen. Höjden,  $H_{total}$ , optimerades utefter det satta målet i tabellen. Förhållandet mellan  $H_{cyl}$  och  $H_{con}$  balanserades mot definierat mål.

### Steg 2

En fitnessfunktion integrerades i Grasshopper för att jämföra olika kombinationer av parametrarna i Steg 1. Jämförelsen skedde genom en fitnessfunktion med straff integrerat. Fitnessfunktionen räknade ut en koefficient för varje kombination och alla kombinationer optimerades med hjälp av Grasshopper. Kombinationen med lägst fitnesskoefficient valdes ut som mest optimerad. Se bilaga M.

### Steg 3

Parametrarna som utgör kombinationen som optimerats fram enligt Steg 2 användes för att definiera värden till parametrarna i tabell 5.3. De optimerade värdena användes sedan för att beräkna alla parametrar i tabell 5.2. Med dessa parametrar definierade, i kombination med fasta parametrar som presenteras i tabell 5.1 skapades en cyklongeometri genom Rhino. Utifrån geometriska begränsningar justerades förhållandena för Stairmand (1951) i tabell ?? enligt tabell 5.5.

Se avsnitt 8.3.2 för slutgiltig dimensionering av cyklon.

**Tabell 5.1:** Fasta parametrar

Parameter	Värde	Beskrivning
$Q$	0.222	Volymflöde ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
$\mu$	$1.8 \times 10^{-5}$	Dynamisk viskositet ( $\text{Pa} \cdot \text{s}$ )
$\rho_p$	1500	Partikeldensitet ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
$n$	0.7	Formparameter i Leith & Licht
$K$	5	HE-formfaktor enligt Stairmand

**Tabell 5.2:** Variabla indata och härledda dimensioner

Parameter	Uttryck / Källa	Beskrivning
$H_{cyl}$	$D \cdot H_{cyl\_factor}$	Höjd på cylinder
$H_{cone}$	$D \cdot H_{cone\_factor}$	Höjd på kon
$H_{total}$	$H_{cyl} + H_{cone}$	Totalhöjd
$W_{inlet}$	$0.25 \cdot D$	Inloppsbredd
$H_{inlet}$	$0.5 \cdot D$	Inloppshöjd
$D_{vortex}$	$0.5 \cdot D$	Utloppsdiameter
$L_{vortex}$	$D \cdot Vortex\_insert\_factor$	Utloppslängd
$D_{dust}$	$\max(0.25 \cdot D, 120)$	Nederdiameter på kon, absolut max 120 (mm)

**Tabell 5.3:** Parametrar som optimeras utefter målparametrar.

Parameter	Typ	Beskrivning / Syfte
$D$	Kontinuerlig	Cyklondiameter (mm), styr all övrig geometri
$H_{cyl\_factor}$	Kontinuerlig	Faktor för cylinderns höjd: $H_{cyl} = D \cdot H_{cyl\_factor}$
$H_{cone\_factor}$	Kontinuerlig	Faktor för konens höjd: $H_{cone} = D \cdot H_{cone\_factor}$
$Vortex\_insert\_factor$	Kontinuerlig	Faktor för utloppets längd: $L_{outlet} = D \cdot factor$

**Tabell 5.4:** Målparametrar för optimering. Resultatet sammanställs i ett fitnessvärde.

Parameter	Mål	Beskrivning
$\eta$	Maximera	Effektivitet vid 10 $\mu\text{m}$ – avskiljningsgrad
$\Delta P$	Minimera	Tryckfall över cyklonen (Pa)
$v_{inlet}$	$\geq 20$ m/s	Inloppshastighet – bör inte bli för låg
$H_{total}$	$\leq 600$ mm	Totalhöjd – straffas om den överskrids
$\frac{H_{cyl}}{H_{cone}}$	$\approx 0.6$	Balans mellan kon- och cylinderdel (ideal proportion)

**Tabell 5.5:** Avvikande dimensionsförhållanden jämfört med Stairmand (1951)

Förhållande	Stairmand (1951)	Scriptets uttryck	Kommentar
$S/D$	0.5	$D * \text{Vortex\_insert\_factor}$	Justerbar längd på utloppsrör
$h/D$	1.5	$D * H_{\text{cyl\_factor}}$	Justerbar cylindrisk höjd
$(H - h)/D$	2.5	$D * H_{\text{cone\_factor}}$	Justerbar konisk höjd ( $H = H_{\text{cyl}} + H_{\text{cone}}$ )
$H/D$	4.0	$H_{\text{cyl}} + H_{\text{cone}}$	Optimeras fritt, men straffas om $H > 600 \text{ mm}$
$B/D$	0.375	$\max(0.25 \cdot D, 120)$	Avviker om $0.25D < 120 \text{ mm}$



# 6

## Design av användargränssnitt för display

ÅSS har efterfrågat en tillhörande display till den nya modellen av kombiaggregatet. En display ska ytterligare öka användarvänligheten genom att bidra med tydlig information, meddelanden och instruktioner. I detta kapitel beskrivs tillvägagångssättet för utveckling av displayen och resultatet av utvecklingen presenteras kort i samband med detta.

### 6.1 Förstudie

För att kunna läsa en display på en meters avstånd ska bokstavshöjden höjden av karaktären "x" vara minst tre mm, vilket motsvarar storlek 16 Arial (University of Cambridge, u. å). Utöver det ska rubriker vara större än övrig text. Meddelanden och knappar ska vara uppbyggda av en kombination av färger, ikoner, bilder och text. Detta för att göra det tydligare och inte ha meddelanden som bara tolkas av ett sinnesintryck vilket är viktigt för att till exempel möta behovet hos färgblinda.

#### 6.1.1 Krav

Displayens kravlista utgår från att det digitala gränssnittet ska fungera i den dammiga miljö som en verkstad kan innebära, både vad gäller användning och hållbarhet. Se tabell 6.1.

**Tabell 6.1:** Kravlista - Display

Kunna använda skärm med handskar
Kunna använda skärm med damm på fingrarna
Enkel att torka av
Stängt utrymme för all elektronik för att undvika brandfara
Kompatibel med service över telefon

## 6.2 Idégenerering

Med hänsyn till projektets omfattning och då displayen endast är en av flera av kombiaggregatets komponenter har inte en lika omfattande idégenerering utförts här. Idéer baserades till stor del på projektgruppens erfarenheter av att utveckla digitala gränssnitt men även den information framtagen i displayens förstudie.

### 6.2.1 Semantisk ordskala

Displayen har fått en egen semantisk ordskala skild från den för resten av kombiaggregatet. Detta då displayen ska ha ett annat uttryck i och med att den är digital och dynamisk.

- Pålitlig
- Rak på sak (ärlig)
- Enkel
- Robust

### 6.2.2 Kombiaggregatets funktioner

Kombiaggregatets funktioner har delats in i tre kategorier som avgör hur och var de ska visas på displayen: konstant visning, gömd hantering och notifikationer.

#### **Konstant visning:**

Dessa är de mest aktuella funktionerna under den vardagliga användningen och visas redan i displayens default-läge. Med en design som tydligt visar när det börjar närma sig byte av olika komponenter möjliggör det för användaren att utan extra ansträngning och i förbifarten kunna förbereda sig mentalt på att bytet närmar sig. Övriga delar i gränssnittet är till för att öka användarens förståelse och känsla av kontroll över användningen. De funktioner som displayen ska visualisera konstant punktas upp nedan. Dessa definierades i samråd med ÅSS.

- Nivåvakt - visar status på mängden insamlade partiklar och indikation på när det börjar närma sig byte av säck.
- Filterbyte - visar status på filter med indikation på när det börjar närma sig byte.
- Procent av kapacitet - genom att visa exempelvis motortemperatur, strömförbrukning och/eller effekt får användaren en bild av produktens prestanda och lär känna dess kapacitet, till exempel blir det tydligt att prestandan ökar vid filterbyte vilket uppmuntrar användaren att faktiskt utföra dessa i tid.
- Aktivt inlopp - en lista på möjliga inlopp och vilka som är aktiva. Förenklar vid felsökning om det är något inlopp som exempelvis står på glänt. Detta stärker användarens känsla av kontroll över produkten då kopplingen mellan aktion och funktion blir tydlig.
- Klocka och datum - digital knapp till kalender som visar en översikt på när kombiaggregatet kommer kräva service men även när den fick service senast. Oavsett kommer kombiaggregatet behöva ha en inbyggd klocka för att beräkna livslängden på filter. Att även visa funktionen för användaren ger en garanti

på att datumet är rätt inställt. Det är också ett ofta uppskattat och förväntat tillägg att ha tillgång till klocka på en display.

### Gömd hantering:

Detta innefattar funktioner användaren inte använder regelbundet, dels kalender men även statistik på elförbrukning. Här finns inställningar för kombiaggregatet, som att ställa in motorns frekvens och lägga till/ta bort ett insug. Här kan man också ställa in en maxvikt för spånuppsamlingen och vilken typ av spån som förekommer och en ungefärlig mängd av dessa, det går också att ändra från användning till användning. Genom att ställa in dessa två parametrar kan displayen därefter beräkna den ungefärliga livslängden för filtren.

### Notifikationer:

Notifikationer handlar om olika typer av felmeddelanden, exempelvis:

- Byte av filter med indikation på hur snart det måste ske.
  - Snart: Approximativt en månad innan byte.
  - Nu: Filter måste bytas inom en vecka.
  - Akut: Ingen garanti på att filtret klarar nästa användning.
- Temperaturvarning i maskinutrymme.

Alla meddelanden kommer först upp som ett pop-up-meddelande som täcker större delen av skärmen. Utformningen är ett varningsmeddelande i form av en beskrivande text och en bild eller rörlig bild som visar felet och hur det ska åtgärdas stöttat av en förklarande text. Det kan innebära både åtgärder men också hur man ska gå tillväga för att beställa nya filter eller kontakta servicetekniker. Åtgärda användaren felet försvinner meddelandet automatiskt. Alternativet är att användaren klickar på okej och meddelandet läggs i ett komprimerat format i en meddelande-menü. Det komprimerade formatet innefattar rubriken och någon indikation på hur akut problemet är. Klickar man på meddelandet får man åter upp samma pop-up-fönster. Vid de mest akuta problemen, som att temperaturvakten stängt av systemet går meddelandet inte att klicka ned utan fyller skärmen så länge allvaret kvarstår.

### 6.2.3 Skiss

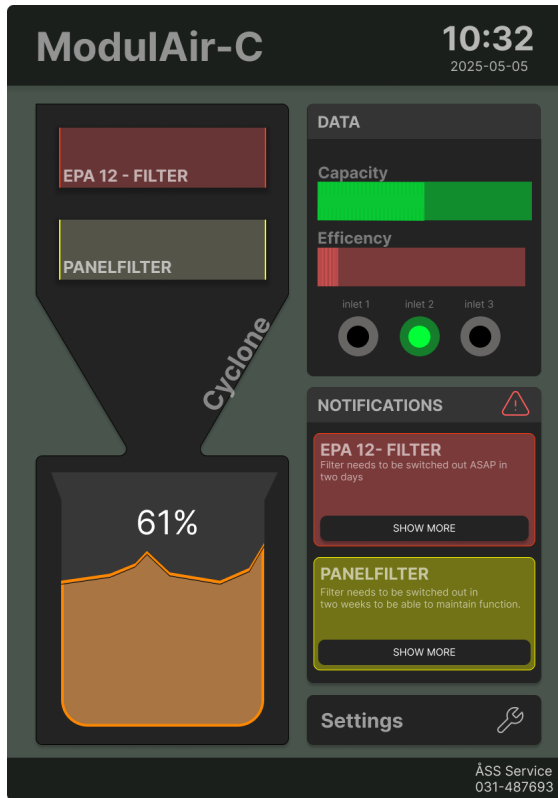
För att komma på och tillsammans kunna utvärdera olika funktioner och gränssnitt skapades både analoga och digitala wireframes. Se bilaga N.

## 6.3 Resultat - Slutgiltig display

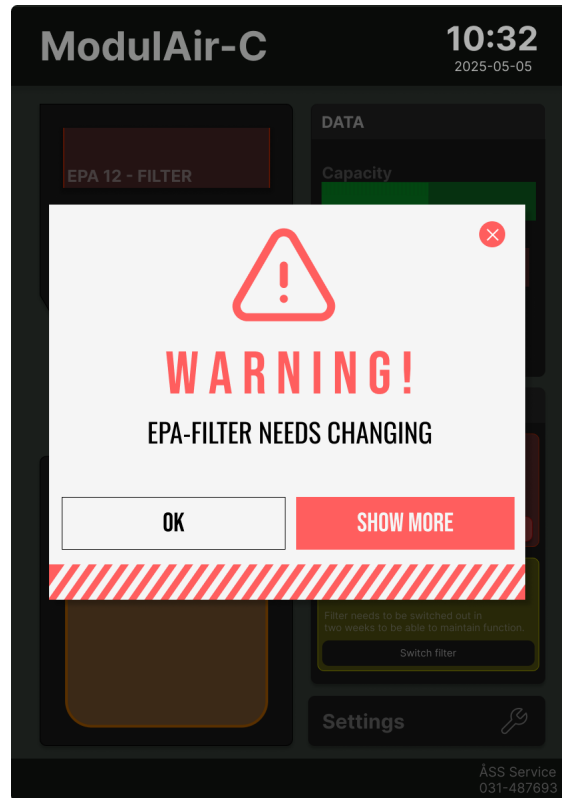
I figur 6.1 visas Huvudskärmen. Huvudskärmen visar status för panelfilter, EPA-12 filter och uppsamlingskärlets påfyllnadsgrad. Statusen symboliseras med representativa former och status signaleras med starka färger. Dessa återfinns i en mörkare form som omsluter statusarna. Den mörkare formen representerar skåpet och dess filtersektion, cyklonen. I figur 6.2 visas ett exempel på hur ett varningsmeddelande kan se ut. I det exemplet visas hur det ser ut då EPA-filter behöver bytas. Genom

## 6. Design av användargränssnitt för display

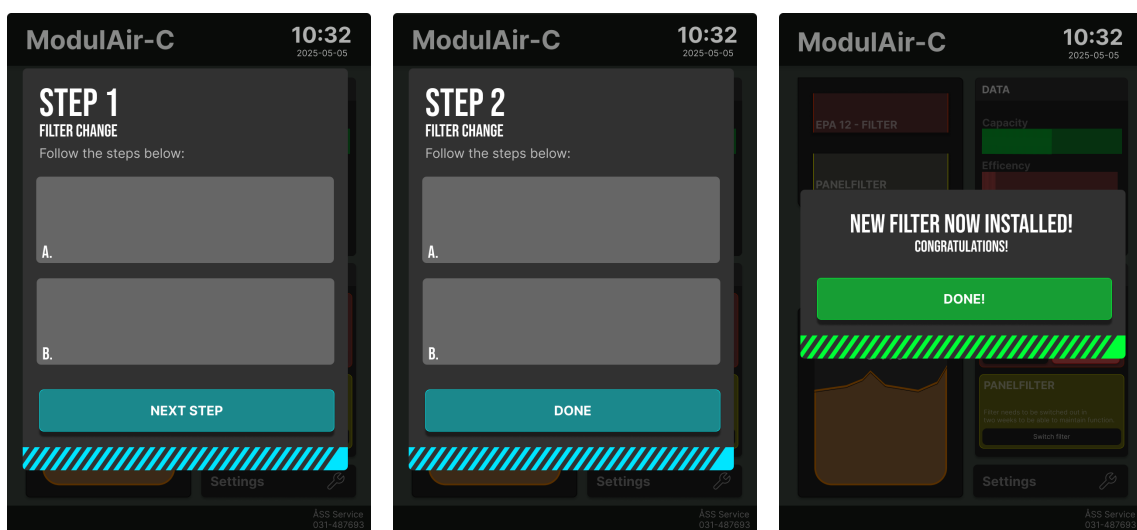
att klicka på *Show more* kommer en steg för steg guide upp, som visas i figur 6.3 för hur bytet kommer gå till. Klickar användaren på *OK* placeras meddelandet under menyen *Notifications* till höger i figur 6.1.



Figur 6.1: Huvudskärm



Figur 6.2: Exempel på varningsmeddelande



Figur 6.3: Användargränssnittets testflöden

# 7

## Resultat av förstudie

När behoven hade identifierats och en kravspecifikation utarbetats kunde arbetet fortsätta på en mer detaljerad nivå. Utformningen av produktens slutgiltiga funktion och design påbörjades. I det följande avsnittet redovisas hur denna övergripande design växte fram genom enkätstudier, observationer och analyser.

### 7.1 Resultat - Enkätstudie

Resultatet från enkätstudien delades upp i tre olika kategorier: “placering och uttryck”, “funktionalitet” och “marknad”. Sammanlagt erhöles **19** svar. Nedan presenteras en sammanfattning av resultaten, se bilaga: O, P & Q för mer information.

**Marknadsdata:** Den data som erhöles skapade en bild av hur marknaden ser ut. Det som konstaterades var att en majoritet av användarna brukar ÅSS Processventilationsprodukter. Det påvisas även att det finns många andra produkter som används på marknaden; bland annat Riedex, Felder och JKF.

**Placering och uttryck:** 100% av svaren visade på att processventilationsprodukter inte står i samma rum som där de används. Uttrycket av produkten anses neutralt och som att den passar in överallt. Formen anses neutral, klumpig och ointressant.

**Funktionalitet:** Felmeddelanden tolkas korrekt av 75% av användarna trots att 60% inte har tagit del av instruktioner kring handhavandet. Ungefär 70% vet hur de hittar information om underhåll och liknande. Interaktionen med produkterna anses tydlig. Bytet av förfilter sker en gång per år eller mer sällan.

På grund av den begränsade svarsfrekvensen i dessa grupper kan den insamlade datan inte anses helt representativ för målgruppen och inga konkreta slutsatser kan dras utifrån enkätstudien. Istället betraktas resultaten främst som en indikator för vilka områden som kan vara relevanta att undersöka vidare, snarare än att ge slutsatser om relevans.

### 7.2 Observationer och samtal

Vid besök hos ÅSS produktion blev det tydligt att produktionen limiterar produktens kvalitetsintryck. Dagens konstruktion medför exponerade skruvar och andra icke tilltalande detaljer som medför att produktens uttryck inte stämmer överens

med den prestanda och kvalitet som ÅSS önskar förmedla med sina produkter. Utifrån observationsstudier blev problemområden tydliga. Nedan följer detaljerade beskrivningar av vardera problemområde.

### 7.2.1 Filter

Under observationerna vid hanteringen av Kombiaggregat 500 EX visade det sig att konfiguration och byte av för- och finfilter har förbättringspotential. Det noterades att stor mängd damm fastnar i förfiltret och att det inte rensas fullständigt med skakanordningen. Resultatet blir att ytan på utsidan av förfiltret täcks med damm som skakas loss. Sammantaget blir hela utrymme A täckt med damm. Detta är något som skapar ett dåligt helhetsintryck.

Processen att byta förfilter visade sig vara en tidskrävande procedur. Detta beror på behovet av verktyg samt komplex montering av filtret. De förlängda arbetsmomenten sker i en oergonomisk position, eftersom fästpunkterna är placerade på svåråtkomliga platser. Damm som samlades utanför förfiltret skapar en ohälsosam miljö att byta filter i, därmed är andningsmask nödvändig att använda.

Byte av finfilter är en komplex process som innefattar flera moment. För att komma åt filtren, för att medge byte, måste en mellanvägg bakom säckens utrymme avlägsnas. Då filtren är placerade längst bak i skåpet innebär det ergonomiskt ogynnsamma positioner vid byte. Finfiltrets prestanda försämras successivt över tid, i takt med att filtret täpps igen och partikelbelastningen ökar, vilket försvårar beslut om optimalt utbytesschema. I kombination med att förfarandet även kräver särskilda verktyg påverkas användarvänligheten negativt.

### 7.2.2 Papperssäck för uppsamling av spån

Modellen Kombiaggregat 500 EX är en produkt ÅSS i dagsläget undviker att marknadsföra och sälja på grund av att den inte speglar den kvalitet de vill leverera. Följaktligen har inga observationer på denna specifika enhet kunnat genomföras. Genom samtal med erfaren personal inom ÅSS har dock brister identifierats vid säckhanteringen.

Säckbytet på Kombiaggregat 500 EX försvåras av papperssäckens centrala placering ungefär 1300 mm över golvet i utrymme B och dess fastspänning med en klämhylsa. Den höga placeringen utesluter användning av säckkärra, vilket tvingar användaren att manuellt hantera den tunga (20-30 kg) säcken. Det leder till uppenbara ergonomiska brister och risk för dammspridning ifall säcken går sönder.

Observationer på andra modeller har kunnat utföras. Dessa modeller har en säckkärra vilket möjliggör en ergonomisk transport av säcken. Säckbytet på dessa enheter innefattar att en ny säck monteras på kärran och placeras i botten. Därefter används en tryckanordning för att skapa en tät anslutning mot den övre del. En nackdel som ÅSS identifierat är att kunder ibland forcerar säckkärran, detta leder till att tryck-

mekanismen skadas. Dessutom kan bortkopplingen av den fyllda säcken leda till dammspridning och därmed innebära en hälsorisk för användaren liknande den vid filterbyte.

### 7.2.3 Automation

Vid tillägg av automatikskåp styrs Kombiaggregat 500 EX av ett skåp där man samlar all elektronik vid sidan om produkten. I nuläget behöver skåpet installeras och konfigureras av behöriga elektriker. Syftet med automatikskåpet är att samla säkringar och styrenheten på ett ställe. Säkringarna visar om något problem uppstått med en viss del av systemet. Systemet utgörs av både skåpet men även ventilationssystemet. Installation och konfiguration tar både lång tid och är kostsamt i förhållande till Kombiaggregat 500 EX. Förutsättningar för att översätta felmeddelanden är i nuläget svårt utan hjälp av ÅSS. Huvudproblemet är ett kompetens- och informationsgap i styrning av enheten. Detta gap behöver överbryggas med hjälp av visning av tydlig information och anpassade gränssnitt.

För att förbättra energieffektivitet, driftsäkerhet och reglerbarhet ska den uppdaterade versionen av kombiaggregatet utrustas med en EC-motor med en direktdriven fläkt. EC-motorer har inbyggd styrning som möjliggör variabel hastighetsreglering, vilket optimerar energiförbrukningen utifrån aktuellt behov. Detta leder till lägre driftskostnader och minskad miljöpåverkan.

### 7.2.4 ÅSS identitet

ÅSS Processventilation AB är ett företag med lång erfarenhet inom sin bransch. Deras kontor är baserat i Kungälv och de har större delen av tillverkningen i deras egna lokaler. Deras produkter kan idag återfinnas i en mångfald av branscher. I deras logotyp återfinns en lite mörkare, klar, blå och vit färg och deras produkter är utformade med funktionalitet som högsta prioritet.

*Erfarenhet, kunskap och service* är deras ledord och deras vision är *renare luft* för en *bättre arbetsmiljö*. För att garantera kvaliteten hos deras produkter har de återförsäljare och servicetekniker över hela Norden. Med fokus på service erbjuder de utöver platsbesök även hjälp över telefon och de har ett anläggningsregister för att komma ihåg varje kund.

Utöver detta är deras vision även att tänka hållbart. De ska i alla led verka för att förebygga och minimera eventuell miljöpåverkan och effektivisera resursanvändningen genom materialval och att engagera samtliga i företaget i miljöarbetet. De ska även ta ansvar för eftermarknaden.

## 7.3 Analyser av dagens EX 500 Auto

För att avgöra vilka delar som bör prioriteras vid en omkonstruktion användes flera analysmetoder. Metoderna hjälpte till att identifiera komponenter som är viktiga

att se över och fungerade också som stöd vid framtagning av olika lösningsförslag. Hur observationen av detta gick till går att läsa om i avsnitt 5.1.3.

Vid analysen av det befintliga kombiaggregatet kartlades samtliga moment som krävs vid byte av förfilter och säck. För att få en tydlig överblick över arbetsförloppet upprättades en detaljerad HTA-analys, se bilaga D för en grafisk framställning av analysen.

Resultatet visar att ett förfilterbyte omfattar 39 moment, medan ett säckbyte kräver 19 moment. Med utgångspunkt i detta bör det nya konceptet utformas med målsättningen att minska det totala antalet moment. Två moment identifierades som särskilt tidskrävande vid förfilterbytet: monteringen av skakringen till klämhylsan i utrymme A samt de fyra repetitiva momenten som krävs för att avlägsna luckan till samma utrymme.

### 7.4 Form & uttryck



**Figur 7.1:** Moodboard - Moodboard skapades med bilder från Unsplash (Unsplash, u. å).

Den framtagna moodboarden, se figur 7.1, ska uttrycka en känsla av verkstadsarbete som är gediget och professionellt med en kombination av tradition och nytänk.

De semantiska orden som ska förmedla kombiaggregatets känsla är *trygghet*, *effektivitet*, *precision* och *medvetenhet*. I följande underpunkter ges en utförligare beskrivning av bakgrunden till varje ord och vad det betyder för färg- och formgivning av produkten. Vissa riktlinjer från de olika orden står i kontrast till varandra vilket kommer leda till att de alla inte kommer kunna appliceras i den slutgiltiga designen. Nedan ges även exempel på företeelser i användning och funktion som bidrar till

förmedlingen av känslan, då semantiken handlar om mer än enbart det visuella.

### **Trygghet**

Ordet *trygghet* handlar om att kombiaggregatet ska upplevas som pålitligt, stabilt och vara en produkt man kan lita på. Produkten kommer från ett väletablerat företag med lång erfarenhet inom marknaden vilket uttrycket också ska gå i linje med. För att fånga en känsla av trygghet i designen ska den vara lugn och inte rörig. Varmare toner och mjuka lågkontrastfärger är att föredra som dov blå, varm grå och skogsgrön. Vad gäller form skulle det innebära rundade hörn, symmetri och inga vassa kanter, framför allt på delar som användaren ska interagera med. Vid användning uttrycks trygghet genom tysta gångjärn och mjuk stängning, tydliga avgränsningar, gröna bekräftelseindikationer och inga blinkande indikationer.

### **Effektivitet**

Det här ordet valdes eftersom produkten är utformad för att snabbt och pålitligt utföra sitt syfte. Den hjälper användaren att spara tid och uppnå resultat utan onödiga hinder. Här handlar det mer om funktionalitet i färggivningen, med en färg som kontrasterar mot en lugnare bakgrundsfärg kan man aktivera och guida användarens blick. Samma tänk kan appliceras för formen men kan även uttryckas genom en tunn profil, raka linjer och fokuserade flöden. Vid användning föredras interaktion med komponenter i ögonhöjd, fack/dörrar som är tydligt märkta och en sammansättning som inte är rörig.

### **Precision**

*Precision* handlar om att systemet känns professionellt, har hög standard och att ordning råder. Ordet speglar en hög grad av noggrannhet och kvalitet, vilket är centralt för användarens förtroende och effektivitet i användningen. För att uttrycka precision används neutrala och rena färger. Kanter är exakta, 90 gradiga hörn och olika zoner är tydligt separerade. Formerna ska vara gjord på ett sätt så att skuggor inte täcker funktioner.

### **Medvetenhet**

*Medvetenhet*, handlar om att användaren ska känna att alla komponenter och val i formgivningen har sitt eget syfte. Inget är lämnat åt slumpen utan det är ett genomtänkt system. Förslag på färger är grafitgrå eller djupblå med accenter i gult eller turkos. Med en harmonisk formstruktur med en balanserad blandning av runda och kantiga former stärks känslan. Placering av komponenter bör vara intuitiv och medge visuell vägledning, till exempel med färg vid funktion.



**Figur 7.2: Expressionboard** - Bilder skapade genom AI-generering (Chat GPT-4.0, 2025-05-13, se bilaga R) samt bilder hämtade från: Unsplash (contributors, u. å), och ÅSS Processventilation (Processventilation, u. å).

I expressionboarden, figur 7.2, har bilder valts för att representera och kommunicera kombiaggregatets utformning. För *form* har en maskin som är kompakt, stabil och utan vassa kanter valts. En karbinhake står som metafor, den är smidig, pålitlig, varit med länge och gör det jobb som efterfrågas. För material har en bild på dagens lösning bifogats då sammansättningen av material kommer förbli densamma. Färgskalan är delvis baserad på de slutsatser som togs för den semantiska ordskalet. Lugna färger som kommer gå väl tillsammans med den blå ÅSS har i sin grafiska profil och även det ljusa träet som går att återfinna i många verkstäder. Artefakten är en bit pyrit, delvis fast i en annan typ av sten. Den är vald som artefakt för en representation av att vara naturnära men samtidigt robust, kantig och av ett högt värde.

# 8

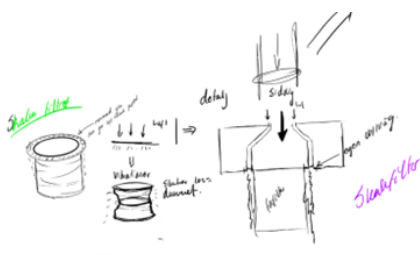
## Redesign

### 8.1 Designförslag och koncept

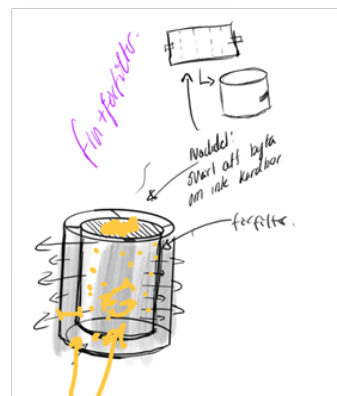
Olika designkoncept har utvecklats. Målet med dessa koncept är att förbättra funktion, effektivitet, servicevänlighet och ergonomi, samtidigt som hänsyn tas till praktiska och tekniska begränsningar. Varje koncept utgår från olika tekniska lösningar och principer för filtrering och hantering av spån och damm. Nedan presenteras tre valda koncept, deras funktion och utformning.

#### 8.1.1 Koncept 1 - Uppgradering av nuvarande maskin

Konceptet har utformats med utgångspunkt i att behålla så många av de befintliga komponenterna som möjligt från den nuvarande lösningen. Fokus har legat på att uppgradera de huvudproblem som identifierats. En förändring är att finfiltret ska omsluta förfiltret för att förminska stoft på oönskade platser, se figur 8.2. I figur 8.1 visas den anordning som används för att rengöra filtret i detta koncept. Det sker genom ett återinförande av luft från motorn genom ett perforerat material som blåser rent filtret i vertikal riktning. Förfiltret är monterat i en kassett som vilar på en skena som kan dras in och ut. Vidare har ergonomin adresserats vid hantering av uppsamlingskärl. Lösningen innebär att använda bottenplattan i utrymme B tillsammans med luckan till samma utrymme. De kombinerades till en utfällbar ramp vilket illustreras i bilaga I. När rampen fälls ut möjliggörs en enkel och ergonomisk in- och utrullning av säckkärnan.



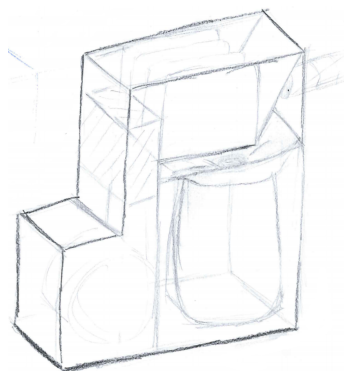
Figur 8.1: Skiss - Koncept 1



Figur 8.2: Skiss - Koncept 1, filter

### 8.1.2 Koncept 2 - Påsfilterkonfiguration

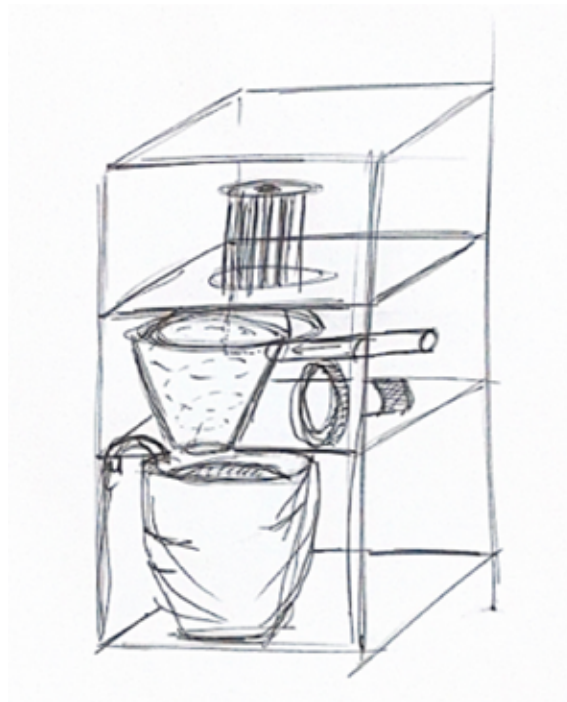
Nästa koncept bygger på användning av DriPak:s påsfilter. Inloppsluften kommer in från höger i figur 8.3. Luften leds initialt mot en snedställd vägg som styr luft och spån nedåt. Mycket av stoftet faller ned i säcken när luftflödet vänder uppåt och går vidare in i påsfiltret. Därefter leds luften åter nedåt genom ett EPA-filter, innan den slutligen passerar genom motorn som är placerad längst ned till vänster i kombiaggregatet. Uppsamlingen av spån sker med säck och transporteras med en säckkärra. Filtrena rensas genom en automatisk skakmotor som gör att partiklarna faller ned i säcken. Konstruktionen innehåller två separata serviceluckor. Den ena ger åtkomst för byte av säck, medan den andra luckan är anpassad för filterbyte. Påsfiltret hålls på plats av en kassett vilandes på en metallskena som är anpassad för att enkelt kunna skjutas in och ut vid byte.



Figur 8.3: Skiss - Koncept 2

### 8.1.3 Koncept 3 - Cyklonkonfiguration

I konceptet är ett cyklonfilter implementerat istället för tygfilter. Luften med spån och damm förs in tangentiellt i cyklonen där partiklar separeras. Den största andelen stoft leds ned i en säck placerad i enhetens nederdel. Säckens täta anslutning mot planet, i kombination med en säckkärra och ett rör som utjämnar tryckskillnader mellan säckens in- och utsida, förhindrar att säcken suggs upp av luftflödet från motorn. Cyklonens utlopp är placerat i toppen, där ett rakt rör används för att minska turbulensen i luftflödet innan det når EPA-filtret. Detta bidrar till att öka filtreringseffektiviteten. EPA-filtret är monterat i en modulär kassett som gör det enkelt att byta vid behov. Trycksensorer är placerade före och efter filtret för att möjliggöra kontinuerlig övervakning av tryckfall och indikera när filtret börjar sättas igen av partiklar. Efter EPA-filtret passerar luften genom motorn, som är placerad i höjd med cyklonen, innan den slutligen återförs till rummet via kombiaggregatets utblås. För att underlätta service och underhåll är skåpet utrustat med tre separata dörrar som ger åtkomst till respektive del av systemet. Se figur 8.4



Figur 8.4: Skiss - Koncept 3

## 8.2 Fastställning av koncept

Konceptutvärderingsmatrisen gav följande poäng:

- Koncept 1: 162 poäng
- Koncept 2: 183 poäng
- Koncept 3: 206 poäng

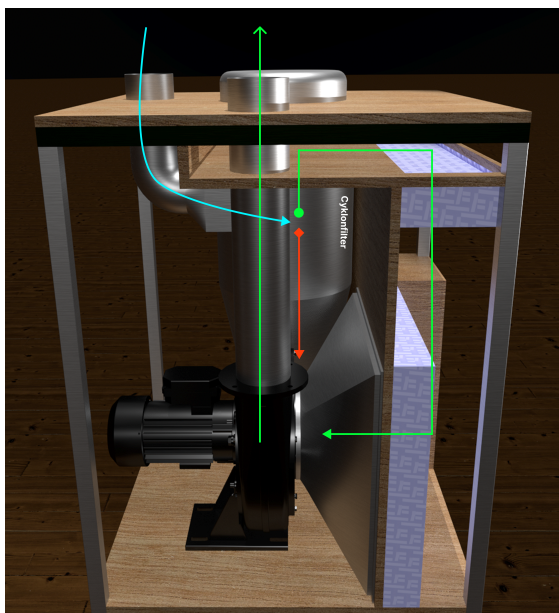
Koncept 3 valdes för vidareutveckling eftersom den erhöll högst poäng och i samråd med ÅSS. Se bilaga L för bedömning av individuella krav och önskemål.

## 8.3 Slutkonceptet

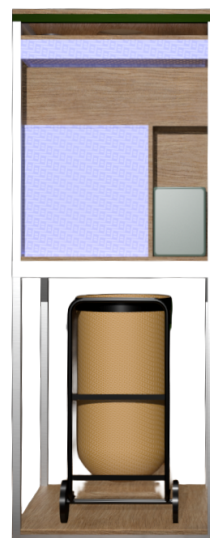
Slutkonceptet blev en vidareutveckling av koncept 3. Det skiljer sig genom implementeringen av ett panelfilter i tillägg till EPA-filtret. Vidare har layouten blivit annorlunda, exempelvis är att EPA-filtret har flyttats för att göra kombiaggregatet mer platseffektivt. Konstruktionen i slutkonceptet innefattar inte det rör som i koncept 3 avsågs förhindra att säcken suggs upp, vilket har lösts genom en separat placering av motor och säck. Trycksensorer för indikering av filterlivslängd är inte inkluderade i slutkonceptet. Antalet dörrar i slutkonceptet uppgår till två. Explosionsavlastningen från det nuvarande kombiaggregatet återanvänds, men har blivit flyttad till toppen.

### 8.3.1 Inre layout

Skåpet är uppbyggt av två huvudsakliga utrymmen. I det undre utrymmet är säcken placerad, dit spånorna kommer från cyklonfiltret. I det övre utrymmet är cyklonfiltret placerat centralt. Jämfte cyklonfiltret är motorn placerad. Ovanför cyklonfiltret finns ett utrymme för transport av utluften till finfiltret. Kravet där var att utrymmets höjd behövde vara hälften av diametern på utloppet från cyklonfiltret, vilket blir 80mm. Efter finfiltret är EPA-filtret placerat. Slutligen leds luften in i motorn för att sedan återföras till lokalen genom ett vertikalt rör, via toppen av skåpet, se figur 8.5. Röret för utluften är placerat parallellt med röret till inluften. Automatiskåpet bakom displayen sitter i ett eget damsäkert utrymme jämte filterna, framtill i skåpet, för enkel åtkomst se figur 8.6.



Figur 8.5: Luftflöde



Figur 8.6: Insida, vy framifrån

### 8.3.2 Cyklonfilter

Det framtagna cyklonfiltrets dimensioner kan ses i tabell 8.2 samt figur 8.7. Parametrarna som optimerades utefter målparametrarna kan ses i tabell 8.1 och de optimerade målparametrarna samt deras slutgiltiga värden kan ses i tabell 8.2. Den framtagna cyklonens separationseffektivitet i relation till partikelstorlek kan ses i figur 8.8. Som referens har en röd linje dragits vid effektiviteten för 50 procents avskiljningsgrad. Detta värde benämns även  $d_{50}$  och är för den framtagna cyklonen  $17 \mu\text{m}$ .

**Tabell 8.1:** Resultat av parametrar som optimerades utefter målparametrar.

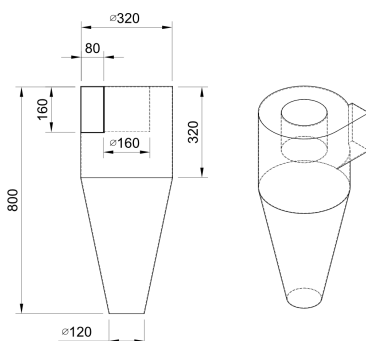
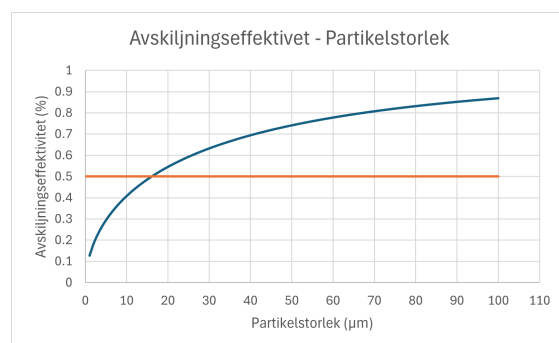
Parameter	Typ	Resultat
$D$	Kontinuerlig	320 (mm)
$H_{cyl\_factor}$	Kontinuerlig	1.0
$H_{cone\_factor}$	Kontinuerlig	1.5
Vortex_insert_factor	Kontinuerlig	0.5

**Tabell 8.2:** Resultat av variabla indata och härledda dimensioner efter oprimering

Parameter	Uttryck / Källa	Resultat
$H_{cyl}$	$D \cdot H_{cyl\_factor}$	320 (mm)
$H_{cone}$	$D \cdot H_{cone\_factor}$	480 (mm)
$H_{total}$	$H_{cyl} + H_{cone}$	800 (mm)
$W_{inlet}$	$0.25 \cdot D$	80 (mm)
$H_{inlet}$	$0.5 \cdot D$	160 (mm)
$D_{vortex}$	$0.5 \cdot D$	160 (mm)
$L_{vortex}$	$D \cdot \text{Vortex\_insert\_factor}$	160 (mm)
$D_{dust}$	$\max(0.25 \cdot D, 120)$	120 (mm)

**Tabell 8.3:** Resultat av målparametrar efter genomförd optimering.

Parameter	Mål	Resultat
$\eta$	Maximera	Avskiljningsgrad vid $10 \mu\text{m} = 40.83 \%$
$\Delta P$	Minimera	Tryckfall över cyklonen (Pa) = 1010.71 Pa
$v_{inlet}$	$\geq 20 \text{ m/s}$	Inloppshastighet = 17.34 m/s

**Figur 8.7:** Cyklon dimensioner**Figur 8.8:** Avskiljningseffektivitet

### 8.3.3 Utsida

#### Estetik

Den nya modellen av kombiaggregatet är mörkgrön med en avbildning av en cyklon på fram- och högersidan i samma kulör men ljusare ton. Enheten har två dörrar med en tunn delningslinje. Delningslinjen tar inspiration från produkten *Maxivents* formspråk. I delningslinjen fästs två stycken handtag. Linjens profil återfinns även på formen av den nedre kanten. Se figur (2.1).

#### Färgsättning

Produktens färger blev ett resultat av att den skulle passa in hos målgruppen: mindre snickerier och ramverkstäder. Färgerna skogsgrön och grafitgrå valdes som ett resultat av det som presenterades i avsnitt 7.4 där alla olika metoder vägdes samman.

### 8.3.4 Service

#### Öppning

Kombiaggregatets övre lucka som ger tillgång till fin- och EPA-filtren öppnas genom att trycka in en knapp och dra i ett integrerat handtag i luckans nederkant som fungerar som ett barnlås och förhindrar obehörig åtkomst. Efter det roterar luckan på ett gångjärn och tillgång till filtren ges för service.

Kombiaggregates nedre lucka som ger tillgång till säcken öppnas genom att dra i ett integrerat handtag i högra övre hörnet av luckan. Efter det roterar luckan runt ett gångjärn och tillgång till säckbyte möjliggörs.

#### Byte av säck

Säcken står på en säckkärra som trycker upp den mot överdelen, vid byte trycks en pedal ner som gör att säckens låsning mot överdelen lösgörs och det går att rulla ut säckkärnan. Därefter försluts säcken och slängs på avsedd plats. En ny säck monteras på kärnan och tidigare omnämnda steg görs i omvänd ordning.

#### Byte av finfilter

Filtret är av typen panelfilter och är monterat i den övre delen av kombiaggregatet. Byte av filtret sker genom serviceluckan på skåpets framsida. För att demontera filtret dras det ut ur skåran den sitter i och det nya filtret sätts tillbaka på samma plats.

#### Byte av EPA-filter

EPA-filtret är placerat i en skåra för att guida filtret rätt vid placering. Filtrets nederdel placeras på plats och vinklas sedan upp och klickas fast. Klickfunktionen

är så pass stark att filtret sitter stabilt men att det lossnar lätt då användaren böjer ut det igen för avlägsnande.

### 8.3.5 Uppfyllnad av krav

I tabell 8.4 visas kravlistan, de krav som är bemötta markerade med grönt.

**Tabell 8.4:** Kravlista - Redesign

Krav	Mätvärde	Viktning
Kombiaggregat ska kunna hantera damm och spånstorlekar som produceras i en träverkstad	0 mm - 120 mm	K
Erforderlig sugkraft ska genereras för att utföra en uppgift i taget	800 m <sup>3</sup> /h	K
Damm och spån ska förvaras	30-60 liter	K
Slang ska kunna direktanslutas till kombiaggregat	Tillåta standardmått på slang	K
Kombiaggregat ska kunna anslutas till rörsystem	Tillåta standardmått på röranslutning	K
Kombiaggregat ska kunna passera genom en standarddörr	900x2100mm (BxH)	K
Ingen elinstallation ska krävas hos kunden	Direktanslutning till tre fas	K
Interna funktioner ska automatiseras	Bättre än nuvarande	K
Kunden ska kunna utföra byte av filter, säck och rengöring av enheten på egen hand.	<15 minuter	
Fläkten ska vara direktdriven och drivas med frekvensdrift		K
Explosionsskyddade komponenter ska användas i explosionsklassade utrymmen	<Zon 21	K
Start via potentialfri kontakt eller startknapp		K
EPA-filter ska användas	Filterklass E12	K
Kombiaggregat ska tillåta återföring av luft till lokalen	99.5% renhetsgrad	K

*Fortsättning på nästa sida*

Krav	Mätvärde	Viktning
Felmeddelanden ska kommuniceras	Fel kommuniceras inom 10s från att felet uppstår. Felet kan tolkas inom en minut.	K
Automatisering ska ske via en Schneiderriktare		K
Obehörig åtkomst ska begränsas	Specifika verktyg krävs	K
<b>Krav gällande filter</b>		
Arbetshöjden vid byte av filter ska anpassas för individer inom 95%-ilen	<170 cm	Ö1
Minimera dammspridning vid filterbyte	Bättre än nuvarande	Ö1
Minimera dammspridning inuti kombiaggregat	Bättre än nuvarande	Ö1
Byte av filter ska inte medföra att delar avlägsnas från kombiaggregat		Ö1
Minimera behov av verktyg vid byte av filter		Ö1
<b>Krav gällande spånuppsamlingskär</b>		
Spåntoppar ska undvikas	Bättre än nuvarande	Ö1
Arbetshöjden vid tömning av spånuppsamlingskär ska anpassas för individer inom 95%-ilen	<100 cm	Ö2
Tömning av spånuppsamlingskär ska inte medföra tunga lyft	Max vikt 10-20 kg	Ö2
Minimera dammspridning vid tömning av spånuppsamlingskär	Bättre än nuvarande	Ö2
Felhantering vid tömning av spånuppsamlingskär ska motverkas		Ö1
<b>Generella krav</b>		
Buller ska begränsas	<70 dB	Ö1
Minimera antalet icke nödvändiga löstagbara komponenter	Bättre än nuvarande	Ö2
Kombiaggregatets genomgående beståndsdelar ska vara demonterbara	Bättre än nuvarande	Ö1
Kombiaggregat ska ha en display		Ö3

*Fortsättning på nästa sida*

Krav	Mätvärde	Viktning
Kombiaggregat ska motverka förflyttning utan intention		Ö1
Går att använda befintliga produktionsmetoder		Ö1

Ett krav och två önskemål är inte grönmarkerade, ”Slang ska kunna direktanslutas till kombiaggregat”, ”Spåntoppar ska undvikas ” och ”Buller ska begränsas”. Det är en följd av ett aktivt val att inte prioritera dessa. Mer om modularitet, vilket påverkar motiveringen till enkel slanganslutning, berörs i diskussionen i avsnitt 9.1.1. I avsnittet diskuteras även en potentiell lösning för att motverka spåntoppar.

### 8.3.6 Modularitet

Redesignen resulterade i ett utforskande av modularitet. Modularitet har integrerats i lösningen genom att skåpet delats upp i två delar. Ena delen med uppsamling och den andra med samtliga tekniska aspekter. Resultaten blir ett LEGO-liknande system där överdelen alltid produceras på samma sätt medans nederdelen kan produceras i olika höjder. De olika höjderna på nederdelen skapar möjlighet att ha olika storlek på uppsamlingskärl. Denna aspekt resulterar i att höjden av produkten beror på storleken av uppsamlingskärl som kunden behöver och visas i figur 8.9.



Figur 8.9: Samma överdel med olika stora underdelar

### 8.3.7 HTA

Det nya kombiaggregatet minimerade antal moment som krävdes. Det resulterade i att noll moment vid förfilterbyte och säckbyte krävde tolv moment. Se bilaga D.



# 9

## Diskussion

Diskussionen reflekterar över projektets måluppfyllelse, samt identifierar förbättringsområden. Metodval och genomförande granskas för att förstå deras inverkan på resultatet. Genom att dra lärdomar från styrkor och svagheter skapas en stabil grund för framtida förbättringar.

### 9.1 Slutprodukt

#### 9.1.1 Användarvänlighet

En central del i projektet har varit att öka användarvänligheten och utforska möjligheten till enklare handhavande. De designval som tagits för den nya modellen har alla grundats i detta. Nedan diskuteras olika moment som berör användaren.

##### Filterbyte

I dagens kombiaggregat innebär bytet av respektive filter ett krångligt moment. Delar måste plockas bort och användaren måste sträcka sig långt in i skåpet för att kunna utföra vissa moment. Det hela innebär en process som inte är ergonomisk och ger en känsla av att konstruktionen inte är helt genomtänkt. Användaren utsätts också för fina partiklar och rekommendationen att använda munskydd är något som inte alla efterföljer, enligt observationer.

Att använda cyklonfilter som förfilter istället för tygfilter kommer med många fördelar. Cyklonfiltret är inte en förbrukningsvara och generellt sett underhållsfritt. Utöver att användaren då slipper den mödosamma processen att byta förfilter så leder det även till minskad exponeringen av partiklar gentemot användaren. Detta då användaren inte behöver interagera med innanmätet av skåpet i samma utsträckning som om ett tygfilter används. En potentiell nackdel är dock att cyklonfiltrets dammutlopp kan sätta igen ifall partikelstorleken överskrider diametern på utloppet och det kan medföra ett annat servicebehov som hittills är outforskat.

Genom att ersätta de två patronfilter som återfinns i dagens lösning med ett panelfilter minskar antalet handlingar för att byta filter. På grund av panelfiltrets form och placering blir momenten av bytet färre och enklare för användaren. Detta då panelfiltret vilar på skenor i en mer lättåtkomlig position i skåpet. Färre moment återfinns i det nya filterbytet då ingen dörr behöver avmonteras och monteras samt att ingen innervägg behöver tas bort.

EPA-filtret är ett nytt tillägg som medger en funktion som tidigare lösning inte haft. EPA-filtret är även det placerat i framkanten av skåpet och utformat som en panel som ska skjutas in framifrån, allt för att medge ett smidigt byte. EPA-filtret möjliggör att ren luft kan återföras till lokalen och inget ingrepp behöver då göras på exempelvis fasaden för att leda bort förorenad luft. Utöver att filtret är enkelt att byta så har EPA-filtret en lång livslängd och behöver alltså sällan bytas.

### **Säck och säckbyte**

Byte av säck hos dagens Kombiaggregat 500 EX var ett moment där gruppen identifierade en stor utvecklingspotential. En stor del av problematiken med dagens lösning var att säcken var placerad i mitten av skåpet i utrymme B, se figur 3.1. Placeringen föranledde tunga, oergonomiska lyft för användaren vid avlägsnande av säcken från skåpet. ÅSS egna lösning i form av en säckkärra, som medger både enkel tätning och förflyttning av säcken, används idag för majoriteten av deras produkter med säck. Att utforma kombiaggregatet för att tillåta användning av denna även här var ett naturligt beslut. Det gör lösningen mer ergonomisk och förenklar och guidar användaren vid byte av säck. Som säckkärran ser ut idag innebär det dock att utrymmet för säcken blir högre än i dagens kombiaggregat. För att motverka detta hade det varit aktuellt att kolla på värdet i att utveckla en kortare modell av kärra.

Alternativet till papperssäck är longopac. Med longopac skulle risken för dammspridning vid byte minska avsevärt. Man kan även välja när man vill tömma säcken utan att slösa på säck, till skillnad från vid användning av papperssäck då tidigare byte innebär användning av flera säckar som alltid har samma storlek. Nackdelen med longopac är att det är en produkt som inte finns i deras sortiment idag och skulle göra att denna lösning inte går lika mycket i linje med deras andra modeller. Vidare är plastsäck inte ett lika miljövänligt alternativ som papperssäck och går emot de behov som världen ställer på ett högre hållbarhetstänk.

Ett tredje alternativ är ett kärl eller någon bredare typ av säck. Denna med dimensioner som närmar sig de yttre väggarna av kombiaggregatet. Det skulle optimera användningen av utrymmet och uppsamlingen skulle kunna vara lägre utan att kompromissa volymen. Det skulle innebära en lösning som är både lägre och vars säck inte behöver bytas så ofta.

### **Spåntoppar**

Problemet med spåntoppar identifierades tidigt i projektet. Oavsett uppsamlingsmetod innebär ett överfullt uppsamlingskärl en risk för dammspridning vid byte av detta. För att motverka spåntoppar krävs någon typ av indikation på när säcken börjar bli full. Dagens lösning med en optisk fotocell ger en indikation men den kommer i många fall försent. Problematiken med sensorer i systemet är ojämna spåntoppar och den diskontinuerliga tillströmningen av spån och damm. Att mäta specifika och definitiva avstånd blir därför svårt. Ett alternativ är att applicera en

våg i systemet för att utgå från säckens vikt istället. Genom att konfigurera skåpet efter den typ av spån som förekommer i en verkstad kan man beräkna ungefär hur mycket säcken kommer väga när det är dags för byte. En våg gör det även möjligt att sätta en maxvikt på säcken för att begränsa tyngden vid byte.

## Plug & Play

En central del av projektet var att integrera Plug & Play. Detta ställde även krav på en tydlig definition av vad det innebär i just det här projektet. Den enklaste definitionen är att alla funktioner aktiveras efter anslutning till strömkälla. Men för att verkligen möta begreppet, ”anslut och kör”, breddades definitionen. Olika användare kommer använda kombiaggregatet i olika situationer; olika frekvent och för olika typer av spån. Genom att konfigurera automationsskåpet i fabrik efter användarens behov behöver inget göras vid själva installationen. För dagens lösning är luften inte tillräckligt ren för att släppas ut inomhus vilket leder till att ett utlopp måste installeras. Genom att integrera ett EPA-filter medges luft tillräckligt ren för inomhusmiljö och samma ingrepp på fasaden behöver inte appliceras. Detta för lösningen närmare målet att kräva minimal hantering vid installation. Ett krav vid installation som motstrider genomgående ”Plug & Play” är det omfattande rörsystemet i taket. Detta bidrar emellertid med en funktion utanför kombiaggregatets egna syfte, att medge utbredning av centralsugssystemets inlopp, något som är ett utbrett koncept bland ÅSS produkter. Det har därför valts att inte tas med i definitionen. Diskussioner har däremot förts angående flyttbarhet av skåpet, vidare om det under nästa rubrik **Modularitet**. Utifrån den satta definitionen och ovan nämnda punkter anses därför målet med Plug & Play vara uppnått.

## Modularitet

Ett av de sista besluten angående kombiaggregatets komponenter var huruvida det skulle ha hjul eller inte. Längre var frågan endast om vilka hjul det skulle ha. Fördelen med hjul hade varit att kombiaggregatet kan flyttas mellan rum och kopplas upp till fristående maskiner. Det skulle även underlätta vid installation. Beslutet att inte integrera hjul i lösningen baserades på flertalet faktorer. Kombiaggregatet är inte en produkt framställd för att vara en mobil enhet; att ta designbeslut som då förspråkar detta ger ett förvirrande uttryck. Det skulle då inte gå i linje med den pålitlighet och medvetenhet som eftersträvats efter den semantiska ordskalan. Utöver detta är kombiaggregatet en stor produkt, även om den har hjul skulle den var klumpig och tung att förflytta. Med många inre komponenter och den höga designen finns även risk för att förslitning och att den välter. Är den dessutom kopplad till ett rörsystem i taket, vilket är den huvudsakliga tanken, skulle frigivning och fastsättning till detta, vilket sker ovanpå skåpet, vara ett krångligt moment med höga krav på att det sker korrekt för att det ska sluta tätt.

För att underlätta vid frakt och installation finns däremot alternativet att själva enheten är modular. Kombiaggregatet har en naturlig uppdelning med två delar, det undre utrymmet för säcken och det övre utrymmet för övriga komponenter. Även om det största tyngden fortfarande är placerad i en av dessa delar, den övre,

skulle modulariteten innebära delar som både väger mindre men framförallt har en storlek som är lättare att flytta. Det blir därmed också ett svar på att den nya lösningen har större yttre dimensioner än nuvarande modell. Med flera delar skulle kombiaggregatet trots det ändå vara lättare och förflytta.

### Rör

Alternativen för inlopp ansågs vara ovanifrån eller från sidan. Bakifrån är inte ett alternativ då kombiaggregatet ska stå mot väggen och framifrån var inte ett alternativ då framsidan ska vara öppningsbar för att medge tillgänglighet till de inre komponenterna.

Att ha ett inlopp från sidan är ett naturligt alternativ då inloppet till cyklonen är horisontellt. Däremot kommer luften från ett rörsystem i taket och kommer oavsett lösning gå från ett vertikalt läge till det horisontella. Att montera den svängen inom skåpet tillåter placering av skåpet i utrymmen med väggar och andra föremål på båda sidor om kombiaggregatet. Det ger också ett renare uttryck. Däremot hade ett inlopp på sidan varit mer lättillgängligt vid installation och även vid byte av inloppsrör om lösningen hade varit flyttbar. I och med att en flyttbar lösning inte ses som aktuell och installation endast sker en gång har denna aspekt däremot inte vägt tillräckligt tungt för att tas i beaktning.

### Display

Displayen är ett digitalt inslag i en annars robust och statisk maskin. Förutom att displayen ska vara lätt att använda måste den därför möta de förhållanden och förväntningar som kommer från att vara i en verkstad. I enkätsvar uttrycktes åsikter som antydde på ett motstånd till en maskin som lägger fokus på mer än att sköta uppgiften (att suga upp damm). Viktigt har därför varit en gränssnitt som är *rakt på sak*, användaren ska se och kunna uppskatta funktionerna i realtid. Detta uttryck har eftersträvat genom tydliga knappar, indikationer och varningar. En balans mellan high-tech och enkelhet har eftersträvat.

För att möta en målgrupp med olika erfarenhet av digital gränssnitt, seende och finmotorik har displayen utvecklats med stora knappar, genomtänkta meddelanden och medvetna färg och form val.

### 9.1.2 Estetik

I 7.4 definierades flera riktlinjer för presentation av uttrycket, varav många motstrider varandra. Orden *Trygghet*, *Effektivitet*, *Precision* och *Medvetenhet* från den semantiska ordskalan kontrasterar varandra genom att till exempel förespråka antingen mjuka eller hårda kanter. Arbetet med uttrycket har därför strävat efter en balans som möter och förmedlar essensen för samtliga.

Den gröna tonen är menad att förmedla en känsla av stabilitet och trygghet. Ett intryck som ska förstärkas med avtrubbade hörn och undvikande av skarpa linjer. För

en medveten design är formen symmetrisk, handtag är satta vid delningslinjen och en balans mellan runda och raka former har eftersträvats. För att förstärka känslan av effektivitet är handtaget satt vid färglinjen. För precision återfinns den skarpa färglinjen på kombiaggregatets överdel.

Med den gröna färgen återfås en naturnära känsla i linje med de träverkstäder med många inslag av trä som produkten kommer återfinnas i. Den metalliska färgen låter enheten möta det industriella.

ÅSS önskemål om att den nya produkten ska lägga grunden för en ny produktserie har också tagits i beaktning. Genom att avbilda formen av en cyklon i en annan nyans av grön på kombiaggregatets ovansida har enheten fått en unik detalj. Flera modeller från samma produktserie kommer därmed enkelt att kunna relateras till varandra. Genom att behålla formen av ett rätblock har samtidigt grundtrycket från de produkter som ÅSS har idag behållits. Det tillsammans med en nederkant inspirerad av *Maxivents* karakteristiska linje knyts uttrycket av ÅSS identitet och önskemål samman.

### 9.1.3 Konstruktion och tekniska principer

Målet med kandidatarbetet var att skapa en färdig prototyp för Åss. Tanken med denna var att ÅSS skulle utvärdera och eventuellt vidareutveckla det valda konceptet genom användartester. Detta för att produkten, förhoppningsvis, slutligen skulle sättas i produktion. Någon prototyp byggdes aldrig. Tidsramen blev för snäv då gruppen redan mist sex veckor i början av projektet. Däremot är alla ritningar och layouter klara. Med hjälp av dessa sätts en stabil grund för hur slutprodukten bör se ut inför de fysiska användartester som nu bör genomföras.

Det tekniska systemet är anpassat för mindre snickerier, ramverkstäder och träslöjdssalar. Detta då det är utformat som ett mer kompakt skåp gentemot övriga modeller hos Åss. Även motorn är mindre än på övriga modeller, vilket gör att skåpet är tänkt att bara användas, alltså vara igång, vid en maskin åt gången.

Sett till det nya konstruerade skåpet är det nu istället uppbyggt i två sektioner. En undre och en övre del. Dessa delar är i grunden två svetsade stålramar som ställs på varandra vid installation. För att sammanfoga dem används styrypinnar och spännhakar i hörnen. Dessa är monterade på insidan av skåpet för att skylas och inte vara ivägen och sticka ut.

Istället för ett konventionellt tygfilter som förfilter har ett cyklonfilter valts. Cyklonfiltret medför flertalet fördelar gentemot tygfiltret. Tygfiltret kräver byte och underhåll. Till tygfiltret finns även en skakmotor, som både är dyr och komplex, som ska skaka ner spåner som fastnar i filtret.

### 9.1.4 Produktionskostnad

Det nya kombiaggregatet uppskattas medföra en högre produktionskostnad jämfört med den befintliga lösningen. Projektgruppen har däremot inte genomfört någon utvärdering av denna prisökning. Kostnadsökningen uppskattas bero främst på längre cykeltider orsakade av det nya aggregatets mer komplexa formgivning. Dessutom bidrar nya komponenter, såsom den nydesignade och tekniskt avancerade displayen, också till en högre produktionskostnad. På sikt bör man se en minskad kostnad på grund av mer standardiserade processer och mindre servicekostnader kopplade till produkt och installation.

### 9.1.5 HTA jämförelse

Målsättningen som beskrevs i kapitlet 7.3 uppnåddes. Flera moment i det ursprungliga kombiaggregat kunde uteslutas tack vare den nya designen. Förfilterbyte som ursprungligen omfattade 39 moment kunde helt tas bort, i den nya lösningen krävdes inga moment alls. Detta resulterade i en stor tidsbesparing. Utöver det reducerades momenten vid säckbyte från 19 till 12 genom att ersätta de tidskrävande greppmuttrarna för att avlägsna luckan till säcken med handtag och gångjärn. Vilket inte bara snabbade på processen utan förbättrade även användarvänligheten, eftersom den inte längre behövs avlägsnas helt.

7.4 Form & uttryck

## 9.2 Genomförande

### 9.2.1 Förväntade leverabler

Initialt upplevde projektgruppen utmaningar med att greppa arbetets omfattning, då kombiaggregatet hade många potentiella förbättringsområden och ÅSS lämnade stor frihet i vad som kunde utvecklas. Denna öppna utgångspunkt möjliggjorde kreativitet och utforskande, men innebar samtidigt att nödvändiga avgränsningar gjordes sent i processen och ofta först under arbetets gång. Detta påverkade projektets effektivitet och gjorde att tid lades på att undersöka delar som senare visade sig vara mindre relevanta.

Ett tydligt exempel är arbetet med styrsystemet. Trots att integrationen av det analyserades, valdes detta område bort i samråd med ÅSS eftersom slutprodukten aldrig skulle nå det utvecklingsstadiet inom projektets ramar. I efterhand kan det konstateras att denna tid hade kunnat användas mer effektivt, till exempel på komponenter med större påverkan på slutresultatet. Detta belyser vikten av att tidigt i projektet definiera tydliga mål samt att kontinuerligt tillämpa kritiskt tänkande kring vad som är mest relevant att prioritera för att uppnå största möjliga värde inom givna resurser.

## 9.2.2 Användartester

Inkluderingen av användare i det här projektet har varit begränsad. En enkät skickades ut för att samla in lite kvantitativa åsikter. I kommunikationen med ÅSS delades även deras erfarenheter av vilka deras användare är och vad de behöver. På grund av den begränsade tiden har det inte funnits möjlighet till att göra mer genomgående användartester men det minskar resultatets kredibilitet. Vi anser däremot att beslut som tagits trots detta är tagna på en stabil grund. Då en del av huvudsyftet är att öka användarvänligheten och implementera Plug & Play har stort fokus legat på *guessability*; kombiaggregatet ska vara intuitivt att använda vid första tillfälle, oavsett användare. Då projektgruppen består av en samling individer med olika mycket teknisk erfarenhet, och ingen inom branschen, skulle en lösning som vi förstår vara en god indikation på att den medger god förståelse.

En del som hade varit givande att göra användartester på är displayen. Det handlar om ett gränssnitt med många olika funktioner och meddelanden. Här är projektgruppen i framkant av användarna, med mycket erfarenhet av digitala gränssnitt. Till exempel många ur en äldre användargrupp har inte samma erfarenhet och förståelse vilket är svårare för projektgruppen att sätta sig in i då många handlingar sker på automatik.

## 9.3 Samhälleliga och etiska aspekter

Riktlinjerna från ÅSS var inte uttryckligen i specifikt detta arbete betonade hållbar utveckling, valde projektgruppen att ändå integrera detta perspektiv i arbetet. I en tid där hållbarhet är en självklar del av produktutveckling ansågs det relevant att väga in ekologiska, sociala och ekonomiska aspekter vid utformningen av produkten.

Den ekologiska hållbarheten har främst kopplats till val av motor, styrsystem och filtreringsteknik. Den nya EC-motorn är mer energieffektiv än tidigare alternativ. Motorstyrningen har kompletterats med en frekvensomriktare, vilket möjliggjorde reglering av effekten efter behov och därmed ytterligare optimering av energianvändning. En annan aspekt som förbättrar den ekologiska hållbarheten är att förfiltret har uteslutits, vilket innebär både mindre avfall och färre materialbyten, ett steg mot en mer resurssnål produktanvändning. Det bör också nämnas att designen i sin helhet har utformats med underhåll och reparation i åtanke. Genom att möjliggöra utbyte av enskilda komponenter snarare än att hela produkten behöver ersättas, kan både avfall och resursanvändning minskas. För en mer detaljerad utvärdering av den ekologiska påverkan skulle det dock vara relevant att genomföra en systematisk hållbarhetsanalys i ett framtida skede.

Den sociala hållbarhetsaspektern kopplades till att användaren av kombiaggregatet får en förbättrad arbetsmiljö, eftersom den minimerar mängden partiklar som finns i deras arbetsmiljö. Dessutom är det nya kombiaggregatet bättre på att förhindra att partiklar samlas på fel ställen internt, det vill säga alla platser som är i ett filter eller i påsen och det gynnar arbetsmiljön ytterligare vid service. Utöver detta tillverkas kombiaggregatet i Sverige, vilket innebär att produktionen sker un-

der reglerade förhållanden med höga krav på arbetsmiljö och arbetssäkerhet. Det kan därför antas att arbetsvillkoren är socialt hållbara.

Den ekonomiska hållbarheten har varit svår att förhålla sig till, på grund av har varit en utmaning att analysera, eftersom målet med av projektet har legat på att göra om ett befintligt kombiaggregat. Snarare än att ta hänsyn till ÅSS kommersiella struktur. Ett konstaterande som kan göras är att de ekologiska och sociala perspektiven ger ekonomiska fördelar framöver. Det är exempelvis den lägre energiförbrukningen, minskat behov av underhåll och ökad livslängd för komponenter.

Samtidigt är det viktigt att reflektera över produktens roll i det större sammanhanget. Även om en ny version av kombiaggregatet kan vara mer hållbar, väcks frågan om det verkligen är nödvändigt att lansera ytterligare en modell på marknaden. Det finns risk att ständiga produktlanseringar leder till överkonsumtion snarare än långsiktig hållbarhet, vilket är en aspekt som faller utanför projektets ramar, men som ändå är relevant i ett bredare hållbarhetsperspektiv.

### 9.4 Utvecklingspotential

Cyklonfiltret i den slutliga lösningen har inte kunnat testas och hur väl den fungerar har inte kunnat verifieras. Försök gjordes med CFD i ANSYS Fluent att försöka sätta upp en modell för att simulera och testa cyklonfiltrets funktion.

Olika typer av cyklonfilter är fördelaktiga för olika typer av användningsområden, exempelvis lämpliga för olika typer av spåner. Hade en klar CFD-modell varit tillgänglig hade simuleringar kunnat göras för att optimera valet av cyklonfilter för de uppsatta målen. Det hade även varit fördelaktigt för ÅSS med en fungerande CFD-modell då de i sin framtida produktion och utveckling av cykloner till andra maskinmodeller, kunnat testa olika koncept.

Generellt hade det varit intressant med användartester av produkten. Det hade varit fördelaktigt att bygga en prototyp och se hur koncepten fungerar i verkligheten. Då hade undersökningar kunnat göras på exempelvis användarvänligheten av displayen, skåpets sugförmåga, ljudvolymen, den faktiska livslängden på filerna samt hur väl cyklonfiltret separerar olika stora partiklar. Det hade kanske påvisats att finfilterna inte behövs. Även undersökningar med hjälp av olika servicetekniker och installatörer hade kunnat påvisa potentiella utvecklingsområden, så som servicevänlighet, installationsmöjligheter och paketering och leverans av skåpet.

Tester vid tillverkning och produktion hade även det gett mycket bra data. Hade skåpet exempelvis kunnat designas om för att enklare kunna tillverkas. I vilken ordning bör de olika komponenterna monteras ihop. Har ÅSS verktyg och kompetens för de olika produktionsmetoderna eller behöver mer hänsyn tas till deras befintliga produktionslina.

# 10

## Slutsats

En helt ny design och konstruktion av ÅSS 500 EX har tagits fram, innantill och utantill. I skåpet har layouten ändrats. Förfiltret har ersatts av ett cyklonfilter, som är underhållsfritt. Den komplexa, dyra och högljudda skakmotorn har därav helt tagits bort då cyklonfiltret ej kräver någon skakanordning för rengöring. Nya och anpassade fin- och EPA-filter har tagits fram. Serviceåtkomsten har prioriterats och numera byts alla filter enkelt genom en lucka på framsidan av skåpet.

En skärm har tillkommit på framsidan av skåpet för att användaren enklare ska känna kontroll över de olika funktionerna. Denna ska varna när exempelvis säcken behöver bytas eller visa när filter behöver beställas. Det finns även instruktioner på hur bland annat filter byts och beställs.

Sett till de olika kraven och önskemålen i kravlistan har det varit svårt att verifiera om vissa blivit uppfyllda. Detta eftersom ingen fysisk prototyp byggts. Att det nya skåpet exempelvis är enklare att serva är något gruppen antagit baserat på konstruktionen, men inte kunnat bekräfta vid tester. Huruvida ljudvolymen är annorlunda kan bara antas, då det gamla skåpet exempelvis hade skakmotor, något som det nya helt saknar. Mängden damm serviceteknikern utsätts för kan inte heller bekräftas, även om en mindre dammzon i skåpet utformats. Slutligen anses de flesta kraven och önskemålen ha uppfyllts, även fast en tydlig verifiering på en del saknas.

Skåpets design och layout med de nya komponenterna anses bygga en stabil grund för ÅSS framtida produktlinjer. Flertalet nya och intressanta konstruktionslösningar öppnar upp nya vägar för ÅSS och hjälper dem att vara i framkant av processventilationsbranschen.



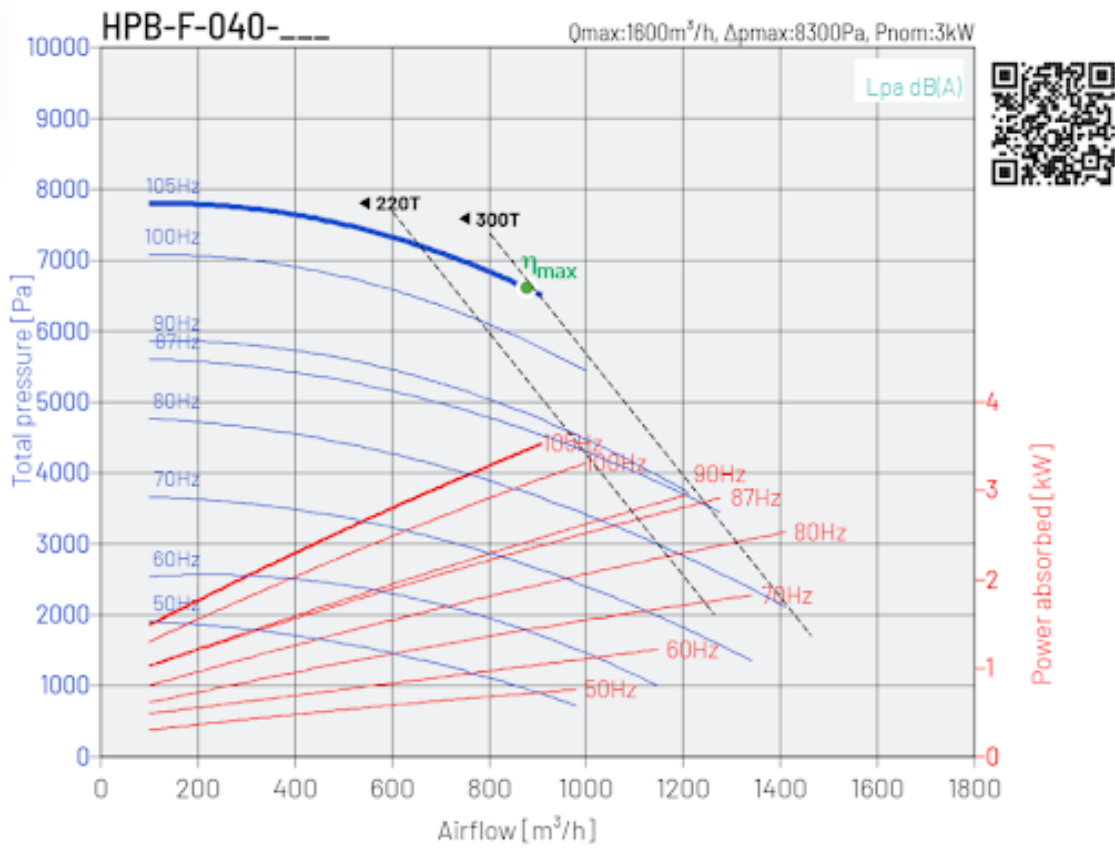
# Referenser

- Avfall Hälsingland. (u. å). Sågspån Sorteras Som Restavfall [Hämtad 2025-04-01]. <https://avfallhalsingland.se/sorteringsguide/brannbart-avfall/sagspan/>
- Centab. (2024). Mycket damm och spån i verkstaden? [Hämtad 2025-03-02]. <https://www.centab.se/uncategorized/mycket-damm-och-span-i-verkstaden/>
- contributors, U. (u. å). Unsplash - Free High-Resolution Photos, image 1 [Hämtad: 2025-05-13]. <https://images.unsplash.com/photo-1663294728964-281f7cf2d1a4?q=80&w=3270&auto=format&fit=crop&ixlib=rb-4.1.0&ixid=M3wxMjA3fDB8MHxwaG90by1wYWdlfHx8fGVufDB8fHx8fA%3D%3D>
- Informationsguiden. (2022). Metod: Observationer [Hämtad 2025-04-03]. <https://innovationsguiden.se/innovationsguiden/metoderochmallar/undersoka/observation.64433.html>
- Innovationsguiden. (2022). Metod: Intervju [Hämtad 2025-04-03]. <https://innovationsguiden.se/innovationsguiden/metoderochmallar/undersoka/intervju.64432.html>
- Intensiv-Filter Himenviro. (u. å). Avmystifierande tygfilter: En omfattande guide till deras funktionalitet [Hämtad 2025-04-01]. <https://www.intensiv-filter-himenviro.com/sv/info/bloggar/avmystifierande-tygfilter-en-omfattande-guide-till-deras-funktionalitet/>
- Interaction Design Foundation. (2016). What are User Scenarios? [Hämtad 2025-04-10]. <https://www.interaction-design.org/literature/topics/user-scenarios>
- Karolinska Institutet, I. f. m. (2025). Partiklar [Hämtad 2025-03-04]. <https://ki.se/imm/miljomedicinsk-riskbedomning/riskwebben/partiklar>
- Karolinska Institutet. (2025). Databasinsamling [Hämtad 2025-04-29]. <https://mesh.kib.ki.se/term/D003625/data-collection>
- Leith, D., & Mehta, D. (1973). Cyclone performance and design. *Atmospheric Environment (1967)*, 7(6), 527–549. [https://doi.org/10.1016/0004-6981\(73\)90006-1](https://doi.org/10.1016/0004-6981(73)90006-1)
- Mattsson, S., & Berglund, Å. F. (2017). *Smart automation: Metoder för slutmontering* [Hämtad 2025-04-11]. Studentlitteratur.
- Nationalencyklopedin. (u. å). Plast [Hämtad 2025-04-01. NE Nationalencyklopedin AB]. <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/enkel/plast>
- Nationalencyklopedin. (2025). Enkät [Hämtad 2025-04-03]. <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/1%C3%A5ng/enk%C3%A4t>
- Paxxo. (u. å). Longopac Säckkassett [Produktblad] [Hämtad 2025-04-01]. <https://paxxo.se/longopac-sackkassett/>
- Processventilation, Å. (u. å). Industrial Ventilation Image [Använd med tillåtelse, bild direkt från by ÅSS Processventilation].

- Processventilation, Å. (2024). Illustration av ventilationssystem [Bildmaterial erhållet via direktkontakt med ÅSS Processventilation].
- Stairmand, C. J. (1951). *The Design and Performance of Cyclone Separators* (tekn. rapport Nr 6) (Available at <https://multiphase.princeton.edu/sites/g/files/toruqf1791/files/118.pdf>). British Chemical Engineering. Princeton University (reproduced). <https://multiphase.princeton.edu/sites/g/files/toruqf1791/files/118.pdf>
- Toleka. (u. å). EX-klassade produkter [Hämtad 2025-03-03]. [https://www.toleka.se/ws\\_media/list/toleka%20ex-klassade%20produkter%20v.24.1.pdf](https://www.toleka.se/ws_media/list/toleka%20ex-klassade%20produkter%20v.24.1.pdf)
- University of Cambridge. (u. å). Text legibility guidance [Hämtad 25 april 2025]. [https://www.inclusivedesigntoolkit.com/text\\_guidance/](https://www.inclusivedesigntoolkit.com/text_guidance/)
- Unsplash. (u. å). Unsplash - Free High-Resolution Photos [Hämtad: 2025-05-13]. <https://unsplash.com>
- Wikberg, Å., Nilsson, Å., Ericson, Å., & Törlind, P. (2017). *Design- Process och metod* (Vol. 1:4) [Hämtad 2025-04-10]. Studentlitteratur.
- Wikberg Nilsson, Å., Ericsson, Å., & Törlind, P. (2015). *Design: Process och metod* (1:4 uppl.). Studentlitteratur.
- Wikström, L. A. B. E. (2002). *Produktens budskap: Metoder för värdering av produkters semantiska funktioner ur ett användarperspektiv* [doktorsavhandling, Chalmers tekniska högskola] [Doktorsavhandling, Chalmers tekniska högskola].

# Bilagor

## A – Centrifugal fan



## B – Centrifugal fan dimensions

Type	A	B	C*	Ød1	Ød2	Ød3	ØD1	ØD2	ØD3	E	F	N1	N2	N3	N4	P1	P2	S	T	X	Ø0	X1	ØD1	Y	Z
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
HPB-F-040-220T	405	444	382	105	139	100	200	185	150	200	245	20	127	170	190	80	120	85	60	4	10	4	7	20	12
HPB-F-040-300T	405	444	380	105	139	100	200	185	150	200	245	20	127	170	190	80	120	85	60	4	10	4	7	20	12

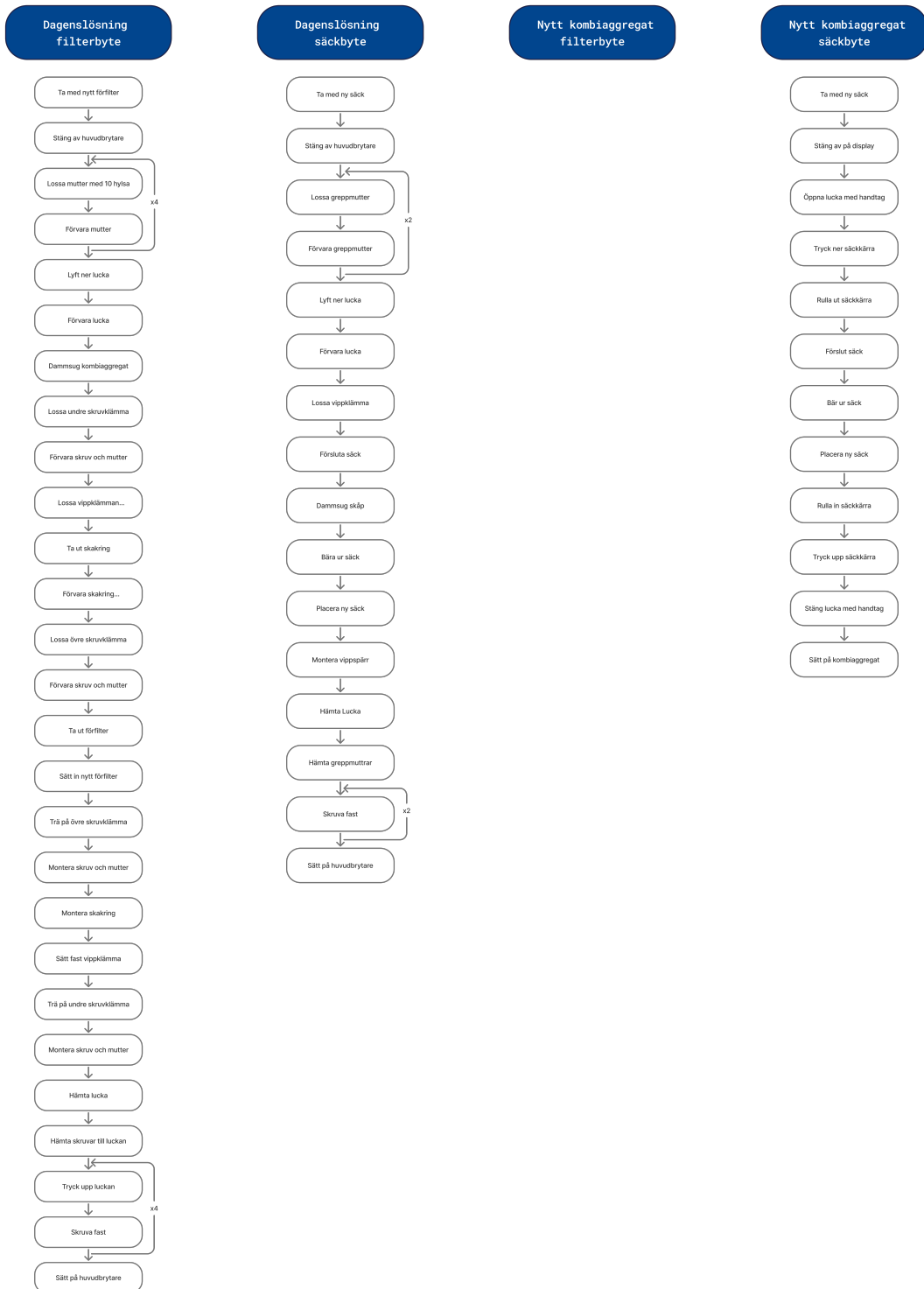
## C – Enkätfrågor

I följande bilaga är de frågor som presenterades i enkäten listade. Dessa följda av de svarsalternativ användarna kunnat välja mellan och de svar de själva valt att fylla i vid text-svar (fråga 2 och 3) och som eget alternativ vid flervalsfrågor.

1. Använder din lokal ÅSS Processventilation:s produkter?
  - Ja
  - Nej
2. Om ja, vilken modell använder ni?
  - Stoftavskiljare BZ 10 / 11 / 13 Och luftrenare Maxivent
  - Åsa 750 ta + Åsa bz1p
  - Minns inte
  - Vet ej
3. Om nej, vilket märke använder ni?
  - Felder
  - Ridex
  - Jkf
  - Vet ej
4. Vad tycker du om färgen på din enhet/enheter?
  - Sitter i ett litet förråd så man bryr sig inte om färgen
  - Ointressant
  - Fin
  - Neutral
  - Ful
  - Klumpig
  - Nätt
  - Tråkig
  - Passar överallt
  - Passar inte in
5. Vad tycker du om formen på din enhet/enheter?
  - Ointressant
  - Fin
  - Neutral
  - Ful
  - Klumpig
  - Nätt
  - Tråkig
  - Passar överallt
  - Passar inte in
6. Vart står din enhet?
  - Synlig i lokalen
  - I ett annat rum
7. Har din enhet en kärra som används vid byte av spånuppsamlingspåse?
  - Ja
  - Nej

8. Vet du hur felmeddelanden som genereras ska tolkas, exempelvis att spånuppsamlingspåsen är full?
  - Ja
  - Nej
  - Har inga sådana
9. Har du tagit del av någon instruktion hur du ska interagera med din enhet, exempelvis hur filterbyte ska genomföras?
  - Ja
  - Nej
  - Använder sunt förnuft
10. Om nej, vet du var du kan hitta information om detta?
  - Ja
  - Nej
  - Antagligen på nätet
11. Hur upplever du interaktionen med din enhet?
  - Tydlig
  - Begränsad
  - Förvirrande
  - Vet ej
12. Hur ofta byter du förfilter på din enhet?
  - En gång per år
  - Mer sällan än vartannat år
  - Oftare än en gång per år
  - Vartannat år

# D – HTA



## E – Funktions- och delfunktionsmatris

Funktioner	Delfunktioner/dellösningar
Automatiskt rengöra förfilter	tryckluft, dammsuga, nytt filter, spola, skaka, borste
Förvara damm/trästoff	påse, behållare, ingen behållare
Avlägsna damm från centralsugsaggregat	vagn, bära, suga ur
Motverka brand	blazecut, brandsläckare, vatten, filt
Motverka explosion	EX komponenter, avlastningsventil
Förflytta centralsuganläggning	hjul, räls, bära, släpa
Kommunicera felmeddelanden	display, lampa, ljudsignal, vibrationer
Motverka spåntoppar	pressa, skaka behållare
Motverka felhantering	specifika skruvar, lås, oanvändarvänliga delar, klistermärken
Motverka buller	ljudisolering
Starta anläggning	knapp, öppna lucka
Justera sug sömlöst	snieder riktare
Driva fläkt med frekvensdrift	snieder riktare
Tillåta byte av filter	krokar, klämmhylsa, limma, resår, buntband, magnet
Tillåta koppling med individuell maskin	press fit, magnet
Tillåta koppling med rör i taket	krokar, klämmhylsa, limma, resår, buntband, magnet

## F – Kravlista

I bilagan presenteras projektets krav tillsammans med tillhörande mätvärden som anger när respektive krav anses uppfyllt. Kolumnen Viktning anger hur viktigt varje punkt är, där *K* står för krav, *Ö1* för primära önskemål och *Ö2* för sekundära önskemål.

Krav	Mätvärde	Viktning
Kombiaggregat ska kunna hantera damm och spånstorlekar som produceras i en träverkstad	0 mm - 120 mm	K
Erforderlig sugkraft ska genereras för att utföra en uppgift i taget	800 m <sup>3</sup> /h	K
Damm och spån ska förvaras	30-60 liter	K
Slang ska kunna direktanslutas till kombiaggregat	Tillåta standardmått på slang	K
Kombiaggregat ska kunna anslutas till rörsystem	Tillåta standardmått på röranslutning	K
Kombiaggregat ska kunna passera genom en standarddörr	900x2100mm (BxH)	K
Ingen elinstallation ska krävas hos kunden	Direktanslutning till tre fas	K
Interna funktioner ska automatiseras	Bättre än nuvarande	K
Kunden ska kunna utföra byte av filter, säck och rengöring av enheten på egen hand.	<15 minuter	
Fläkten ska vara direktdriven och drivas med frekvensdrift		K
Explosionsskyddade komponenter ska användas i explosionsklassade utrymmen	<Zon 21	K
Start via potentialfri kontakt eller startknapp		K
EPA filter ska användas	Filterklass E12	K
Kombiaggregat ska tillåta återföring av luft till lokalen	99.5% renhetsgrad	K
Felmeddelanden ska kommuniceras	Fel kommuniceras inom 10s från att felet uppstår. Felet kan tolkas inom en minut.	K

*Fortsättning på nästa sida*

---

<b>Krav</b>	<b>Mätvärde</b>	<b>Viktning</b>
Automatisering ska ske via en Schneiderriktare		K
Obehörig åtkomst ska begränsas	Specifika verktyg krävs	K

*Fortsättning på nästa sida*

---

<b>Krav</b>	<b>Mätvärde</b>	<b>Viktning</b>
<b>Krav gällande filter</b>		
Arbetshöjden vid byte av filter ska anpassas för individer inom 95%-ilen	<170 cm	Ö1
Minimera dammspridning vid filterbyte	Bättre än nuvarande	Ö1
Minimera dammspridning inuti kombiaggregat	Bättre än nuvarande	Ö1
Byte av filter ska inte medföra att delar avlägsnas från kombiaggregat		Ö1
Minimera behov av verktyg vid byte av filter		Ö1
<b>Krav gällande spånuppsamlingskärl</b>		
Spåntoppar ska undvikas	Bättre än nuvarande	Ö1
Arbetshöjden vid tömning av spånuppsamlingskärl ska anpassas för individer inom 95%-ilen	<100 cm	Ö2
Tömning av spånuppsamlingskärl ska inte medföra tunga lyft	Max vikt 10-20 kg	Ö2
Minimera dammspridning vid tömning av spånuppsamlingskärl	Bättre än nuvarande	Ö2
Felhantering vid tömning av spånuppsamlingskärl ska motverkas		Ö1
<b>Generella krav</b>		
Buller ska begränsas	<70 dB	Ö1
Minimera antalet icke nödvändiga löstagbara komponenter	Bättre än nuvarande	Ö2
Kombiaggregatets genomgående beståndsdelar ska vara demonterbara	Bättre än nuvarande	Ö1
Kombiaggregat ska ha en display		Ö3
Kombiaggregat ska motverka förflyttning utan intention		Ö1
Går att använda befintliga produktionsmetoder		Ö1

## G – Persona: Anders Lundgren

**Namn:** Anders Lundgren

**Ålder:** 48 år

**Yrke:** Lärare i träslöjd och snickeri på en yrkesskola

### Bakgrund

- 20 års arbetslivserfarenhet som snickare innan han började undervisa.
- Ansvarar för arbetsmiljön i verkstaden.
- Grundläggande teknisk erfarenhet men begränsad erfarenhet av maskinunderhåll.

### Utmaningar i vardagen

Arbetsdagen består av praktiska moment och undervisning, och Anders önskar att allt ska fungera sömlöst. Centralsugsaggregatet ska hålla verkstaden fri från damm och spån, men den kräver regelbunden service, vilket sällan är enkelt.

Anders kan ana när centralsugsaggregatet presterar sämre. Suget minskar och damm samlas på mindre önskvärda ställen. Det är ett tydligt tecken på att förfiltret och papperssäck bör kontrolleras. Svårigheten grundar sig i att varningssignaler inte kommuniceras på ett tillräckligt effektivt sätt. Enheten behöver därav öppnas och undersökas manuellt.

## H – Scenario: Anders Lundgren

Det är fredag eftermiddag i snickeriverkstaden och eleverna har använt bandsågen samt slipmaskinen flitigt. Anders noterar att suget inte är vad det borde vara. Han misstänker att det är dags att byta förfilter och papperssäck, men maskinen behöver öppnas för att bekräfta hans aning.

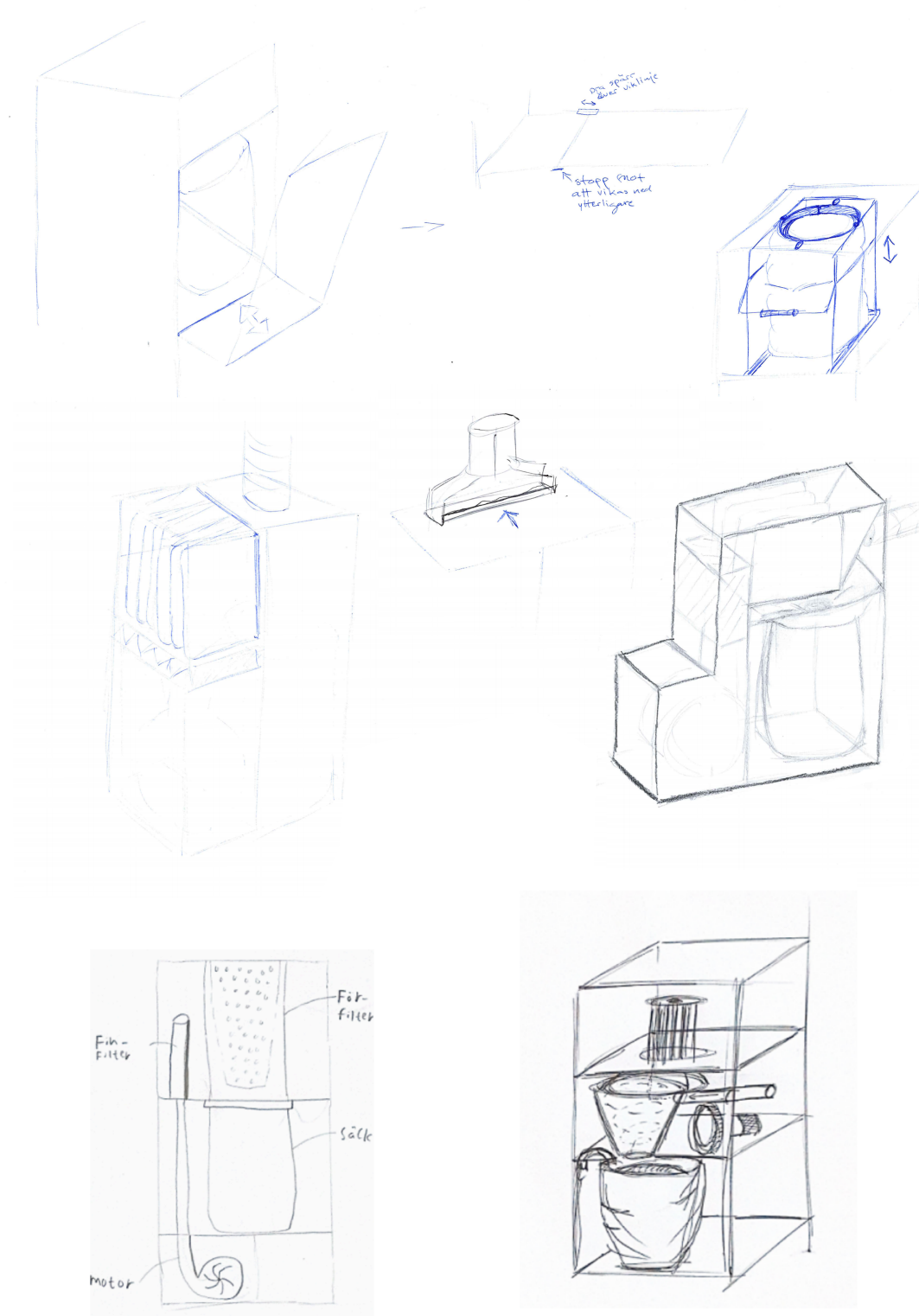
Han lossar den skrymmande luckan till förfiltret, vilken måste lutas mot en vägg för att inte falla platt på golvet. Väl inne i skåpet ser han att förfiltret är igensatt. Han lossar på förfiltret och i vanlig ordning sprids ett fint lager damm i luften vilket fastnar på händer som kläder. Han håller andan men det är oundvikligt att andas in dammet.

Därefter fortsätter han med papperssäcken, vilken sitter bakom en separat lucka. Även den måste placeras mot väggen för att inte falla platt mot golvet. Han lossar på säcken och ett moln av damm yr upp när dess mynning frigörs. Säcken väger ungefär 25 kg och det är ansträngande att bära den till avfallshanteringen. Säcken byts ut mot en ny och Anders stänger skåpet för att sedan starta enheten igen. Nu fungerar tack och lov allt som det ska. Han är glad att han hann innan säcken blev överfull och systemet hade blivit igensatt av spån och damm. Det har hänt tidigare och att rensa maskinen tar både tid och energi.

Anders suckar och torkar av händerna på byxorna. Maskinen fungerar men underhållet är inte smidigt. Han önskar att det hade varit enklare och att verkstaden hade en maskin som effektivt kommunicerade felmeddelanden och inte krävde att han gissade sig fram till orsaken.

# I – Skisser

För idégenerering av en ny modell av kombiaggregat.



## J – Morfologisk matris

### Morfologisk Matris

Sub-Functions	Sub-Solutions			
Förvaring av stoft	Papperssäck	Longopac	Behållare	
Förflyttning av kombiaggregat	Kylskåpshjul	Flip-Wheel	Hjul	Transporthörn
Nivåvakt/-givare	Optiska nivågivare	Vibrerande nivåvakter	Radar nivågivare	
Separering av filter fint	Hepa			
Separering av filter grovt	Tygfilter	Cyklon	DriPak påsfilter	
Förflyttning av spån från maskin	Kärra och ramp	Kärl med hjul	Longopac och gravitation, valfri landning	
Kommunicera felmeddelanden	Visuell display	Ljus	Automatisk avstägning	Vibration

## K – Subfunktioner och Lösningar (Transponerad)

Lösning	Förvaring av stoft	Förflyttning av centralsugsanläggning	Nivåvakt/-givare	Separering av filter fint	Separering av filter grovt	Förflyttning av spån
001	Papperssäck	Kylskåpshjul	Optiska	Hepa	Tygfilter	Kärra och ramp
002	Papperssäck	Flip-wheel function	Vibrerande	Hepa	Cyklon	Kärl med hjul
003	Papperssäck	Hjul	Radar	Hepa	Tygfilter	Kärra och ramp
004	Papperssäck	Transporthörn	Optiska	Hepa	DriPak	Kärl med hjul
005	Papperssäck	Kylskåpshjul	Optiska	Hepa	Cyklon	Kärl med hjul
006	Longopac	Kylskåpshjul	Radar	Hepa	Tygfilter	Kärra och ramp
007	Longopac	Flip-wheel function	Optiska	Hepa	Cyklon	Kärl med hjul
008	Longopac	Hjul	Vibrerande	Hepa	DriPak	Longopac gravitation
009	Longopac	Hjul	Optiska		Cyklon	Longopac gravitation
010	Longopac	Kylskåpshjul	Optiska	Hepa	Cyklon	Longopac gravitation
011	Longopac	Transporthörn	Vibrerande	Hepa	Cyklon	Kärra och ramp
012	Longopac	Flip-wheel function	Radar	Hepa	Tygfilter	Longopac gravitation
013	Longopac	Flip-wheel function	Vibrerande	Hepa	DriPak	Kärra och ramp
014	Longopac	Kylskåpshjul	Vibrerande	Hepa	Cyklon	Longopac gravitation
015	Longopac	Hjul	Optiska	Hepa	Cyklon	Kärra och ramp
016	Behållare	Flip-wheel function	Vibrerande	Hepa	Cyklon	Longopac gravitation
017	Behållare	Hjul	Optiska	Hepa	Cyklon	Kärl med hjul
018	Behållare	Flip-wheel function	Vibrerande	Hepa	Cyklon	Kärra och ramp
019	Behållare	Hjul	Radar	Hepa	Tygfilter	Kärl med hjul
020	Behållare	Kylskåpshjul	Optiska	Hepa	Cyklon	Kärl med hjul

## L – Konzeptutvärderingsmatris

Likt i kravlistan presenteras projektets krav tillsammans med tillhörande mätvärden som anger när respektive krav anses uppfyllt. Kolumnen Viktning anger hur viktigt varje punkt är, där K står för krav, Ö1 för primära önskemål och Ö2 för sekundära önskemål. I kolumn *K1*, *K2* och *K3* jämförs koncept 1-3 mot den nuvarande lösningen. En nolla innebär en lösning som är lika bra som dagens, en negativ siffra innebär en sämre lösning och en positiv innebär en bättre. Värdena för respektive koncept summeras för att möjliggöra jämförelse dem emellan.

Krav	Mätvärde	Viktning	Nuvarande	K1	K2	K3
Kombiaggregat ska kunna hantera damm och spånstorlekar som produceras i en träverkstad	0 mm - 120 mm	K	0	0	0	0
Erforderlig sugkraft ska genereras för att utföra en uppgift i taget	800 m <sup>3</sup> /h	K	0	0	-1	+2
Damm och spån ska förvaras	30-60 liter	K	0	0	0	0
Slang ska kunna direktanslutas till centralsugsaggregatet	Tillåta standardmått på slang	Ö1	0	+3	+3	+3
Kombiaggregat ska kunna anslutas till rörsystem	Tillåta standardmått på röranslutning	K	0	0	-1	0
Kombiaggregat ska kunna passera genom en standarddörr	900x2100 (BxH)	K	0	0	-1	0
Ingen elinstallation ska krävas hos kunden	Direktanslutning till tre fas	K	0	+3	+3	+3
Interna funktioner är automatiserade	Bättre än nuvarande	K	0	+3	+3	+3
Kunden ska kunna utföra byte av filter, säck och rengöring av enheten på egen hand.	<15 minuter		0	+1	+2	+3

*Fortsättning på nästa sida*

Krav	Mätvärde	Viktning	Nuvarande	K1	K2	K3
Fläkten ska vara direktdriven och drivas med frekvensdrift		K	0	+3	+3	+3
Explosionsskyddade komponenter ska användas i explosionsklassade utrymmen	<Zon 21	K	0	0	0	0
Start via potentialfri kontakt eller startknapp		K	0	0	0	0
EPA filter ska användas	Filterklass E12	K	0	+3	+3	+3
Kombiaggregat ska tillåta återföring av luft till lokalen	99.5% renhetsgrad	K	0	+3	+3	+3
Felmeddelanden ska kommuniceras	Fel kommuniceras inom 10s från att felet uppstår. Felet kan tolkas inom en minut.	K	0	+3	+3	+3
Automatisering ska ske via en Schneiderriktare		K	0	+3	+3	+3
Obehörig åtkomst ska begränsas	Specifika verktyg krävs	K	0	0	0	0
<b><i>Krav gällande filter</i></b>						
Arbetshöjden vid byte av filter ska anpassas för individer inom 95%-ilen	<170 cm	Ö1	0	+2	+3	+3
Minimera dammspridning vid filterbyte	Bättre än nuvarande	Ö1	0	+1	+1	+2
Minimera dammspridning inuti kombiaggregat	Bättre än nuvarande	Ö1	0	+1	+1	+2

Fortsättning på nästa sida

Krav	Mätvärde	Viktning	Nuvarande	K1	K2	K3
Byte av filter ska inte medföra att delar avlägsnas från kombiaggregat		Ö1	0	+1	+3	+3
Minimera behov av verktyg vid byte av filter		Ö1	0	+3	+3	+3
<b><i>Krav gällande spånuppsamlingskär</i></b>						
Spåntoppar ska undvikas	Bättre än nuvarande	Ö1	0	+3	+3	+3
Arbetshöjden vid tömning av spånuppsamlingskär ska anpassas för individer inom 95%-ilen	<100 cm	Ö2	0	+3	+3	+3
Tömning av spånuppsamlingskär ska inte medföra tunga lyft	Max vikt 10-20 kg	Ö2	0	+2	+3	+3
Minimera dammspridning vid tömning av spånuppsamlingskär	Bättre än nuvarande	Ö2	0	+2	+3	+3
Felhantering vid tömning av spånuppsamlingskär ska motverkas		Ö1	0	+1	+3	+3
<b><i>Generella önskemål</i></b>						
Buller ska begränsas	<70 dB	Ö1	0	+1	+1	+1
Minimera antalet icke nödvändiga löstagbara komponenter	Bättre än nuvarande	Ö2	0	+3	+3	+3
Kombiaggregatets genomgående beståndsdelar ska vara demonterbara	Bättre än nuvarande	Ö1	0	+2	+3	+3

Fortsättning på nästa sida

<b>Krav</b>	<b>Mätvärde</b>	<b>Viktning</b>	<b>Nuvarande</b>	<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>K3</b>
Kombiaggregat ska ha en display		<b>Ö3</b>	<b>0</b>	<b>+3</b>	<b>+3</b>	<b>+3</b>
Kombiaggregat ska kunna flyttas av en person		<b>Ö1</b>	<b>0</b>	<b>+1</b>	<b>+1</b>	<b>+1</b>
Kombiaggregat ska motverka förflyttning utan intention		<b>Ö1</b>	<b>0</b>	<b>-1</b>	<b>-1</b>	<b>-1</b>
Går att använda befintliga produktionsmetoder		<b>Ö1</b>	<b>0</b>	<b>-1</b>	<b>0</b>	<b>-1</b>
<b>Faktor:</b> K= *4, Ö1=*3, Ö2=*2, Ö3=*1						
<b>Summa poäng:</b>				<b>162</b>	<b>183</b>	<b>206</b>

## **M – Grasshopper Cyklon Skript**

```

import Rhino.Geometry as rg
import math

# konstanter
Q = 0.222 # Volymflöde, 0.222 m³/s motsvarar ca 800 m³/h
mu = 1.8e-5 # Dynamisk viskositet
rho_p = 1500 # Partikeldensitet
n = 0.7 # Empirisk exponent, styr hur partikelstorlek påverkar
separationseffektivitet
g = 9.81 # Tyngdaccelerationen
rho = 1.2 # luftens densitet, kg/m³
K = 5.6 # tryckfallskoefficient

# Input
D = D_in
H_cyl = D * H_cyl_factor # Avvikande förhållande från L&L
H_cone = D * H_cone_factor # Avvikande förhållande från L&L
H_total = H_cyl + H_cone # Avvikande förhållande från L&L
W_inlet = 0.25 * D
H_inlet = 0.5 * D
D_vortex = 0.5 * D
L_vortex = D * Vortex_insert_factor # Avvikande förhållande från L&L
D_dust = max(0.25 * D, 120)
toggle = use_LL # Toggle för att växla mellan L&L och ingenjörsmässig förenkling

# Initialization
cylinder = cone = inlet = vortex_finder = None
fitness = DeltaP = d50 = eta = v_inlet = None
debug_log = []
dp_list = []
eta_list = []

if D <= 0 or H_cyl <= 0 or H_cone <= 0 or L_vortex <= 0:
    debug_text = " Ogiltig data"
    fitness = None
else:
    try:
        plane1 = rg.Plane(rg.Point3d(0, 0, 0), rg.Vector3d.ZAxis)
        plane2 = rg.Plane(rg.Point3d(0, 0, H_cyl), rg.Vector3d.ZAxis)
        c1 = rg.Circle(plane1, D / 2).ToNurbsCurve()
        c2 = rg.Circle(plane2, D / 2).ToNurbsCurve()
        loft = rg.Brep.CreateFromLoft([c1, c2], rg.Point3d.Unset, rg.Point3d.Unset,
rg.LoftType.Normal, False)
        if loft and len(loft) > 0:
            cylinder = loft[0]
            debug_log.append("Cylinder geometri skapad")

        plane_top = rg.Plane(rg.Point3d(0, 0, H_cyl), rg.Vector3d.ZAxis)
        plane_bot = rg.Plane(rg.Point3d(0, 0, H_cyl + H_cone), rg.Vector3d.ZAxis)
        top = rg.Circle(plane_top, D / 2).ToNurbsCurve()

```

```

bot = rg.Circle(plane_bot, D_dust / 2).ToNurbsCurve()
loft2 = rg.Brep.CreateFromLoft([top, bot], rg.Point3d.Unset,
rg.Point3d.Unset, rg.LoftType.Normal, False)
if loft2 and len(loft2) > 0:
    cone = loft2[0]
    debug_log.append("Kon geometri skapad")

inlet_plane = rg.Plane(rg.Point3d(0, (D / 2 - W_inlet), 0),
rg.Vector3d.ZAxis, rg.Vector3d.YAxis)
inlet_rect = rg.Rectangle3d(inlet_plane, H_inlet, W_inlet)
inlet = rg.Extrusion.Create(inlet_rect.ToNurbsCurve(), -H_inlet, True)

# Vortex finder
vortex_plane = rg.Plane(rg.Point3d(0, 0, 0), rg.Vector3d.ZAxis)
vortex_circle = rg.Circle(vortex_plane, D_vortex / 2)
vortex_finder = rg.Extrusion.Create(vortex_circle.ToNurbsCurve(), L_vortex,
True)

# Beräkning av inloppets geometri
A_inlet = (W_inlet * H_inlet) * 1e-6
v_inlet = Q / A_inlet

# Beräkning av tryckfallet
DeltaP = K * 0.5 * rho * v_inlet**2

# Beräkning av C, geometriberoende konstant, summerar geometrins samt
flödesvägars påverkan
pi = math.pi
a = H_inlet
b = W_inlet
De = D_vortex
h = H_cyl
d = D_dust
S = L_vortex
l = 1.5 * D

term1 = 2 * (1 - (De / D)**2) * ((S / D) - (a / (2 * D)))
term2 = (1/3) * ((S + l - h) / D) * (1 + (d / D) + (d / D)**2)
term3 = (h / D) - ((De / D)**2 * (1 / D)) - (S / D)

C = (pi * D**2 / (a * b)) * (term1 + term2 + term3)
C = max(C, 0.001) # motverkar negativa värden på C

a_m = a * 1e-3
b_m = b * 1e-3

CP = ((C * D**2 * Q * g * (n + 1)) / (a_m * b_m * D**3))**(1 / (2 * n + 2))

# Effektivitetskurva samt d50
d50 = None

```

```

for dp_test in range(1, 101):
    dp_m = dp_test * 1e-6
    SP = ((rho_p * dp_m**2) / (18 * mu))**(1 / (2 * n + 2))
    eta_dp = 1 - math.exp(-2 * CP * SP)
    dp_list.append(dp_test)
    eta_list.append(eta_dp)
    if d50 is None and eta_dp >= 0.5:
        d50 = dp_test

# Effektivitet vid 10 µm
dp_ref = 10e-6
SP_ref = ((rho_p * dp_ref**2) / (18 * mu))**(1 / (2 * n + 2))
eta_new = 1 - math.exp(-2 * CP * SP_ref)

# Fitnessfunktion
normalized_d50 = d50 / 100.0
normalized_DeltaP = DeltaP / 100.0
normalized_eta = 1 - eta_new

w_eta = 60
w_d50 = 25
w_dp = 15
total_weight = w_eta + w_d50 + w_dp

base_fitness = (
    w_eta * normalized_eta +
    w_d50 * normalized_d50 +
    w_dp * normalized_DeltaP
)

# Straff appliceras för önskade geometrier
penalty = 0
if H_total > 600:
    penalty += 0.2 * (H_total - 600)
if v_inlet < 20:
    penalty += 2 * (20 - v_inlet)
penalty += 100 * abs((L_vortex / D) - 0.5)

actual_ratio = H_cyl / H_cone
penalty += 200 * abs(actual_ratio - 0.6)

# Sammanställning av fitnessvärde
fitness = base_fitness + penalty

debug_text = f"""\nSlidervärden:
D = {D:.2f}
H_cyl = {H_cyl:.2f}
H_cone = {H_cone:.2f}
L_vortex = {L_vortex:.2f}
D_dust = {D_dust:.2f}

```

```

    Fitness = {fitness:.2f}

    d50 = {d50:.2f}  $\mu\text{m}$ 
     $\eta(10 \mu\text{m}) = \{\eta_{\text{new}}:.3f\}$ 
    RelFitness = {base_fitness/total_weight:.3f}
    """

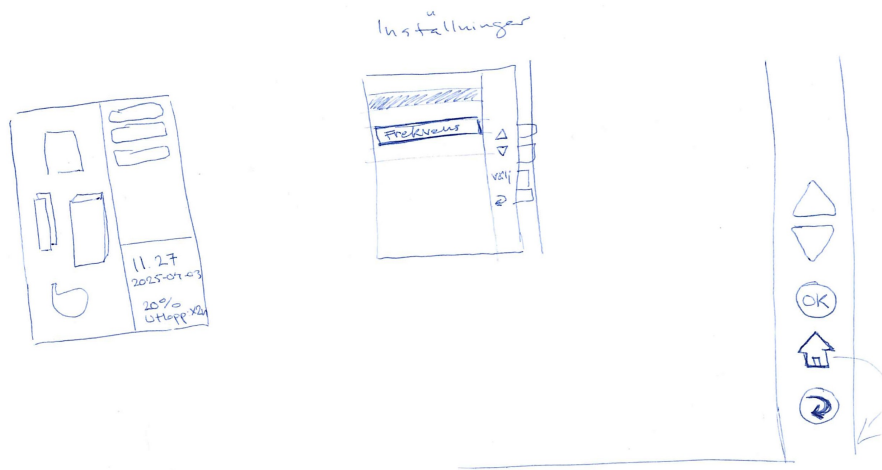
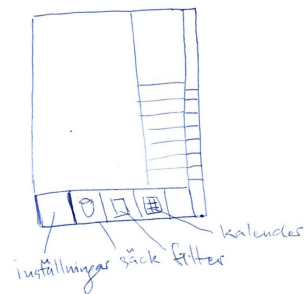
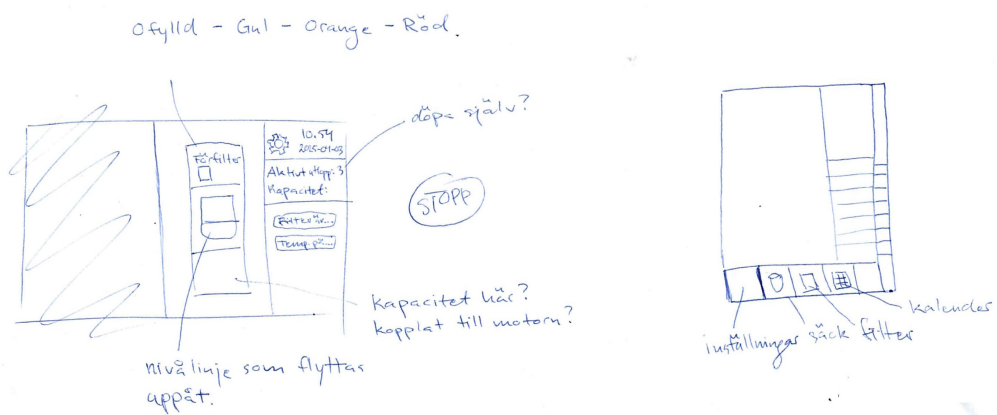
except Exception as e:
    debug_text = f"Err: {str(e)}"
    fitness = None

# Output
cylinder_out = cylinder
cone_out = cone
inlet_out = inlet
vortex_out = vortex_finder
pressureDrop = DeltaP
cutDiameter = d50
inletVelocity = v_inlet
LL_efficiency = eta_new
fitness_out = fitness
totalHeight = H_total
dp_list_out = dp_list
eta_list_out = eta_list
debug_info = debug_text

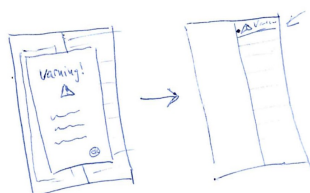
```

# N – handskiss display

Skisser från idégenerering för display.

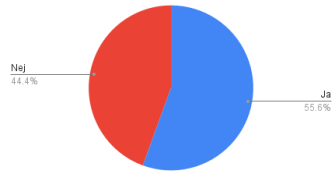


Fel meddelanden

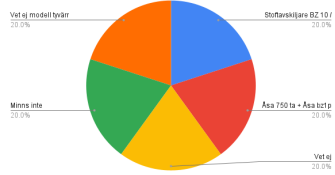


## O – Enkätresultat marknadsdata

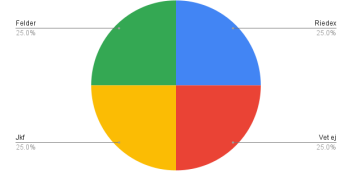
Använder din lokal ÅSS Processventilation:s



Count of Om ja, vilken modell använder ni?

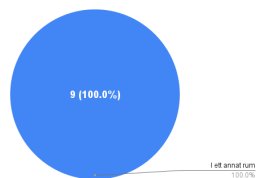


Count of Om nej, vilket märke använder ni?



## P – Enkätresultat placering och uttryck

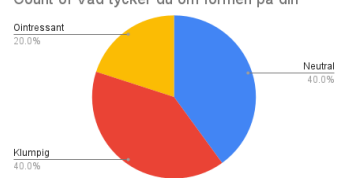
Var står din enhet?



Count of Vad tycker du om färgen på din

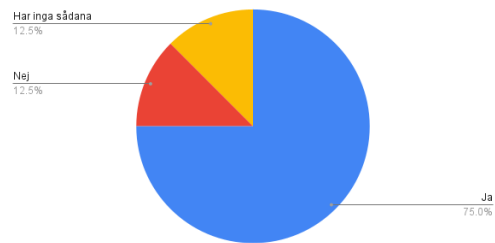


Count of Vad tycker du om formen på din

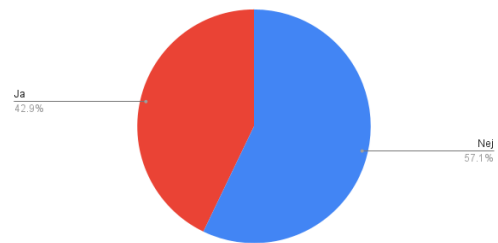


## Q – Enkätresultat funktionalitet

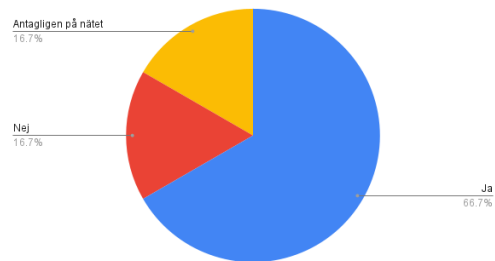
Count of Vet du hur felmeddelanden som genereras ska tolkas, exempelvis att spånuppsamlingspåsen är full?



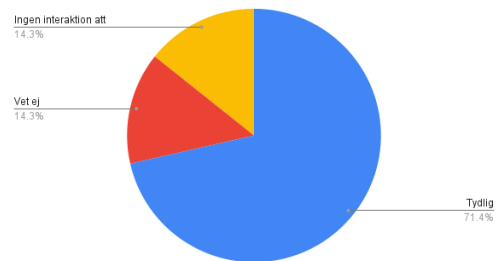
Count of Har du tagit del av någon instruktion hur du ska interagera med din enhet, exempelvis hur filterbyte ska



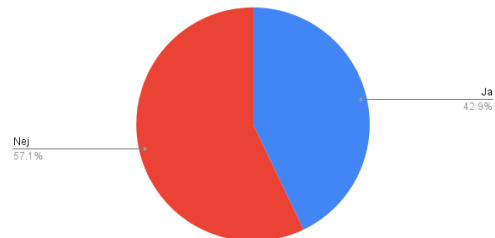
Count of Om nej, vet du var du kan hitta information om detta?



Count of Hur upplever du interaktionen med din enheten?



Count of Har din enhet en kärra som används vid byte av spånuppsamlingspåse?



Count of Hur ofta byter du förfilter på din enhet?



## R – Lösningsbank

För en ny modell av kombiaggregat finns en mängd befintliga dellösningar som kan bygga upp en ny lösning. Dessa presenteras i lösningsbanken.

### Förfilter

#### Tygfilter

Tygfilter, även kallade baghouse-filter, är en vanlig teknik för att reducera partikelutsläpp från industriella processer enligt Intensiv-Filter Himenviro (n.d.). Dessa filter är konstruerade för att avskilja och avlägsna oönskade partiklar, såsom damm och föroreningar, från gasströmmar. Filtreringsprocessen spelar en central roll både för att uppfylla miljökrav och för att minska negativa effekter på folkhälsan och ekosystemen. Fördelarna innefattar bland annat:

- En hög partikelavlägsnande effektivitet, även för mycket små partiklar, vilket gör dem väl lämpade för att uppfylla strikta emissionskrav (Intensiv-Filter Himenviro, u. å).
- Mångsidighet gör att de kan hantera olika typer, storlekar och koncentrationer av partiklar, vilket gör dem användbara inom en rad industriella tillämpningar.
- Upprätthållande av ett lågt tryckfall, vilket bidrar till energibesparingar och minskade driftskostnader.
- Modulär design vilket möjliggör enkel skalbarhet och anpassning till förändrade processförhållanden.

Nackdelar innefattar exempelvis krav på regelbunden rengöring och byte av filter, känslighet för höga temperaturer och fuktiga miljöer och hög investeringskostnad.

#### DriPak påsfilter

I DriPak påsfilter leds luften genom filtrets metallram vilken ger stabilitet och struktur till flera filterpåsar som i sin tur samlar upp stoft. Det finns filter med olika avskilningsgrader som kan användas till allt från slutfiltrering i allmänventilation till förfiltrering inom känsliga processer.

## Materialval

### Plywood

Ett byggmaterial som består av flera tunna lager limmat faner, vilket skapar en stark och hållbar träskiva enligt Nationalencyklopedin (2025). De olika lagren är orienterade med fibrerna i olika riktningar, vilket ger plywoodens styrka och stabilitet. Plywood finns i olika tjocklekar, från cirka 3 mm till 20 mm, och används inom många områden, såsom byggkonstruktion, förpackningar och båtskrov. Materialet kan även behandlas för att göra ytan mer tålig mot väta, stötar och slag, vilket gör det användbart för både inomhus- och utomhusbruk. Det är motståndskraftigt för buller och brand. Nackdelarna med plywood är oestetiskt, relativt hög kostnad och ger inget gediget uttryck.

### **Plast**

Plast är ett syntetiskt eller halvsvetiskt material som består av polymerer, vilket är långa kedjor av upprepade molekyler (monomerer). Dessa polymerer kan formas och bearbetas under värme och tryck, vilket gör plasten mycket mångsidig och användbar inom många industrier (Nationalencyklopedin, u. å). Beroende på plasttyp och användningsområde varierar både fördelar och nackdelar. Plast kan exempelvis vara lätt, formbar, slag- och vattenbeständig samt fungera som en elektrisk isolator. Samtidigt kan andra plasttyper ha motsatta egenskaper, såsom att vara spröda, känsliga för höga temperaturer eller ha en negativ miljöpåverkan. Plastens egenskaper anpassas alltså utifrån dess specifika användningsområde.

### **Metall + isolering**

Metall kännetecknas av sin höga hållfasthet, elektriska och termiska ledningsförmåga samt formbarhet. När metaller kombineras med isolering kan dess egenskaper förbättras och anpassas för specifika behov enligt Nationalencyklopedin (2025). Isolering kan minska metallens värmeledning, ljudnivå och känslighet för elektriska laddningar, men den kan också medföra vissa nackdelar.

Metaller leder värme effektivt, vilket kan vara en nackdel om värmeförluster behöver minskas. Genom att applicera värmeisolering kan man förhindra att värme sprids eller skydda metallen från extrema temperaturer (Nationalencyklopedin, 2025). Metaller kan även generera högt buller, särskilt i maskiner och ventilationssystem, men med isolering, exempelvis skum eller mineralull, kan ljudnivån dämpas för en mer behaglig arbetsmiljö. Vissa isoleringsmaterial, såsom beläggningar eller lackerade skikt, skyddar också metallen från fukt och kemiska angrepp, vilket förlänger dess livslängd. Dessutom kan elektriskt isolerande material minska metallens ledningsförmåga och därmed minimera risken för kortslutningar eller statisk elektricitet i känsliga miljöer.

Trots dessa fördelar finns nackdelar med att kombinera metall och isolering. Om metallen täcks helt kan det bli svårare att leda bort överskottsvärme, vilket i vissa system kan orsaka överhettning. Materialutvidgning på grund av temperaturväxlingar kan också leda till sprickbildning eller att isoleringen släpper från metallen, vilket försämrar dess effektivitet. På längre sikt kan isoleringsmaterial brytas ned och tappa sina skyddande egenskaper, samtidigt som fukt kan ansamlas och påskynda rostbildning. Dessutom kan tillägg av isolering öka både vikten och installationskostnaden, vilket kan vara avgörande faktorer i vissa konstruktioner.

### **Förvaring av stoft**

#### **Papperssäck**

Användning av papperssäcker som behållare för förvaring av träspån och damm är en kostnadseffektiv lösning. Papperssäckens prestanda ur hållbarhetssynpunkt beror på hur användaren källsorterar sitt avfall från centralsugsanläggning. Sågspån sorteras

vanligtvis som restavfall för energiåtervinning (Avfall Hälsingland, u. å) vilket gör papperssacken fördelaktig då den inte innehåller gifter som frigörs vid förbränning.

### **Longopac**

Longopac är ett säckkasettssystem som kan beskrivas som en kontinuerlig påse som försluts av användaren med buntband. Den finns i olika storleksordningar och är tillverkad av 3-skikts polyeten. Då användaren vid byte försluter säcken innan förflyttning med hjälp av buntband exponeras användaren inte för säckens innehåll (Paxxo, u. å).

## S – AI-Prompts

### Bildgenerering

Som verktyg för att AI användes som verktyg för att generera specifika bilder till expressionboarden. Nedan presenteras de prompts som gavs för att få bilder med önskat uttryck.

#### **Formrepresentation för expressionboard.**

Bilden är framtagen för att visualisera ett godtycklig skåp som påvisar käsnaln av den typ av form arbetet söker. Genererad med hjälp av DALL · E genom ChatGPT (OpenAI, 2025).

Använda prompts:

- "Make a futuristic vacuum cleaner."
- "Make it white and render a picture with smooth edges."
- "Make it more robust and stable without the shaft; make it like a cabinet."
- "Make it futuristic."
- "Remove wheels. Make it like a cabinet, not a vacuum cleaner."

#### **Karbinhake använd i expressionboard**

Bilden är framtagen för att visualisera en godtycklig karbinhake. Genererad med hjälp av DALL · E genom ChatGPT (OpenAI, 2025).

Använda prompts:

- "Skapa godtycklig karbinhake"