



CHALMERS



Hållbarare filterbyten i industriella luftreningssystem

Utveckling av en återanvändbar filterkonstruktion för Absolent AB

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet maskinteknik

Hannes Jägeblad Wennroth

Leo Öjerskog

INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2026

www.chalmers.se

Sammandrag

Examensarbetet genomfördes i samarbete med Absolent AB och syftade till att utveckla en ny lösning för företagets lutande filterkassetter i deras filterenheter. I den befintliga konstruktionen är filterkassetterna fastnitade i en filterram, vilket innebär att hela enheten måste bytas när filtret är förbrukat. Detta medför onödig materialförbrukning, ökade transportkostnader och större miljöpåverkan.

Målet med arbetet var att utveckla en konstruktion som möjliggör byte av enbart filterkassetten samtidigt som den bärande filterramen kan återanvändas. Utifrån identifierade kundbehov och tekniska krav utvecklades och utvärderades flera koncept innan ett slutgiltigt koncept valdes för vidare utveckling.

Den framtagna lösningen bygger på en delbar filterram med gångjärn och låsmekanism som gör det möjligt att öppna konstruktionen och byta filterkassetten utan att hela filterramen behöver ersättas. Konstruktionen bibehåller filtrets lutning och säkerställer samtidigt tillräcklig tätning mot befintlig tätlist.

CAD-modeller och en fysisk prototyp användes för att verifiera konceptets funktion. Resultaten visar att det är tekniskt möjligt att återanvända filterramen och endast byta filterkassetten. Lösningen bedöms kunna minska materialförbrukning, transportvolym och kostnader samtidigt som den kan integreras i befintliga produkter med begränsade förändringar. Ytterligare utveckling och verifiering krävs dock innan konceptet kan implementeras i fullskalig produktion.

Abstract

This thesis project was conducted in collaboration with Absolent AB and aimed to develop a new solution for the company's inclined filter cartridges used in oil mist filtration units. In the current design, the filter cartridges are permanently riveted to a filter frame, requiring the entire assembly to be replaced when the filter reaches the end of its service life. This results in unnecessary material consumption, increased transportation costs, and greater environmental impact.

The objective of the project was to develop a design that allows only the filter cartridge to be replaced while enabling the supporting filter frame to be reused. Based on identified customer needs and technical requirements, several concepts were developed and evaluated before a final concept was selected for further development.

The proposed solution consists of a divisible filter frame equipped with hinges and a locking mechanism, allowing the structure to be opened and the filter cartridge to be replaced without replacing the entire filter assembly. The design maintains the required filter inclination while ensuring sufficient sealing against the existing gasket.

CAD models and a physical prototype were used to verify the functionality of the concept. The results indicate that it is technically feasible to reuse the filter frame while replacing only the filter cartridge. The solution is expected to reduce material consumption, transportation volume, and associated costs, while being compatible with existing products with only minor modifications. However, further development and validation are required before the concept can be implemented in full-scale production.

Förord

Detta examensarbete utfördes under våren 2026 vid Institutionen för Industri- och materialvetenskap på Chalmers tekniska högskola. Arbetet utfördes i samarbete med Absolent AB. Arbetet omfattas 15 högskolepoäng och är den avslutande delen inom Maskintekniksprogrammet på Chalmers.

Vi vill ge ett stort tack till Absolent för möjligheten att utföra arbetet, samt de personer vi mött på arbetsplatsen. Vi vill tacka dem för deras engagemang och resurser de bidragit med. Ett särskilt stort tack går till våra handledare som alltid har funnits där för vägledning och frågor.

Vi vill även tacka examinator och handledare på Chalmers som har gett värdefulla synpunkter, stöd och återkopplingar.

Göteborg, juni 2026

Hannes Jägeblad Wennroth

Leo Öjerskog

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund.....	2
1.2	Syfte.....	3
1.3	Mål.....	3
1.4	Avgränsningar.....	3
2	Metod.....	4
2.1	Kartläggning av kundens behov.....	4
2.1.1	Kundkravstabell.....	5
2.1.2	Kostnadsuppskattning.....	5
2.2	Inventera kända koncept och idéer.....	6
2.3	Idégenerering	8
2.3.1	Brainstorming & Brain Writing.....	8
2.3.2	Re-metoderna.....	9
2.3.3	Konceptbeskrivning.....	10
2.4	Iteration och eliminering.....	14
2.4.1	Elimineringsmatris.....	14
2.4.2	Morfologisk matris	15
2.4.3	Konceptkatalog.....	16
2.4.4	Pughmatriser.....	17
2.5	Konceptval	18
2.6	Systemarkitektur	19
2.6.1	Träddiagram.....	19
2.6.2	Beskrivning av moduler.....	20
2.7	CAD	21
2.8	Prototypbygge	23
2.9	Funktionella tester.....	25
2.10	Analys av måluppfyllnad	26
3	Resultat.....	27
3.1	Beskrivning av konceptet.....	28
3.2	Beskrivning av moduler.....	29
3.3	Uppfyllnad av krav	33
4	Diskussion och slutsats.....	34
4.1	Vidareutveckling.....	35
5	Källförteckning.....	36
6	Bilagor	37

Beteckningar & Begrepp

- **Filterkassett:** Utbytbar enhet bestående av filtermedia och bärande komponenter som används för att avskilja partiklar från luft.
- **Filterram:** Bärande struktur som håller filterkassetten och ger den dess lutning.
- **Oljedimma:** Luftburna oljepartiklar som bildas vid exempelvis bearbetning och kylning.
- **Oljerök:** Mycket små oljepartiklar som bildas när olja utsätts för höga temperaturer.
- **Excenterlås:** Mekanisk låsmekanism som använder excentrisk rörelse för att skapa en säker och justerbar fastspänning.
- **Tättningslist:** Flexibel komponent som används för att förhindra läckage mellan två ytor.
- **AE-serien:** Absolents produktserie för rening av oljerök och oljedimma.
- **CAD:** Computer-Aided Design, datorstödd konstruktion för modellering och utveckling av produkter.
- **CNC-maskin:** Datorstyrd verktygsmaskin för automatiserad bearbetning av material.
- **HEPA-filter:** High Efficiency Particulate Air-filter med hög avskiljningsgrad för mycket små partiklar.
- **Koalescens:** Process där små vätskedroppar slås samman till större droppar.
- **Tandemenhet:** Två djupleds sammankopplade filterenheter som arbetar tillsammans för att hantera större luftflöden.

1 INLEDNING

Dagens teknologi har bidragit till en alltmer effektiv men komplicerad produktionsprocess. Moderna maskiner och metoder har resulterat i att det idag kan skapas produkter som en gång i tiden hade ansetts omöjliga. Anledningen till detta är avancerad tillverkning med hjälp av CNC-maskiner och 3D-printers.

I fallet av CNC-maskiner förekommer det alltid någon form av restprodukt från bearbetningsprocessen, vare sig det har med metall, trä eller andra material att göra. Vid metallbearbetning tillkommer det metallspån, damm och rök från det bearbetade materialet. För att förhindra skador på både materialet och verktyg kan de kylas ned med hjälp av olika vätskor som olja. När oljan utsätts för mekanisk påverkan kan detta bilda oljedimma och oljerök.

Oljedimma är små, luftburna oljedroppar. Dess storlek är lik den hos bakterier och varierar mellan 1–10 mikrometer (*Absolent AB, u.å.*). Oljedimma kan även stötas på inom andra industrier som plast- och textilindustrin. Inom verkstadsmiljö finns ett gränsvärde för hur mycket oljedimma som är tillåtet inom lokalen. Detta gränsvärde varierar beroende på vilket land man befinner sig i. Enligt *Arbetsmiljöverket (2023)* är denna gräns 1 mg/m³ nivågränsvärde och 3 mg/m³ för korttidgränsvärde. Detta gäller även oljerök.

Likt oljedimma, består oljerök av små, luftburna oljedroppar. Det som skiljer dem åt är att oljerök-partiklarna är betydligt mindre, men förekommer i större mängder. Storleken på dessa partiklar varierar från 0.1 – 1 mg/m³. Oljerök uppstår på liknande sätt som oljedimma, men när maskinerna arbetar på högre hastigheter eller med ett högre kylvätsketryck. Karakteristisk för oljerök är en blåaktig färg.

Om inte oljedimman och oljeröken hanteras fort kan det leda till luftvägsproblem och sjukdomar som astma och andra lungproblem. Kontinuerlig exponering kan leda till hudproblem som oljeacne och eksem. För att förhindra alla dessa hälsorisker bör problemet tas i tur med så nära källan som möjligt (*Absolent AB, u.å.; Bearbetning.se, u.å.*). Detta kan göras på ett flertal olika sätt, men dessa kommer inte utan sina egna nackdelar.

1.1 BAKGRUND

Absolent tillverkar idag luftrenare för industrimiljöer. De har en mängd olika smarta lösningar beroende på vad för typ av arbete relaterad maskin utför. Deras AE-serie är byggd för krävande processer med höga partikelhalter. Det är en kompakt enhet vars uppgift är att filtrera oljepartiklar från oljerök som uppstår vid CNC-bearbetning. Oljan samlas sedan upp och dräneras. Processen resulterar i renare luft för maskiner och personal i lokalen.

AE-serien är en enhet där flera filter monteras succesivt ovanpå varandra. För en förbättrad dränering av olja är flera av filtren monterade på en lutning. De lutande filtren monteras i en högre filterkassett (*se figur 1*), jämfört med de vanliga, liggande filtren. Detta resulterar i att de lutande filterkassetten måste skickas i en större låda, där de redan är monterade i ställningen.

I figur 1 syns en "tandem"-enhet i AE serien som har två filterfack och tillhörande filterkassetter radade på djupet där



Figur 1, AE-enhet från Absolent

båda kassetterna nås via samma servicelucka på framsidan av enheten. I nuläget går filterbytesprocessen för de lutande filtren till genom att serviceluckan öppnas varefter pressrälens som filterkassetterna vilar på låses upp och sänks ned. Därefter plockas det främre filtret ut följt av det bakre där båda kassetterna med de tillhörande fastnitade filterramar byts mot nya varefter processen upprepas i omvänd ordning för installation.

1.2 SYFTE

Syftet med arbetet är att utveckla en mer användarvänlig och effektiv konstruktionslösning där vanliga kassetter skickas till kunden. Filterramen som skapar lutningen skickas i stället initialt med i luftreningsenheten från fabrik. Detta för att minska kostnad och miljöpåverkan som följd av onödiga transporter och hög materialförbrukning.

1.3 MÅL

Målet med arbetet är att utveckla och utvärdera en konstruktionslösning som möjliggör ett lätt, smidigt och säkert byte av de lutande filterkassetterna i Absolents oljeröksenheter. Den nuvarande minsta oljeröksenheten innehåller fyra lutande kassetter och den största innehåller 32. Lösningen skall kunna integreras i företagets befintliga produktplattform. Lösningen ska minska kostnaderna i form av materialåtgång samt fraktkostnader. Den slutgiltiga lösningen skall resultera i att enbart filterkassetter skickas och inte hela systemet, vilket förbättrar produkten ur ett logistiskt perspektiv.

1.4 AVGRÄNSNINGAR

Arbetet avgränsas från att ta fram en fullskalig, produktionsredo lösning med tillhörande tillverkningsprocess, samt från att genomföra detaljerade konstruktionsberäkningar. Ingående analys av kostnad och logistik för produkten är också utanför bredden av projektet. Även om CAD filer skapas och modifieras under projektets gång, kommer dessa inte att vara fullt redo för produktion. Filerna är avsedda för projektgruppen att experimentera med och för att ge en översikt på utformningen av lösningskoncept.

2 METOD

2.1 KARTLÄGGNING AV KUNDENS BEHOV

Den primära kunden för arbetet är Absolent AB då det är på företagets beställning som en lösning ska tas fram. Projektteamet var tidigt under arbetet på plats hos Absolents lokaler i Lidköping och Skövde och fick en genomgång över hur de befintliga enheterna och dess komponenter produceras och monteras. Rundvandringen gav en bättre inblick i hur företaget fungerar, detaljer om problemet som önskas lösas, tekniska utmaningar samt dess krav.

Mötet utfördes på en heldag som var uppdelad i för- och eftermiddag. Förmiddagen bestod av guidad rundvandring i lokalerna i Lidköping utförd av chefen av försäljning och teknisk support för serieutveckling och senior mekanisk konstruktionsingenjör på Absolent. Projektteamet kunde under mötet ha en öppen diskussion och ställa frågor kring produkterna. Lokalerna i Lidköping fokuserar i huvudsak på att producera och skicka filterkassetter till filtreringsenheter.

Eftermiddagen bestod av en liknande rundvandring på lokalerna i Skövde där ”chassit” till filtreringsenheterna produceras. I lokalerna fanns företagets tunnplåtsproduktion där maskiner och personal stansar, bockar och svetsar tunna skivor av plåt som senare blir filterenheternas chassi, filterkassetternas skal och även fixeringarna till de lutande filterkassetterna.

2.1.1 Kundkravstabell

Tabell 1, Kundkravstabell

ID	Kundkrav	Prioritering	Kommentar
K1	Passa i befintlig luftfilterenhet	Hög	Inga ändringar i luftfiltreringsenheten
K2	Minska transportvolym	Hög	Mindre omslutningsvolym för smidig logistik
K3	Kunna integreras i befintlig produktion	Medel	Produceras av tunnplåt
K4	Minska materialanvändning	Medel	
K5	Minska tiden för filterbyte	Medel	Kortare driftstopp för slutkund
K6	Enkel att montera	Medel	Vid produktion
K7	Minska antalet transporter	Medel	

Under kartläggningen av kundens behov framkom att de krav som formulerats av företaget i stor utsträckning härstammar från deras egna kunders önskemål och erfarenheter. Särskilt betonades behovet av en mer användarvänlig och effektiv filterbytesprocess. Även om projektteamet inte haft direkt kontakt med eller genomfört intervjuer med företagets slutkunder, har företagets beskrivningar och prioriteringar fungerat som en central källa för att identifiera och formulera dessa krav. Kundkravstabellen kan därmed förstås som ett resultat av en tolkning av slutkundernas behov, förmedlade via företaget. Detta innebär samtidigt en begränsning då kraven baseras på indirekt information snarare än direkt användarinsikt.

2.1.2 Kostnadsuppskattning

Om en lösning kan skapas som tillåter att filtret kan plockas bort från konstruktionen kan kostnaden över en tidperiod sjunka drastiskt. I stället för att behöva tillverka och skicka en ny konstruktion varje gång ett lutande filter behöver bytas, räcker det att endast skicka ett filter. Detta gör att fler filter får plats vid leveranser som i sin tur leder till en drastisk minskning i leveranskostnader. Då den nuvarande filterramen enligt Absolents uppgifter kostar 412kr att producera, kommer företaget att göra besparingar på minst 824kr vid varje filterbyte på deras minsta enhet i AE-serien med två lutande filter och 13184kr på deras största enhet. Detta leder till besparingar på cirka 132000kr över tio år av drift och filterbyten på den största enheten av endast tillverkningen.

2.2 INVENTERA KÄNDA KONCEPT OCH IDÉER

I syfte att bredda informationssamlingen och få en djupare förståelse kring oljeröksfiltrering genomfördes en analys av existerande lösningar som används ute på marknaden. Informationen hämtades från vetenskapliga artiklar, patentdatabaser och företagshemsidor. Nedanför presenteras en sammanställning av olika metoder som kan användas för att rena oljerök och oljedimma.

Elektrostatisk rening (ESP), är en process där partiklar laddas elektrisk genom jonisering. De laddade oljepartiklarna attraheras därefter till motsatt laddade uppsamlingsytor. När partiklarna når ytorna koalecerar de till större droppar som sedan rinner ned och samlas upp som vätska. Denna uppsamlade olja kan sedan dräneras och återvinnas, medan den renade luften kan ventileras ut eller återinföras i arbetslokalen (*Ventilation.se, 2026*). Inga mekaniska filter förekommer i processen. ESP-maskinen är mycket effektiv men kräver regelbunden rengöring under dess livscykel. Detta sker genom att enbart tvätta rent plattorna. Produkten har ett högt inköpspris men låg driftkostnad. Denna typ av produkt kräver högspänningsaggregat. Om detta inte finns på plats resulterar det i en betydligt högre kostnad.

Centrifugalseparation är en annan metod för att separera oljepartiklar från luft. En centrifugalseparator är designad för att skilja ut partiklarna baserat på deras densitet och storleksfördelning. Fluiden leds in i separatoren, där centrifugalkraft pressar de tyngre partiklarna mot dess väggar. Centrifugalseparatorer kan monteras direkt på relaterad CNC-maskin, vilket resulterar i att maskinens egen oljereserv kan användas för dränering. Montering ovanpå varje avsedd maskin kräver att ett flertal centrifugalseparatorer köps in. Då inget mekaniskt filter förekommer behöver centrifugalseparatorn inte förses med ersättningsfilter (*Filtersystem Sverige, u.å.*). Maskinen kräver dock mycket underhållning under sin livscykel. Denna metod är populär då inköpskostnaden är låg. Elförbrukningen är något högre än ESP lösningen. Om luften skall ventileras direkt ut i byggnaden efter reningsprocessen krävs ett HEPA-filter.

Den vanligaste metoden för rening av oljerök och oljedimma är **mekanisk filtrering**, även kallad fiberbaserad filtrering. Denna metod baseras på att en fläkt driver den förorenade luften genom en filterenhet. Luften passerar från botten till toppen av enheten. Antalet filter luften passerar igenom beror till vilken noggrannhet som luften bör renas. De tunga partiklar som inte kan följa med luftströmmen samlas i den nederdelen av enheten, redan innan de har passerat någon typ av filter. Den förorenade luften åker igenom ett eller flera filter där fångar upp de små oljepartiklarna som sedan dräneras ut ur själva filtren. Filterprocessen avslutas med ett HEPA-filter som säkerställer att luften är fri från skadliga partiklar (*Primetek, u.å.*). Mekaniska filterenheter är oftast konstruerade för kontinuerlig drift, och behövs enbart stängas av när ett filterbyte eller annat underhåll skall utföras. Inköpskostnaden för dessa enheter varierar på storlek och mängden filter. Underhållning krävs i form av filterbyte samt underhåll av fläkt.

På marknaden finns en mängd olika mekaniska oljefiltreringsenheter som bygger på denna princip men har olika utformningar. Det amerikanska företaget Donaldson erbjuder en filtreringsenhet vid namn WSO. Denna enhet använder ett cylindriskt, vertikalt monterat filter där luften passerar från utsidan av filtret och in mot dess mitt. Där sugas luften upp i enhetens tak där det passerar genom ett filter, innan den reade luften ventileras ut (*Donaldson Company, u.å.*). Det svenska företaget QleanAir erbjuder en filtreringsenhet som heter FS 70, där filtret är vertikalt monterat och på enhetens framsida. Detta medger ett stort luftinsug där oljedroppar avlägsnas från luften. Den reade luften återförs sedan in i rummet (*QleanAir, u.å.*).

2.3 IDÉGENERERING

Inför idégenereringsprocessen framtogs en kravspecifikation som baserades på de krav som Absolent AB själva ställde på produkten. Detta kombinerades med önskemål som framtogs av projektgruppen för att slutligen upprätta färdigställd kravspecifikation. Kravspecifikationen användes därefter som underlag för konceptutvecklingen. Syftet med att framta en kravspecifikation innan konceptutvecklingen startade, var att säkerställa att de genererade lösningarna uppfyllde projektets tekniska och funktionella krav.

Chalmers	Dokumenttyp	Kravspecifikation				
	Projekt	Fixering till lutande filterkassett				
Utfärdare:	Leo Öjerskog	Skapad: 2026-05-08				
	Hannes J. Wennroth	Modifierad: 2026-05-13				
Kriterier	Målvärde	K/Ö	Vikt	Verifieringsmetod	Referens	
Funktioner						
F1	Medge lutande filterposition	20° lutning	K		Analys	Absolent AB
F2	Filter ska kunna demonteras från konstruktionen	Ja	K		Funktionellt test	Absolent AB
1. Prestanda						
1.1	Minska tidsåtgång för filterbyte	<2 min	Ö	2	Funktionellt test	Projektgrupp
1.2	Behålla godtyckligt luftflöde	>2000 m³/h	K		Funktionellt test	Absolent AB
1.3	Medge godtycklig tätning vid drift	<50 Pa	K		Funktionellt test	Absolent AB
1.4	Tåla normal drift utan permanent deformation	>3 SF R _{eH}	K		FEM analys	Absolent AB
2. Livslängd						
2.1	Medge långt serviceintervall	>1 år	Ö	4	Analys	Projektgrupp
2.2	Tåla upprepade filterbyten utan funktionsförlust	>20 byten	Ö	5	Funktionellt test	Projektgrupp
3. Underhåll						
3.1	Filterbyte ska kunna utföras av en person	Ja	K		Funktionellt test	Projektgrupp
3.2	Filter ska kunna bytas utan specialverktyg	Ja	K		Funktionellt test	Absolent AB
3.3	Tillåta byte av bakre filter	Ja	K		Funktionellt test	Absolent AB
4. Tillverkningskostnad						
4.1	Minska tillverkningskostnad	<Nuvarande kostnad	Ö	1	Analys	Projektgrupp
5. Paketering						
5.1	Medge omonterad leverans	Ja	Ö	3	Inspektion	Projektgrupp
6. Tillverkningsanläggning						
6.1	Medge tillverkning med befintlig utrustning	Ja	Ö	4	Analys	Absolent AB
7. Storlek						
7.1	Konstruktionen ska rymmas inom befintligt filterfack	< 697*550*690mm	K		Mätning	Absolent AB
8. Massa						
8.1	Konstruktionen ska väga mindre än nuvarande lösning	<40 kg inklusive filter	Ö	3	Mätning	Projektgrupp
9. Material						
9.1	Materialet ska tåla kontakt med olja och dammpartiklar	Ja	K		Analys	Absolent AB
12. Säkerhet						
12.1	Konstruktionen ska sitta fast under drift	Ja	K		Funktionellt test	Absolent AB

Figur 2, Kravspecifikation

2.3.1 Brainstorming & Brain Writing

För att generera idéer använde sig projektgruppen av Brain Writing följt av Brainstorming. Detta utfördes genom att projektgruppens medlemmar fick fem minuter på sig att skriva ned olika lösningsförslag. Dessa lösningar presenterades sedan. De olika lösningsförslagen kombinerades och vidareutvecklades för att få fram de optimala lösningarna.

2.3.2 Re-metoderna

Efter brainstorming segmentet användes Re-metoderna enligt *Lindstedt och Burenius (2006)*, för att systematiskt vidareutveckla de komponenter hos dagens lösning som kan användas på nytt.

Re-use

I ett tidigare steg av produktutvecklingsprocessen inventerades kända koncept och idéer för att få ett bredare perspektiv på industrin och dess möjligheter. Projektgruppen kunde då dra slutsatsen att sättet filtret uppnår sin lutning på varierar från olika tillverkare. Exempelvis kan önskad lutning uppnås genom att göra förändringar på insidan av enheten. På så sätt kan lutning uppnås på andra sätt än att montera filterkassetten i ett skal.

Re-fine

Projektgruppen utvärderade de befintliga koncepten på marknaden genom att analysera dess styrkor, samt svagheter. Användbara inslag som kan användas för att förbättra den egna lösningen togs fram. Även aspekter som bör undvikas diskuterades.

Re-duce

Projektgruppen analyserade vilka funktioner hos befintliga lösningar som kan tas bort utan att påverka funktionaliteten. Detta resulterar i att onödiga delar och komponenter tas bort, vilket kan leda till besparing på material och minskade kostnader.

Re-inforce

Genom förändringar eller tillföra nya komponenter kan en befintlig produkt förbättras. Detta genom ökad användarvänlighet, livslängd och ekonomisk hållbarhet. Projektgruppen analyserade de starka sidorna, hos befintliga produkter, där det fanns förbättringsmöjligheter. Absolents nuvarande produkt kan designas om på ett sätt där dess nuvarande enkelhet modifieras för att lösa problemet.

Re-form och Re-place

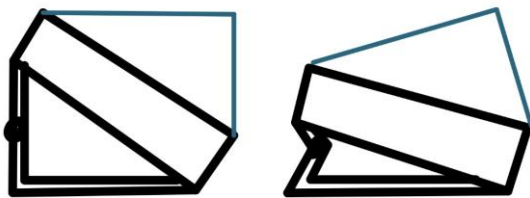
Re-form delen syftar på att man modifierar eller omformar den viktigaste komponenten. Ett exempel i detta fall är om ändringar skulle ske på självaste filtret. Detta projekt avgränsas av tillverkaren från att göra förändringar på självaste filtret. Re-place är men relevant då förändringar skulle kunna göras på rälser där filterkonstruktionen placeras.

2.3.3 Konceptbeskrivning

Idégenereringen resulterade i åtta unika koncept som valdes att tas vidare till nästa steg i iterationsprocessen. Det är viktigt att understryka att dessa koncept togs fram snabbt där kvantitet över kvalitet prioriterades varför vissa koncept behöver en djupare analys för att fungera praktiskt. Följande presenteras de åtta unika koncepten var för sig.

2.3.3.1 Koncept 1:

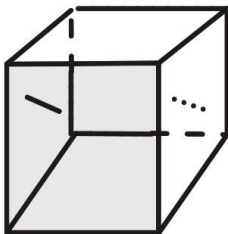
Det första konceptet baseras på en hopfällbar ställning som filtret monteras på. Benen på själva ställningen kan vikas för att få filtret att ligga platt. När filtret nått sin plats kan ställningen fällas upp, vilket ger filtret den önskade lutningen. Den övre delen av konstruktionen som fått namnet ”Adaptern”, färgad blå, kan monteras direkt på filtret eller i enhetens tak.



Figur 3, Koncept 1

2.3.3.2 Koncept 2:

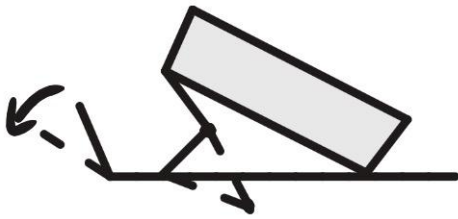
Det andra konceptet flyttar i stället fokuset till att utnyttja enhetens väggar. I detta koncept monteras två, fasta skenor på sidan av enheten, vilket betyder att filtret kan monteras i direkt anslutning till dessa. Därmed uppnås den önskade lutningen. Detta koncept kräver en om-design av det nuvarande fackets delar.



Figur 4, Koncept 2

2.3.3.3 *Koncept 3:*

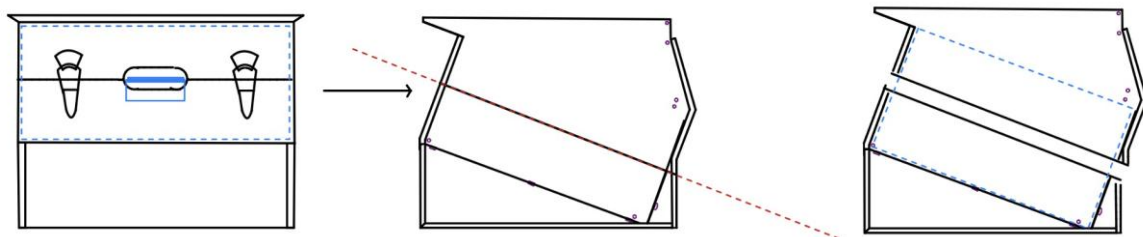
Koncept tre utnyttjar det nuvarande systemet som finns för att höja filtren och säkerställa ett tätt flöde. Detta koncept monteras på den nuvarande rälsen. Med hjälp av ett mekaniskt system höjs filtret till den önskade lutningen. Detta kan ses som en mer komplex variant till koncept ett.



Figur 5, Koncept 3

2.3.3.4 *Koncept 4:*

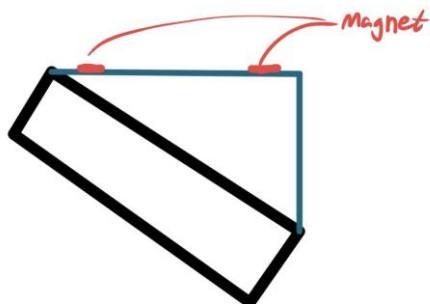
Det fjärde konceptet baseras på den nuvarande konstruktion som används idag. Detta tar den nuvarande konstruktionen och kapar den längst filtrets mitt. Plåt måste läggas till på konstruktionens fram och baksida för att uppnå strukturell stabilitet. Någon form av låsmekanism bör finnas på både fram och baksida för att säkerställa att allt hålls på plats. Detta gör att de nuvarande måtten och produktion kan utnyttjas, då enbart små förändringar bör ske under tillverkningsprocessen.



Figur 6, Koncept 4

2.3.3.5 *Koncept 5:*

I det femte konceptet monteras filtret på "Adaptern" som i figuren är ritad i blått. Denna del hålls sedan på plats med hjälp av magneter i fackets tak.



Figur 7, *Koncept 5*

2.3.3.6 *Koncept 6:*

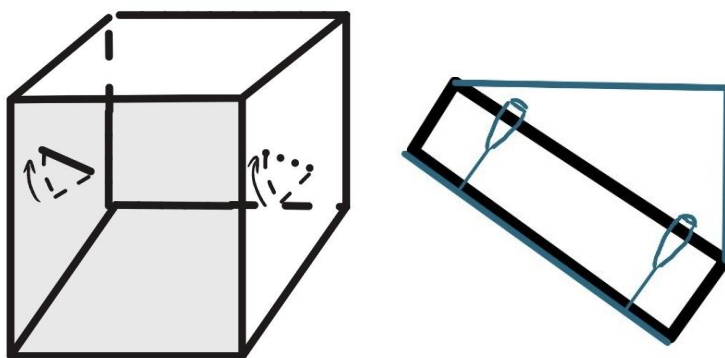
Det sjätte konceptet baseras på att permanenta gångjärn monteras på den räls som finns i det nuvarande facket. Filtren monteras sedan i ett skal, som i sin tur sitter fast i gångjärnet. Filtren kan sedan höjas till önskad lutning, där de sedan sätts fast i chassit.



Figur 8, *Koncept 6*

2.3.3.7 *Koncept 7*

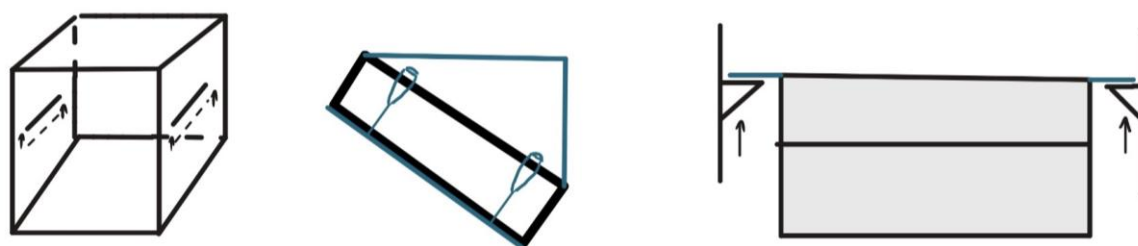
Det sjunde konceptet bygger på att ha räls monterade på var sin sida inuti filterfacket. Dessa räls går att rotera med någon form av mekanism för att trycka filtret mot tätningsytan och medge en tät skarv mellan filter och toppen av chassit. Filterkassetten måste utrustas med en adapter då den oförändrade kassetten inte kan hängas från rälsen. Adaptern gör även att kassetterns lutande yta kan pressas mot och tätas parallellt mot tätningsytan som är i en horisontell vinkel.



Figur 9, *Koncept 7*

2.3.3.8 *Koncept 8:*

Det åttonde konceptet är väldigt likt koncept sju med räls monterade på var sin sida av filterfacket. Skillnaden är att rälsen inte roteras för att tätas, utan likt nuvarande lösning pressas hela rälsen parallellt upp mot tätningsytan av en mekanism.



Figur 10, *Koncept 8*

2.4 ITERATION OCH ELIMINERING

2.4.1 Elimineringsmatris

En elimineringsmatris (*se figur 11*), är ett strukturerat verktyg som används för att snabbt sälla bort lösningskoncept som inte uppfyller kritiska krav. Elimineringskriterierna härstammar främst från krav och önskemål från kravspecifikationen som projektgruppen ansåg vara mest kritiska. Utöver kriterier från kravspecifikationen har även kriteriet *Komplexitet* lagts till då komplexa lösningar kan skapa problem för servicepersonalen som byter filter vilket leder till mer tidsåtgång och frustrerade slutkunder. Efter analys av varje koncept beslutades att endast de koncepten med två eller färre minus går vidare, och de med tre eller fler elimineras. Detta resulterade att *Koncept 2* och *Koncept 6* eliminerades.

Chalmers						Elimineringsmatris						
Utfärdare:		Leo Öjerskog				Skapad:		2026-05-16				
		Hannes J. Wennroth				Modifierad:		2026-05-16				
Koncept		Elimineringskriterier								Beslut		
		F1. Medge lutande filterposition	F2. Filter ska kunna demonteras från konstruktionen	1.2. Behålla godtyckligt luftflöde	1.3. Medge godtycklig tätning vid drift	3.1. Filterbyte ska kunna utföras av en person	3.2. Filter ska kunna bytas utan specialverktyg	3.3. Tillåta byte av bakre filter	7.1. Konstruktionen ska rymmas inom befintligt filterfack	12.1. Konstruktionen ska sitta fast under drift	Komplexitet	+ Behåll koncept - Eliminera koncept
1	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+
2	+	+	+	-	+	+	-	+	+	-	+	-
3	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+
4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
5	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
6	+	-	+	-	-	-	-	+	+	+	+	-
7	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+
8	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+
Beslut		Koncept 2 & 6 elimineras, övriga går vidare										

Figur 11, Elimineringsmatris

2.4.2 Morfologisk matris

För att utveckla nya idéer och koncept introduceras en morfologisk matris där delfunktioner bestäms och dellösningar till dessa funktioner Brain stormas fram. Dellosningar och delsystem som fanns i de koncept som gick vidare från elimineringsmatrisen sattes in i den morfologiska matrisen. Genom att korsbefrukta olika dellosningar framkommer helt nya koncept och eventuella förbättringar som projektgruppen tidigare inte har tänkt på. Utan restriktioner skulle matrisen resultera i 1944 olika koncept, vilket är överväldigande många för att projektgruppen ska kunna göra en detaljerad analys på varje enskilt koncept. För att minska antalet koncept som den morfologiska matrisen resulterar i användes en pragmatisk strategi där tekniskt orimliga, mindre relevanta och inkompatibla dellosningar sorterades bort. Denna strategi resulterade i tolv koncept.

Sub-Functions	Sub-Solutions					
Skapa filterlutning	Adapter mellan filter och chassi	Lutande bottenplåt	Vinklad filterram	Lutande skensystem	Integrerad lutning i chassit	Gångjärnsupphängning
Möjliggöra filterbyte	Utdragbar kassett	Gångjärnsöppning	Snabbfästen			
Applicera tätningskraft	Excenterlås	Fjäder	Skruv	Snäpplås	Magnet	Pressmekanism
Fästa filter i konstruktion	Snäpplås	Skruv	Sprint	Excenterlås	Magnet	Fjäder
Positionera och stödja filter	Sidostöd	Spår/skenor	Ramkonstruktion			

Figur 12, Morfologisk matris

Sub-Functions	Sub-Solutions					
Skapa filterlutning	Adapter mellan filter och chassi	Lutande bottenplåt	Vinklad filterram	Lutande skensystem	Integrerad lutning i chassit	Gångjärnsupphängning
Möjliggöra filterbyte	Utdragbar kassett	Gångjärnsöppning	Snabbfästen			
Applicera tätningskraft	Excenterlås	Fjäder	Skruv	Snäpplås	Magnet	Pressmekanism
Fästa filter i konstruktion	Snäpplås	Skruv	Sprint	Excenterlås	Magnet	Fjäder
Positionera och stödja filter	Sidostöd	Spår/skenor	Ramkonstruktion			

Figur 13, Reducerad morfologisk matris

2.4.3 Konceptkatalog

Utifrån den morfologiska matrisen skapades en konceptkatalog med de tolv koncept som genererades med skisser på dessa koncept och nuvarande lösning som referenslösning i *bilaga 1*. Efter konsultation med företaget drogs slutsatsen att de lösningarna som baserades på den nuvarande lösningen borde vidareutvecklas. Detta beror på att de andra konceptens utformningar inte gör det möjligt att användas i tandemheterna. Dessa koncept är modifierade versioner av dagens lösning, vilket leder till att de därmed kan integreras i den befintliga produktionsprocessen utan större förändringar. Ur ett logistiskt perspektiv hade förändringar av interna delar betytt att en rad olika lösningar producerades. Något som inte anses ekonomiskt hållbart.

2.4.4 Pughmatriser

Pughmatriser används för att systematiskt jämföra olika koncept, där ett koncept är referens som resterande koncept jämförs av och betygsätts med antingen -, 0 eller + beroende på om konceptet jämförelsevis är sämre, lika bra respektive bättre än referenskonceptet på att uppfylla kriterierna. Koncept 1–8 är varianter av koncept fyra sedan tidigare och koncept noll är nuvarande lösning. Samtliga kriterier kommer från önskemålen ur kravspecifikationen, utom *Servicevänlighet av bakre filter* som lades till då projektgruppen ansåg denna vara ett viktigt tillägg.

Chalmers		Pughmatris								
Utfärdare:	Leo Öjerskog	Skapad:		2026-05-19						
	Hannes J. Wennroth	Modifierad:		2026-05-20						
Kriterier		Koncept								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
Minska tidsåtgång för filterbyte		R	-	-	-	-	-	-	-	-
Medge långt serviceintervall		E	+	+	+	+	+	+	+	+
Tåla upprepade filterbyten utan funktionsförlust		F	+	+	+	+	+	+	+	+
Minska tillverkningskostnad		E	+	+	+	+	+	+	+	+
Medge omonterad leverans		R	+	+	+	+	+	+	+	+
Medge tillverkning med befintlig utrustning		E	0	0	0	0	0	0	0	0
Konstruktionen ska väga mindre än nuvarande lösning		N	-	-	-	-	-	-	-	-
Servicevänlighet av bakre filter		S	0	0	-	-	0	0	-	-
Summa:		0	2	2	1	1	2	2	1	1

Figur 14, Pugh-matris med dagens lösning som referens

Resultatet från Pugh matrisen visar att alla koncept som jämfördes var bättre än den nuvarande lösningen och koncepten är relativt lika varandra i prestandan från matrisen jämfört med referensen. De nya koncepten anses vara sämre än referensen på kriteriet *Minska tidsåtgång för filterbyte* då den nuvarande lösningen endast kräver att hela enheten demonteras och byts mot en ny, utan att behöva byta själva filtret. Resterande av koncepten kräver att enheten demonteras, öppnas och filtret byts innan enheten stängs och monteras igen, vilket är mer tidskrävande. Koncept 1–8 väger också mer än referenslösningen om filterkassetten inkluderas i båda fall då extra hårdvara adderas för att uppnå de nya funktionerna.

Chalmers		Pughmatris 2								
Utfärdare:	Leo Öjerskog	Skapad:			2026-05-20					
	Hannes J. Wennroth	Modifierad:			2026-05-20					
Kriterier		Koncept								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
Minska tidsåtgång för filterbyte		+	R	+	-	-	-	-	-	-
Medge långt serviceintervall		-	E	0	0	0	0	0	0	0
Tåla upprepade filterbyten utan funktionsförlust		-	F	0	0	0	0	0	0	0
Minska tillverkningskostnad		-	E	0	-	-	-	-	-	-
Medge omonterad leverans		-	R	0	0	0	0	0	0	0
Medge tillverkning med befintlig utrustning		+	E	0	-	0	-	-	-	-
Konstruktionen ska väga mindre än nuvarande lösning		+	N	-	-	-	-	-	-	-
Servicevänlighet av bakre filter		0	S	0	-	-	0	0	-	-
Summa:		-1	0	0	-5	-4	-4	-4	-5	-5

Figur 15, Pugh-matris med skiftad referens

Eftersom den första Pugh matrisen inte gav något klart bäst koncept jämfört med nuvarande lösning gjordes en ny Pugh matris där koncepten jämförs med ett annat koncept som referens. Av koncept ett, två, fem och sex som presterade bäst på tidigare Pugh matris valdes koncept ett som ny referens. Bytet av referens gör att små skillnader mellan koncepten blir tydligare i resultatet som visar att koncept ett och två är bäst.

2.5 KONCEPTVAL

Koncept ett och två bygger båda på den lösning som används idag men omformar designen för att göra det möjligt för filterbyte. Då båda designerna återanvänder den nuvarande sidopanelerna, men delar de på mitten längst filtrets mitt. Båda lösningarna använder sig av gångjärn för att kunna öppna konstruktionen. Lösningarna utnyttjar även den nuvarande pressmekanismen för att skapa en tätningsyta mot filterfackets tak. Det som skiljer dem åt är typen av mekanism som håller konstruktionen stängd. Koncept ett använder sig av ett magnet för att hålla konstruktionen stängd, medan koncept två använder sig av excenterlås. Att använda magneter som en låsningsmekanism kan leda till svårigheter att hantera filterkonstruktionen. För att säkerställa konstruktionen inte öppnar sig när man handskas med den behöver magneten vara stark nog. En starkare magnet leder till att mer kraft behövs för att öppna konstruktionen vid filterbyte. Av denna anledning valdes koncept två bort.

2.6 SYSTEMARKITEKTUR

Systemarkitektur är en övergripande beskrivning av hur systemet är uppbyggt, samt hur alla dess delar samverkar för att skapa en optimal produkt. Detta genomfördes med hjälp av ett träddiagram. Inom detta projekt skapades ej en gränssnittsmatris då alla delsystem, moduler och komponenter är mekaniska. Träddiagrammet användes för att för att visualisera systemets struktur, funktioner och kopplingar mellan dess olika komponenter. Detta leder till en tydligare helhetsbild som underlättar planering, samt vidareutveckling.

2.6.1 Träddiagram

Nedan presenteras ett träddiagram (*se Figur 16*), som visar hur systemet är uppbyggt med dess moduler och delsystem. Varje modul består av dess egna komponenter, som uppfyller en specifik funktion. Som tidigare konstaterat är alla gränssnitt mellan alla delsystem, moduler och komponenter mekaniska. Modulerna och komponenterna är markerade med I och E. Detta beskriver att komponenterna kan produceras internt, eller kräver en extern leverantör. Då ingen förändring skall göras på filterkassetten, tas denna komponent ej med i träddiagrammet.



Figur 16, Träddiagram

2.6.2 Beskrivning av moduler

Handtag

Handtaget är det som möjliggör för ett enkelt och smidigt byte av filtret. När filtret är låst i filterramen kan dess handtag även användas för att lyfta hela filterramen. Handtaget finns redan monterat på alla Absolents filterkassetter och kräver därmed ingen förändring i produktionen.

Struktur

Filterramens struktur bygger på de plåtar som används för att bära filterkassetten. Plåt på framsidan är en ny del som kommer behöva läggas till i produktionsprocessen. På baksidan finns redan en plåt. Ytterligare plåt behöver läggas till på filterramens nedre halva. Det är på dessa plåtar som gångjärnen sedan kan monteras. För att möjliggöra att filterramen kan öppnas behöver sidopanelerna kapas längst filtrets övre kant.

Öppning

Öppningsmekanismen som har valts är gångjärn. De monteras på de två plåtarna på filterramens baksida.

Låsning

Filterramen behöver kunna låsas. Detta sker genom två excenterlås som monteras på var sida av filterramens framsida. Möjligheten att kunna låsa filterramen gör att både ramen och filtret kan lyftas tillsammans. Excenterlåsen hjälper även till med att täta mellan filterkassetten och filterramens övre del.

Tätning

Tätningsskivor placeras på filtret för att skapa en tät yta mot toppdelen av filterramen. En till tätningsskiva placeras på toppen av själva filterramen. Men hjälp av det tätningssystem som finns inuti rökenheten skapas en tät yta mot filterfackets tak.

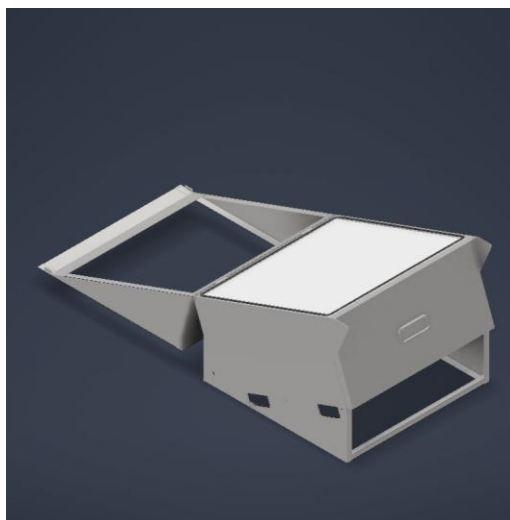
2.7 CAD

När det slutliga konceptet valts påbörjades CAD modellering av konstruktionen. Projektgruppen fick resurser tilldelade av företaget i form av STEP (*Standard for the Exchange of Product model data*) filer på deras befintliga lutande filterkonstruktion och tillhörande chassi. Eftersom konceptet projektgruppen tog fram är så pass likt den nuvarande lösningen kan dessa CAD filer endast modifieras för att få en modell av konceptet. Absolut använder sig av Dassault Systèmes SolidWorks programvara för att modellera sina produkter, men på grund av licensproblem var det inte möjligt för projektgruppen att använda samma programvara. Därför användes STEP filer för delning. Filtypen gör det svårare att modifiera modeller då alla avsedda funktioner från skaparen av den ursprungliga modellen inte sparas i formatet.

CAD modellen projektgruppen tog fram visar huvudfunktionen av konceptet; ett lock som kan öppnas och stängas. Modellen är inte tillräckligt detaljerad för att vara tillverkningsredo, utan har främst varit ett verktyg för projektgruppen att visualisera hur lösningen ska se ut och fungera. Samtidigt har modellen varit ett hjälpmedel vid konstruktion av den fullskaliga prototypen som presenteras i nästkommande kapitel. CAD modellen som presenteras i *figur 17–20* har skapats i programvaran Autodesk Inventor. Programvaran Dassault Systèmes CATIA V5 har även använts som hjälpmedel för intern visualisering för projektgruppen. Dessa program valdes då projektgruppen har tillgång till giltig licens samt erfarenhet och utbildning av dessa.



Figur 17, CAD modell av konceptet. Vy framifrån med locket stängt



Figur 18, CAD modell av konceptet. Vy framifrån med locket öppet



Figur 19, CAD modell av konceptet. Vy bakifrån med locket stängt

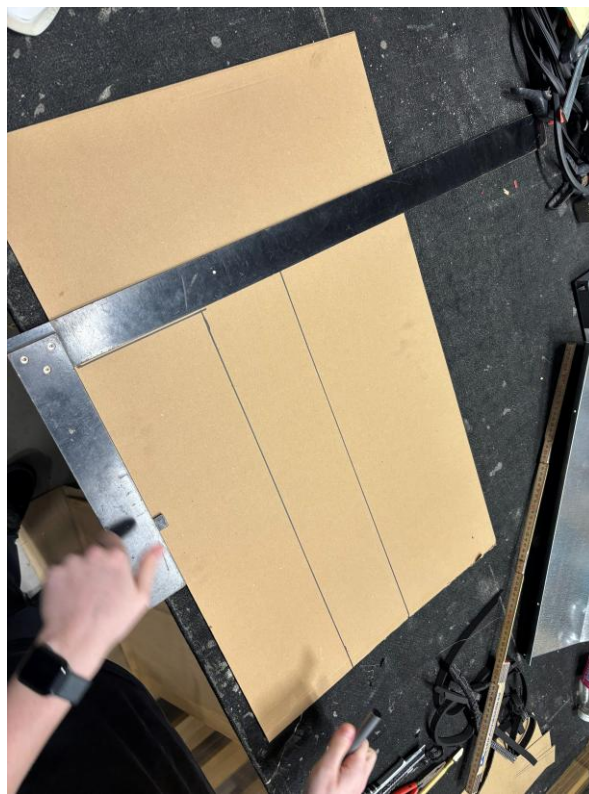


Figur 20, CAD modell av konceptet. Vy bakifrån med locket öppet

2.8 PROTOTYPBYGGE

Den prototyp som konstruerades under prototypbygget är en fullskalig modell som skall kunna utföra de funktionella tester som projektgruppen ställer som krav. För att konstruera prototypen användes den nuvarande filterramen med ett fast filter monterat inuti. Det monterade filtret saknar dess inre komponenter, vilket ledde till en lättare filterram. Projektgruppen tilldelades även de plåtkomponenter som används för att montera ihop den nuvarande lösningen.

I början av prototypbygget undersöktes de nya delar som konstruerades i CAD-modellen. Dessa delar konstruerades först av kartong för att säkerställa att alla dimensioner var korrekta



Figur 21, Mallar skapade av kartong

(se Figur 21). När kartongdelarna provmonterats och det färdigställts att måtten är korrekta sågades det ut i tunnplåt med hjälp av en sticksåg.

För att bespara på mängden material utnyttjades den färdiga filterramen. Hela filterramen var popnitad för att hålla den samman. Då modifikationer behövde göras borrades flera popnitar för att kunna ta ut det filter som monterats inuti chassit. När filtret tagits bort markerades den del på sidoplåtarna som behövde kapas. Även i detta fall användes en sticksåg (se Figur 22).



Figur 22, Ett snitt kapades i ramen av den nuvarande lösningen. Vy från sidan

De popnitar som tidigare borrats upp ersattes med nya för att en få komplett överdel. Då luft riskerar att läcka genom det nya snittet då filterramen nu kan öppnas, behövde en ny tätningssyta skapas. Den ihåliga filterkassetten användes här då det har exakt samma mått som de modulära filter som kommer användas. Två vinklade profiler sågades ut ur en av filterkassetten sidor (se Figur 23). För att kunna montera de nya profilerna på överdelen borrades nya hål, där profilerna sedan nitades på plats. Den tätande ytan skapades genom att lägga på en list i botten av överdelen. Silikon användes för att täcka de glipor där de olika plåtarna inte sitter tätt nog. I en produktionsredo modell behövs inte



Figur 23, Vinklade profiler sågades ut i plåt

detta då plåten kan bockas under produktionsfasen. Gångjärn införskaffades för att möjliggöra öppning av filterramen. Två hål fanns redan på toppdelens baksida. Två nya hål borrades på var sida av dessa för att fästa gångjärnen.

Den nedre av plåtarna på baksidan fästes med hjälp av popnitar som drogs från insidan av filterramen. Detta gjordes för att så lite av popniten som möjligt skulle påverka filterkassetten från insidan. De popnitar som fäster gångjärnen i den nedre plåten sattes också från insidan av samma skäl. På framsidan monterades en plåt för att skapa en mer stabil struktur. Excenterlåsen skulle monterats på insidan av sidoplåtarna. Hos den nuvarande designen fanns inga rimliga monteringspunkter. Detta kunde lösts hos prototypen genom att montera fast tunna plåtar på sidoplåtarnas utsida. Detta genomfördes aldrig då en sådan modifikation hade resulterat i att filterramen blev för bred, vilket i sin tur inte hade gjort det möjligt att genomföra tester. Till slut placerades en ny tätningslist på filterramens topp.

2.9 FUNKTIONELLA TESTER

När prototypen var färdigställd togs den med till Lidköping för att testas i en oljeröksenhet. Redan i slutet av prototypbygget konstaterades det att de popnitar som drogs från insidan stack ut för mycket. Detta ledde till att dessa popnitar filades ned för att få in filterramen i facket på oljeröksenheten. De popnitar som håller fast bakplåten var positionerade för långt ned, då de fastnade i en skarv på enhetens räls. Dessa flyttades högre upp på sidoplåten, vilket löste problemet. Då inga excenterlås fanns monterade för att hålla ihop prototypen löstes problemet genom att pressa ned filterramens övre del för att sedan föra in den i oljeröksenheten.

När filterramen och filterkassetten väl befann sig på plats inuti oljeröksenheten användes rökenhetens räls för att pressa upp filterramen mot enhetens tak. Därmed skapades ytterligare en tätningsyta. Därefter startades oljeröksenheten för att efterlikna ett verkligt scenario. Oljerök cirkulerade genom enheten med ett flöde på ungefär 1500 m³/h. Vid initialt test av prototypen fanns en tryckskillnad av före och efter filtret på 224 Pascal. Dessa mätvärden används av företaget och dess kunder för att se hur fritt luften flödar genom filtret och beroende på hur igensatt filtret är kan service rekommenderas. Då inga filterramar av den nuvarande lösningen fanns tillgängliga användes aluminiumtejp för att tätta till de uppenbara läckorna på filterramen. Den versionen av prototypen användes för att ersätta den nuvarande lösningen. Vid samma flöde på 1500 m³/h uppmättes en tryckskillnad på 240 Pascal. Detta indikerade att läckaget befann sig på cirka 16 Pascal, vilket var under det angivna värdet i kravspecifikationen på 20 Pascal.

När prototypen skulle tas ut ur rökenhetens filterfack fastnade de bockade kanter som skapats på den nya bakplåten i rökenhetens inre chassi. Detta skedde då plåten bockats för hand, men även på grund av att plåten bockats för att omsluta filterramens sidoplåtar. Då marginalerna för filterfackets öppning är så pass små, bestämdes det att en åtgärd behövdes ta för att motverka att liknande problem sker i framtiden. Då ingen typ av låsning eller stoppanordning förekommer för att stänga inne filterkassetten i filterramen, kan inte heller filterkassetten handtag användas för att bära prototypen.

2.10 ANALYS AV MÅLUPPFYLLNAD

I sitt nuvarande skede uppfyller prototypen de funktioner som Absolent AB krävde. Filtret behåller fortfarande en lutning på 20 grader. Prototypen uppnår det nya krav som företaget definierade, att filterkassetten skall kunna demonteras från filterramen. Då prototypen saknade monteringspunkter för excenterlås, samt stoppanordning, kunde tester relaterade till smidigt byte inte utföras. Filterbytet krävde två personer för att säkerställa att filterramen hamnade i rätt spår och kunde tryckas in under filterfackets tak. Den list som skapar en tät yta mellan rökenheten och filterfackets lucka behövde temporärt tas bort för att få filterramen på plats. Detta på grund av de popnitar som drogs från filterfackets insida.

Trots motgångar kunde prototypen säkerställa att många av kraven fortfarande mötts. Byte av filterkassetter i tandemheter går att utföra. Ingen form av verktyg behövs för att utföra ett filterbyte. Detta konstaterar att en produkt som bygger på prototypen kan integreras i företags produktionsprocess utan större förändringar, men vidareutveckling krävs för att finns åtgärder till de problem som prototypen bemött.

3 RESULTAT

Konceptet itererades ytterligare efter prototypbygget för att rätta till de problem som uppkom under bygget och testerna. Därför speglas resultatet inte helt av prototypen. I *figur 24* och *figur 25* nedan visas det resulterande konceptet i sitt stängda driftläge respektive sitt öppna serviceläge.



Figur 24, CAD modell på resultatet. Vy från framsidan med locket stängt



Figur 25, CAD modell på resultatet. Vy från framsidan med locket öppet

3.1 BESKRIVNING AV KONCEPTET

Det slutgiltiga konceptet bygger på konceptet som används idag. Dess mål är att kunna utnyttja de delar och verktyg som används i den nuvarande produktionen. Genom att kapa de nuvarande delarna kan samma dimensioner användas på nytt. Plåtar behöver tilläggas på både fram och baksida för att skapa en mer stabil konstruktion som klarar att bära sin egen vikt, samt upprepande filterbyten. Dessa nya plåtar agerar även som monteringspunkter för gångjärn och excenterlås. Några av de nuvarande panelerna kan behöva modifieras något för att tillåta ändrad montering. Exempelvis behöver sidopanelerna förlängas mot den bakre sidan, detta för att ge den nya bakre plåten något att fästas i för att undvika att nitar sticker ut på sidan där det är begränsat med plats.

3.2 BESKRIVNING AV MODULER

Lock



Figur 26, CAD modell av modulen "Lock"

Locket av resultatet bygger på att återanvända så mycket från företagets nuvarande lösning som möjligt. Locket består av de övre delar som har kapats från sidoplåtarna, den övre bakplåten som tidigare monterats direkt på filtret och den främre listen. Likt bakplåten var denna direkt monterad på filterkassetten. Sidoplåtarna bockas för att skapa en tät yta mot filterkassetten. Då bockning ej var möjlig vid prototypbygget ersattes detta av vinklade profiler. Dessa resulterade i läckage där profilerna monterades. Någon som bör åtgärdas då panelerna bockas. Då yta att placera excenterlåsens hakar saknades vid prototypbygget modifierades sidoplåtarna. Bakplåten och den främre listen förblir oförändrade från originallösningen gällande dess dimensioner. Dessa monteras samman med hjälp av popnitar. För att förhindra att filtret glider ut när filterramen bärs runt stansas den främre listen. Slutligen placeras en tättningslist i nederkant av toppdelen.

Sidoplåtar



Figur 27, CAD modell av modulen "Sidoplåtar". Notera att bilden visar hela modellen med en filterkassett monterad

Sidoplåtarna delas upp i övre och nedre delar. De övre delarande beskrevs i stycket ovan. De nedre delarna omsluter filtrets sidor. Det är även i dessa plåtar som popnitarna orsakade komplikationer. För att åtgärda detta modifierades de nedre delarna av sidoplåtarna. Genom att förlänga plåten bidrog det till att den nedre bakplåten kunde bockas bakåt, sedan nitas fast i den förlängda delen. Svårigheten som uppstår med att förlänga dessa plåtar är att utrymmet baktill är begränsat. Detta beror på att filterramarna skall kunna få plats i singelenheterna. Plåtarna kan förlängas med sju millimeter baktill, vilket lämnar nog med yta för popnitar. Sidoplåtarna ändrades även framtill för att kunna fästa excenterlåsets hake.

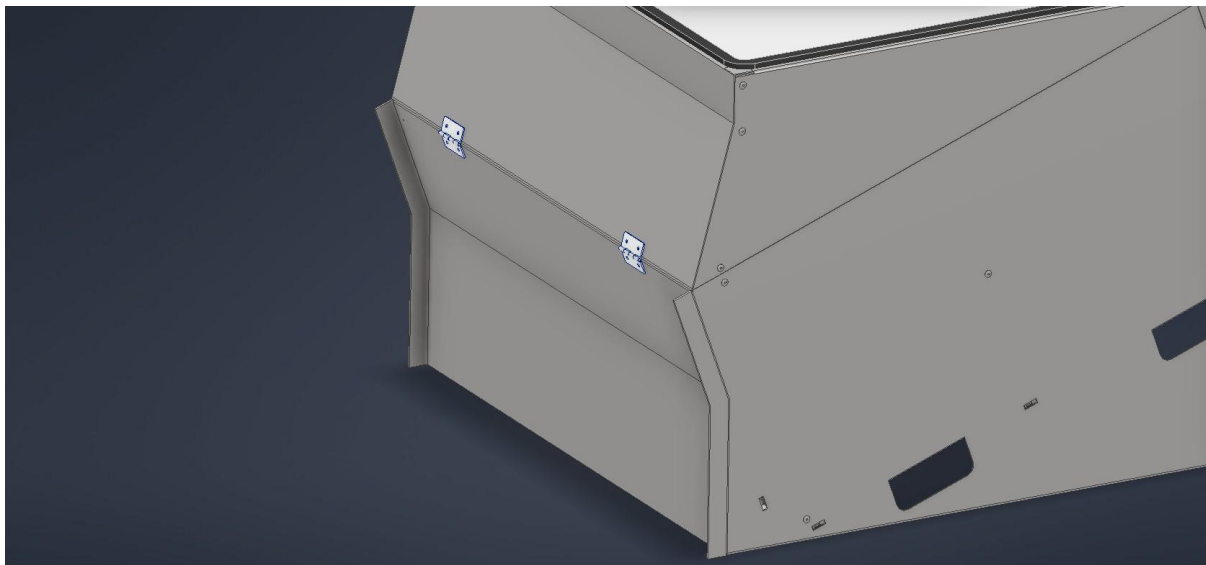
Excenterlås



Figur 28, CAD modell av modulen "Excenterlås"

Locket och den nedre delen av filterramen pressas ihop med hjälp av excenterlåsen. Den tätningsslist som placeras i lockets nedre kant kräver någon form av kraft för att skapa en tät yta mellan filterkassetten och själva locket. Excenterlåsen löser detta genom att applicera den kraft som krävs för att hålla ihop konstruktionen, samtidigt som den förblir användarvänlig och inte kräver några specifika verktyg.

Bakplåtar och gångjärn



Figur 29, CAD modell av modulerna "Bakplåtar" och "Gångjärn"

Den övre bakplåten förblir oförändrad dimensionsmässigt. Ett nytt hål behövs borraras i nedre på plåten för att kunna montera gångjärn. Befintliga hål fanns sedan innan då bakplåten nitades in i filterkassetten. Den nedre plåten är nytt inskott. Den bockas bakåt med en vinkel på 20 grader för att följa filtret. Kanterna bockas 90 grader bakåt för att möjliggöra montering på sidoplåtarna. Även i detta fall tas det begränsade utrymmet baktill i hänsyn. Bakplåten och sidoplåtarna fästs i varandra med hjälp av popnitar.

3.3 UPPFYLLNAD AV KRAV

Genom de lärdomar som togs från prototypbygget och de funktionella testerna så ändrades designen hos prototypen för att åtgärda dessa. Läckaget hos locket löstes genom att bocka plåtarna i stället för att använda vinklade profiler. Problemet relaterat till popnitar som sticker ut löstes genom att förlänga sidoplåtarna och bocka bakplåten åt andra hållet, därefter nita dem samman. Detta löser problemet kring att filterramen inte fick plats i befintligt filterfack. Genom att designa om sidoplåtarna framtill möjliggör montering för excenterlåsen. Tillsammans med de nya stansningarna på den främre listen hålls filterkassetten på plats och filterramen kan bäras genom handtaget monterat på framsidan. Arbetet kring filterbyte bör i detta skede kunna utföras av en person.

4 DISKUSSION OCH SLUTSATS

Detta examensarbete har haft som mål att utveckla en konstruktionslösning som möjliggör ett byte av filterkassetter utan att hela filterramen behöver ersättas. Det preliminära målet var att ta fram en lösning som demonstrerar att detta mål går att uppnå. Genom små justeringar i befintlig produktion, med ett fåtal nya tillskott, kan de delar som idag används optimeras för att skala en mer hållbar produkt som sparar både företaget och kunden resurser.

Genom konceptutveckling, CAD-modellering, prototypbygge och funktionella tester har lösningen bevisats vara teknisk genomförbar. Genom att vidareutveckla lösningen från de lärdomar som uppstod vid testerna framkommer en produkt som kan uppnå god täthet, möjliggöra enkelt filterbyte och kan integreras i alla Absolents modeller med lutande filter.

Det slutgiltiga konceptet bidrar till minskad materialanvändning över lång sikt och mer volymeffektiv transport. Med lösningen integrerad i framtida oljeröksenheter kan kunden enbart införskaffa sig filterkassetter när det närmar sig byte. Trots en marginell förhöjning i produktionskostnad kommer besparingar i både material och arbetskraft snabbt kompensera för den ökade summan.

Dessa faktorer visar att examensarbetets övergripande mål har uppnåtts. Produkten kan fortfarande vidareutvecklas och förbättras. Inom detta arbete utfördes inga detaljerade hållfasthetsberäkningar. Slutsatsen drogs att den struktur som används i dagens lösning för att bära filterkassetten förblev i stort sett oförändrad. Ytterligare plåt har adderats som bör medge en mer stabil struktur. Detta påstående kräver verifikation genom noggrannare beräkningar eller FEM-analys.

Flera olika lösningsförslag valdes bort tidigt i idégenereringsprocessen då de alla krävde någon form av förändring i oljerökenhetens interna chassi. Argumentet som drogs för att dessa skulle tas bort kretsade främst i problematiken som bemöts i tandemheterna. Ytterligare anledning till att dessa koncept inte är ekonomiskt hållbara grundas i de enheter som redan finns ute i industrin. Om kommande oljeröksenheter använder sig av en ny typ av system för lutande filter, kommer Absolent behöva producera en typ av system för de gamla enheterna och en typ för de nya. Lösningar baserade på det som sållades bort, kräver även en fullständig om-design kring interna delar i framtida rökenheter. Någon som inte anses ekonomiskt genomförbart.

4.1 VIDAREUTVECKLING

Ett förslag på vidareutveckling är att integrera skenor på insidan av sidopanelerna som filtret vilar på för att underlätta filterbytesprocessen. I nuläget vilar filtret på små profiler som är stansade i sidopanelerna. Detta kan göra att filterkassetten monteras snett eller hamnar i fel position vid montering. Dessa föreslagna skenor kan exempelvis konstrueras av de handtag som finns på sidopanelerna. Handtagen stansas i nuläget ut som hål och restmaterialet slängs. I stället hade restmaterialet kunnat bockas 90 grader inåt om den övre kanten av handtagen inte stansas och då agera som skenor som filtret vilar på.

En mer detaljerad CAD modell behövs för att kunna integrera produkten i produktionen och göra designen kompatibel med de maskiner som finns tillgängliga. I nuläget saknas många detaljer från modellen. Exempelvis är inga popnitar eller deras tillhörande borrhål modellerade.

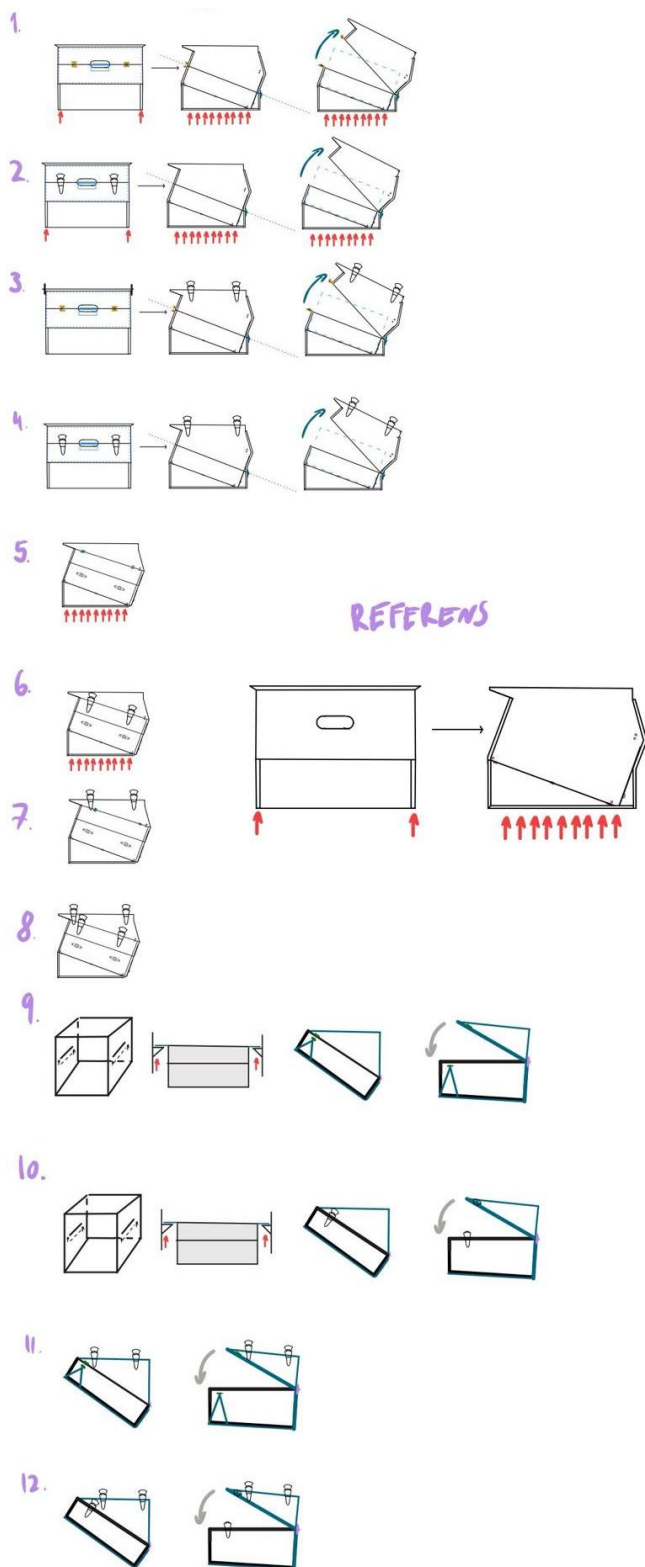
Vidare bör beräkningar på tätningslisten som sitter mellan filtret och locket utföras. Eftersom denna tätning är speciell med att ledade gångjärn pressar ihop locket med tätningsytan på filtret kan tätningen bli ojämnt belastad om gångjärnen är monterade på fel höjd. En geometrisk analys kan visa en mer korrekt placering av gångjärnen så att ytorna blir parallella och därmed jämnt belastade när tätningen pressas ihop. En korrekt belastningskraft av excenterlåsen kan också bestämmas med en analys av tätningslistens egenskaper.

Lösningen bör även tillverknings anpassas för att konstatera att de tänkta detaljerna faktiskt är genomförbara i dagens produktion. I samband med detta bör en noggrannare toleransanalys genomföras. Detta kan undersöka hur tillverkningsvariationer påverkar passform, täthet och monterbarhet hos den framtagna konstruktionen. När produktionsprocessen här utvärderats kan en produktionsredo prototyp tas fram. Denna prototyp kan sedan användas för långtidstester. Efter dessa tester kan det konstateras om prototypen är lämplig att börja producera

5 KÄLLFÖRTECKNING

- Arbetsmiljöverket. (2023). *Gränsvärden för luftvägsexponering i arbetsmiljön (AFS 2023:14)*. Arbetsmiljöverket. <https://www.av.se/arbetsmiljoarbete-och-inspektioner/publikationer/foreskrifter/afs-202314/>
- Absolent AB. (u.å.). *AE – Kompakta lösningar för renare luft*. Hämtad 27 mars 2026 från <https://absolent.se/product-group/ae-oil-smoke-extraction/>
- Absolent AB. (u.å.). *För hälsa*. Hämtad 27 mars 2026 från <https://absolent.se/vi-renar-luften/for-halsa/>
- Absolent AB. (u.å.). *AE-serien* [Bild]. Hämtad 27 mars 2026 från https://absolent.se/product/_trashed/
- Bearbetning.se. (u.å.). *Oljedimavskiljare – effektiv rening av luft i industrimiljöer*. Hämtad 27 mars 2026 från <https://www.bearbetning.se/arbetsmiljo/oljedimavskiljare-effektiv-rening-av-luft-i-industrimiljoer/>
- Donaldson Company, Inc. (u.å.). *WSO filters*. Hämtad 27 mars 2026 från <https://www.donaldson.com/en/products/oil-mist-filters/wso-filters/>
- Filtersystem Sverige AB. (u.å.). *Bernoulli automatfilter – centrifugalseparatorer*. Hämtad 27 mars 2026 från <https://filtersystem.se/produkt/bernoulli-automatfilter/centrifugalseparatorer/>
- Primetek Solutions AB. (u.å.). *Air purification – oil mist and particles*. Hämtad 27 mars 2026 från <https://primetek.se/en/solutions/air-purification-oil-mist-and-particles/>
- QleanAir Scandinavia AB. (u.å.). *QleanAir FS 70 HEPA*. Hämtad 27 mars 2026 från <https://qleanair.com/sv/produkter/luftrenare/qleanair-fs-70-hepa/>
- Ventilation.se. (2026, 11 februari). *Elektrostatisk luftrenare – effektiv rening av inomhusluft*. <https://ventilation.se/sv/post/elektrostatisk-luftrenare-effektiv-rening-av-inomhusluft>

6 BILAGOR



Bilaga 1, konceptkatalog. Den morfologiska matrisen resulterade i dessa 12 olika koncept med dagens lösning ritad som referens

INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH
MATERIALVETENSKAP

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA



CHALMERS