

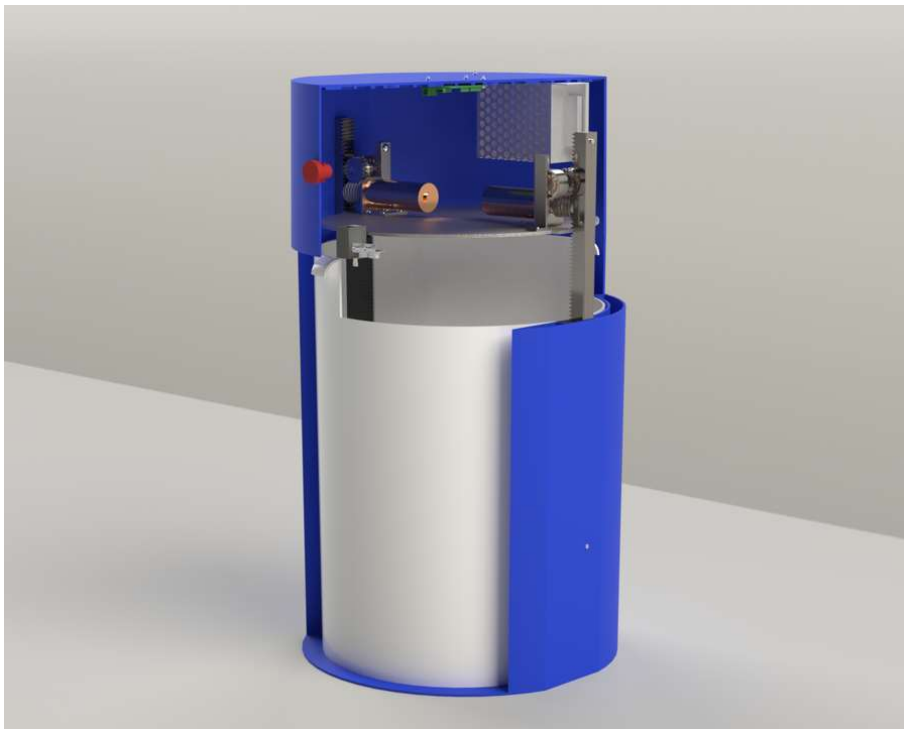
T - Total

R - Rummelig

A - Affalds

S - Sammenpresser

压- yā (Press, crush,
pressure)



Mekanik og produktion, 3.025C, 2025-05

2. Semesterprojekt



AALBORG UNIVERSITET
STUDENTERRAPPORT



AALBORG UNIVERSITY

STUDENT REPORT

Materials and Production
Aalborg University
<http://www.aau.dk>

Maskinteknik og MP P2

Titel: P2 - Produkt & produktion

Projekt periode:
03/02/2025 $\Rightarrow$ 23/05/2025

Projekt gruppe:
3.025c

Gruppemedlemmer:
Filip K. Holm
Frederik Flindt-Jacobsen
Julian Zachar-Fink
Kasper T. Lassen
Kristoffer Mancini
Thanush Satchithanatham

Vejleder:
Benny Endelt

Antal sider:
58

Total antal sider:
122

Dato:
11. august 2026

Abstract

With packaging generating a significant amount of household waste, limited storage space often results in an increased frequency of the number of times individuals need to take out the trash. Therefore, this report aims to develop a trash can, capable of compressing plastic at a ratio of 3:1. Several requirements were found and weighed, most important of which was price. Materials for specially designed products were chosen, and production methods were chosen. The focus was to keep production price as low as possible. Technical 3D drawings were created, and based on those drawings, the concept has been analysed with a finite element method, to ensure that it is stable and can withstand the stress and strain caused by the moving compression mechanism. The trash compressor can perform the tasks it was designed for, and at a production price of 822,11 DKK.

Forord

Dette er en studierapport, skrevet af 2. semester mekanik og produktions, bachelor og diplomingeniør studerende på Aalborg universitet, i samarbejde med Benny Endelt som vejleder.

Rapporten er skrevet i LaTeX, ved brug af overleaf. Referancer er gennem rapporten blevet opsat med Harvard stilen, samt referencer i rapporten som (Forfatter årstal).

Anerkendelser Vi ønsker at takke Benny Endelt for vejledningen gennem dette projekt. Vi vil også sige mange tak til det tekniske personale på AAUs værksted for at hjælpe med forsøget. Til sidst vil vi sige tak til de studerende på AAU samt Nordværk for at besvare de spørgsmål der skulle besvares for at danne rammerne til et godt produkt.

Brug af generativ kunstig intelligens

Kunstig intelligens er blevet brugt i denne rapport af deltagende medlemmer, til inspiration, omskrivning fra eksterne beregninger til LaTeX kode, forståelse af emner/ord gennem omformulering og oversættelse, samt tegnsætning. Der er på intet tidspunkt blevet brugt AI som kilde, men det er blevet brugt som søgemaskine til at søge efter relevante kilder fra eksterne steder så som, Google, Google Scholar, Aalborg universitets bibliotek og Lektorer/Professorer fra Aalborg universitet, hvis der opstod tvivl.

Underskrifter

Filip K. Holm

Frederik Flindt-Jacobsen

Julian Zachar-Fink

Kasper T. Lassen

Kristoffer Mancini

Thanush Satchithanatham

Indholdsfortegnelse

1	Indledning	2
2	Problemanalyse	3
2.1	Skrald skaber pladsproblemer	3
2.2	Undersøgelse af nuværende løsninger på marked	4
2.3	Komplikationer ved sammenpresning af affald	9
2.4	Hvordan behandles skrald	10
2.5	Eksperiment for bestemmelse af trykkraft	11
3	Afgrænsning og problemformulering	15
3.1	Afgrænsning	15
3.2	Problemformulering	16
4	Kravspekifikationer	17
4.1	Kunde krav	17
4.2	Designspecifikationer	18
5	Løsningsgenerering	20
5.1	Processer	20
5.2	Funktions/midler-træer	21
5.3	Morfologisk skema og Analyse	23
6	Detaljeløsning og dimensionering	34
6.1	Mekaniske valg	34
6.2	Produktbeskrivelse	35
6.3	Materialevalg	42
6.4	Arbejdstegning	43
7	Pris & kontrolberegninger	45
7.1	Samlet pris	45
7.2	Fremstillingsproces	48
7.3	Kritiske scenarier	49
7.4	Kontrolberegning af tandhjul	51
7.5	Konvergensanalyser	52
8	Diskussion	56
9	Konklusion	58
	Bibliografi	59

Bilag A	Morfologisk skema	64
Bilag B	Træer for Funktioner/ midler	84
Bilag C	Email fra Nordværk	89
Bilag D	Eksperiment fremgangsmåde	91
Bilag E	Eksperiments data	93
Bilag F	Koncepter	94
Bilag G	Plastik priser	112
Bilag H	Routing	114
Bilag I	Konvergensanalyser	118

Nomenklatur

Forkortelse	Forklaring	Enhed
AISI	American Iron and Steel institute — Bliver brugt til at ensrette navngivningen af metaller.	-
BOM	Bill of materials — Liste af delkomponenter som bruges til en samlet løsning.	-
PPS	Polyphenylene sulfid — En plasttype	-
FE	Finite Element	-
FEA	Finite Element Analyse	-
FEM	Finite Element Metode	-
h	Vægtykkelse	mm
α	Termisk diffusivitet	m^2/s
k	Termisk konduktivitet	$W/(m \cdot K)$
T	Drejningsmoment	$N \cdot m$
r	Stigningsradius	mm
σ_b	Bøjningsspænding	MPa
M	Gear modul	1,5
Y	Lewis form factor — Et tal som bruges til at beregne spænding på gear	-
ρ	Densitet af skrald	kg/m^3
Φ	Komprimeringsratio	-
M_s	Massen af affalde	kg
A_c	Arealet af cylinderen	m^2
h_c	Højden af cylinderen	m
h_p	Højden af pladen	m
$\Delta V_{\%}$	Forskellen i volumen, i procent.	%
p	Tryk	Pa
F	Kraft	N
$t_{cooling}$	Køletid	sek
F_t	Tangentiel belastning	N
b	Gear bredden	mm
σ	Spændinger	MPa

1. Indledning

Varer fra supermarkeder og pakker fra nettet kommer med emballage, om det er plastik, pap, papir eller organisk affald. Ofte ender dette som affald der fylder i hjemmet. Små hjem, hovedsageligt i byerne og især små lejligheder, har ofte ikke plads til at opbevare større mængder af affald, hvilket betyder at der ofte skal bæres affald ud. Der ses allerede en tendens til at mængden af emballage reduceres og gøres mere miljøvenlig. Uanset hvordan emballagen udvikler sig, er der stadig en problematik nu og i den nærmeste fremtid.

Alt efter typen af affald kan volumen reduceres på forskellige måder, som varme, kemikalier og komprimering. Der ønskes at finde en løsning der er omkostningseffektiv og det vurderes at løsninger der benytter varme eller kemikalier er for risikable. Industri, forretninger og genbrugspladser benytter sig af mekanisk komprimering til at reducere volumen af hovedsageligt pap og plastik affald. Disse løsninger er dog for store og overdimensionerede til den lignende problematik i hjemmet. Udfordringen er at lave en mekanisme som er kraftig nok til at komprimere affald i en størrelse som mere realistisk kan passe ind i hjemmet.

Dette fører til følgende initierende problem, som er grundlaget for den efterfølgende problemanalyse, samt grundlaget for dette projekt.

”Der genereres store mængder skrald, samtidig med at det fylder meget. Kan en affaldskomprimator benyttes til at reducere volumen af affaldet for at minimere antal gange skraldet skal bæres ud.”

2. Problemanalyse

Det følgende kapitel omhandler affald i hjemmet, der skaber pladsproblemer, samt hvilke typer affald, der optager mest plads. Derudover beskrives der forskellige størrelser og priser på skraldespande. Afsnittet gennemgår også de nuværende løsninger til affaldskomprimering, hvordan de fungerer og hvilke udfordringer, der er forbundet med affaldskomprimering, herunder sikkerhedsmæssige aspekter. Afsnittet vil desuden forklare, hvordan affald komprimeres i forskellige lande, samt hvor meget tryk, der kræves, for at reducere affaldets volumen.

2.1 Skrald skaber pladsproblemer

35% af danskere mener de mangler plads, når det kommer til skrald. Det er et problem, både for de individuelle mennesker, der skal bruge tid på at gå ned med skraldet, men det skaber også problemer for samfundet. Når der ikke er plads i den ene skraldespand, smider nogle mennesker bare skraldet i en anden, f.eks. hvis plast og metal spanden er fuld, smider de det i restaffald, hvilket kan forårsage miljøskader. (Zoé K. Bochatay 2024)

For at få noget mere information om problemet er der lavet et spørgeskema blandt ingeniør studerende på AAU. Svarene på spørgeskemaet ligger vedhæftet herunder i figur 2.1. På skemaet er det tydeligt at de studerende mener skraldet fylder for meget, og at plastik, papir og pap er den type skrald, der fylder mest. Det giver god mening, eftersom der typisk er meget luft i og mellem typerne af skrald. Skemaet viser at de studerende presser affaldet sammen over en gang i gennemsnit før det bliver taget ud. Derfor ville det give mening at lave en maskine, der gør dette arbejde for dem.

Fylder affald for meget hos dig?			
Ja		Nej	
11		3	
Hvilken type affald fylder for meget?			
Plastik	Pap/papir	Metal	Mad
11	13	1	3
Hvor tit presser du affaldet sammen før du smider det ud?			
Aldrig	Nogle gange	Ofte	Altid
1	10	4	1
Hvor mange penge vil du bruge på en affaldskomprimator til dit hjem?			
< 100 DKK	100 - 500 DKK	501 - 1.000 DKK	> 1.000 DKK
0	11	3	2

Tabel 2.1. Resultater fra spørgeskema til AAU ingeniør studerende.

Besvarelsene på dette spørgeskema i figur 2.1, er lavet på et meget begrænset grundlag eftersom der kun er 14 deltagere. Men det er stadig meget sigende for problemstillingen, og taler meget tydeligt ud fra besvarelsene.

Den gennemsnitlige køkkenskraldespand har en størrelse på 20 L (Lomax 2022b). Ifølge (Danmarks Statistik 2023) producerede den gennemsnitlige dansker 219 kg dagrenovationsaffald i 2021. Ifølge (Monaco 2021) er den gennemsnitlige densitet af den type skrald, ifølge tabel 2, $60,9 \frac{lb}{yd^3}$ hvilket svarer til $36,1 \frac{kg}{m^3}$. Det svarer til at den gennemsnitlige dansker laver 6.070 L skrald om året. Dermed bliver der fyldt ca. 304 skraldespande på et år, som skal tages ned til skraldecontaineren.

Plast, metal, pap og papir er fire typer af tørt affald hvor det vil kunne gavne at reducere volumen (Miljøstyrelsen u.d.). I den gennemsnitlige bolig optager plast(9%), metal(3%), pap og papir(23%) i alt 35% af alt affald eller 564,965 $\frac{ton}{år}$. Bilag C. Andre typer affald såsom glas og farlig affald, er for farligt at komprimere i hjemmet.(affald.dk u.d.) Madaffald kan komprimeres, men det er ofte ikke en god ide at have madaffald opbevaret i hjemmet i længere perioder. Problemet med restaffald er, at det er en ukontrolleret blanding af affaldstyper og kan ikke garanteres at være "tørt" affald.

2.2 Undersøgelse af nuværende løsninger på marked

I følgende afsnit undersøges størrelsen af skraldespande i de danske hjem, samt hvilket prisleje skraldespande kan findes i.

2.2.1 Størrelsen af forskellige køkkenskraldespande

De mest almindelige placeringer for en skraldespand i køkkenet er enten inde i et skab, typisk under håndvasken eller fritstående langs en væg. Valget af placering afhænger ofte af køkkenets størrelse, indretning og brugerens præferencer.

I mange køkkener placeres skraldespanden i et skab for at skjule den og minimere lugtgener. De fleste standard skabslåger har en bredde på omkring 60 cm og en højde på 70 cm, hvilket begrænser størrelsen på de skraldespande, der kan opbevares inde i skabet. Dette gælder specielt hvis der vælges at have skraldespanden under vasken, da der vil være mindre plads, grundet rør og afløb fra håndvasken. Af denne grund har skraldespande i skabe, ofte en kapacitet på maksimalt 10 til 15 L, hvilket kan betyde, at de skal tømmes oftere (KitchenAid u.d.[b]).

For dem, der vælger at have en skraldespand stående frit i køkkenet, er der typisk mere fleksibilitet i valg af størrelse og design. Fritstående skraldespande har ofte en kapacitet på mellem 20 og 30 L, men kan være både større og mindre afhængigt af behovet. Nogle større husholdninger eller køkkener med god plads kan have skraldespande på op til 50 L eller mere, især hvis der er flere udsorteringer på affaldet, dog er dette meget sjældent.(Lomax 2022a)

Valget af skraldespand afhænger i høj grad af husstandens størrelse, køkkenets pladsforhold og affaldsproduktionen. I større hjem med rummelige køkkener, og flere beboere, vil der ofte være et større behov for en skraldespand med større kapacitet, samt have mulighed for dette. Mindre boliger, eller lejligheder, vælger typisk mere kompakte løsninger for at spare plads. (Boligjunkies 2023)

2.2.2 Eksempler på almindelige skraldespande

Prisen på en skraldespand kan variere markant, da flere faktorer har indflydelse på den samlede pris. Materialet, størrelsen og ekstra funktioner, har stor betydning for prisen af skraldespanden. Der findes både enkle, budget-venlige modeller og avancerede skraldespande med smarte funktioner, der gør affaldshåndtering mere praktisk. Ifølge PriceRunner ligger priserne på skraldespande mellem 75 - 4.509 DKK (Pricerunner 2025), på det danske marked, men i afsnit 2.2.3 vil der også kigges på konkurrenter uden for dette marked.

En af de billigere modeller er SmartStore affaldssortering (13 L) fra Føtex, som er fremstillet af genbrugsplast og koster kun 79 DKK. (Føtex 2025a) Til sammenligning findes der skraldespande fremstillet af mere holdbare materialer, såsom Sorteringsaffaldsspand (3 x 12 L) fra Føtex, der er lavet af stål og koster 1.499 DKK. (Føtex 2025b)



Figur 2.1. SmartStore Collect fra Føtex.

Navn	SmartStore Collect
Pris	79 DKK
Volumen ydre	19 L
Volumen indre	13 L

Tabel 2.2. Information om SmartStore Collect.



Figur 2.2. Sorteringsaffaldsspand fra Føtex.

Navn	Sorteringsaffaldsspand
Pris	1.499 DKK
Volumen indre	3x12 L

Tabel 2.3. Information om sorteringsaffaldsspanden.

Udover størrelse og materiale, har skraldespandens ekstra funktioner en væsentlig indflydelse på prisen. Inden for denne kategori af skraldespande er der kontaktløse og berøringsfri skraldespande. Disse er udstyret med en sensor, som automatisk åbner låget,

når brugeren aktiverer den. Der findes mange forskellige versioner inden for denne type. En af disse typer er Durable Sensor Bin (35 L), som koster 1.348 DKK. (Lomax 2025)



Figur 2.3. Durable Sensor skraldespand.

Navn	Durable Sensor Bin
Pris	1.348 DKK
Volumen ydre	64,18 L
Volumen indre	35 L
Funktion	Sensor der kan åbne låget

Tabel 2.4. Information om Durable Sensor skraldespand.

Der findes også modeller med endnu mere avancerede funktioner, såsom Xiaomi Townew T1, der automatisk binder skraldeposen og har en pris på 1.699 DKK. (Power 2025)



Figur 2.4. Xiaomi-townew-t1.

Navn	Xiaomi Townew T1
Pris	1.699 DKK
Volumen ydre	29,9 L
Volumen indre	15,5 L
Funktion	Binder skraldeposen

Tabel 2.5. Information om Xiaomi-townew-t1.

2.2.3 Eksempler på komprimerings løsninger

Markedet for skraldespande med indbygget komprimeringsfunktion til privat brug kan opdeles i to underkategorier; manuel komprimering og automatisk komprimering. Manuel komprimering kræver at brugeren selv presser affaldet sammen, mens automatisk komprimering sker ved hjælp af en mekanisk eller elektronisk enhed, der gør arbejdet for brugeren.

I Europa, herunder Danmark, er konkurrencen inden for dette segment ikke særlig stor. Dette betyder, at der ikke er mange konkurrenter at kæmpe imod, hvilket kan gøre det lettere for nye aktører at komme ind på markedet.



Figur 2.5. Titan fra Joseph Joseph.

Navn	Titan trash compactor
Pris	1.800 DKK
Volumen ydre	91,7 L
Volumen indre	30 L
Funktion	Komprimering 3:1

Tabel 2.6. Information om Titan trash compactor.

En af konkurrenterne til en affaldskomprimator er ”Joseph Joseph Titan 30 L” se figur 2.5. Denne skraldespand fungerer som en manuel skraldepresser. Ifølge producenten Joseph Joseph, har skraldespanden en komprimeringsratio på 3:1, hvilket betyder, at den kan reducere affaldsvolumen til en tredjedel af den oprindelige størrelse. Dog kan denne ratio variere afhængigt af, hvordan brugeren anvender skraldepresseren. Skraldespanden har en volumen på ca. 30 L. Til denne skraldespand er det også nødvendigt at købe poser, specifikt til denne skraldespand. Grunden til dette er Titans unikke måde at montere poserne på, samt posernes højere styrke, så de ikke går i stykker lige så let. Skraldespanden koster omkring 1.800 DKK, uden poser, og kan købes i flere butikker, heriblandt Imerco, hvilket gør den let tilgængelig for forbrugerne. (Joseph u.d.)



Figur 2.6. Sophinken Frank.

Navn	Sophinken Frank
Pris	345 DKK
Volumen ydre	20,25 L
Volumen indre	11 L
Funktion	Komprimering 3:1

Tabel 2.7. Information om Sophinken Frank.

”Sophinken Frank”, se figur 2.6 er et andet eksempel på en konkurrent. Denne skraldespand er også manuel, men har en mindre kapacitet på kun 11 L, max volumen på 20,25 L. Den er designet til at kunne placeres i skabe eller lignende, hvilket gør det muligt for forbrugeren at gemme skraldespanden væk. Sophinken Frank har også en komprimeringsratio på 3:1. Ligesom med Titan-skraldespanden afhænger dette forhold dog af, hvordan brugeren anvender produktet.

En fordel ved Sophinken Frank er, at det ikke er nødvendigt at tilkøbe special poser,

hvilket kan være en økonomisk fordel. Skraldespanden koster 345 *DKK*, hvilket gør den til den billigste blandt konkurrenterne. Dog er Sophinken Frank ikke lige så populær og let tilgængelig som Titan-skraldespanden. Den kan købes på mindre netbutikker, hvilket gør den sværere at få fat i for forbrugeren, medmindre de specifikt søger efter produktet. (Smartasaker u.d.)



Figur 2.7. Affaldskomprimator fra KitchenAid.

Navn	KitchenAid trash compactor
Pris	12.000 <i>DKK</i>
Volumen ydre	201,32 <i>L</i>
Volumen indre	40 <i>L</i>
Funktion	Komprimering 5:1

Tabel 2.8. Information om KitchenAid Affaldskomprimator.

I Amerika er det mere populært at have en automatisk skraldespand med komprimeringsfunktion i hjemmet. Disse skraldespande er også større og indbygget i køkkenet, på samme måde som en opvaskemaskine. Et eksempel er "*KitchenAid 1.4 Cu. Ft. Built-In Trash Compactor*", se figur 2.7 som er meget populær og kan købes i flere større butikker, herunder Home Depot.

Denne model kan ikke købes i Danmark, men den er stadig interessant at kigge på, da den tilbyder noget andet end de to tidligere nævnte modeller. Prisen ligger på omkring 1.664 *USD*, hvilket svarer til cirka 11.911 *DKK*. Dette gør den væsentligt dyrere end de tidligere konkurrenter. Dog med den forhøjede pris følger også en større kapacitet på omkring 40 *L* og en komprimeringsratio på 5:1, samt en ydre volumen på 201,32 *L*, hvilket er markant større end de tidligere konkurrenter. (KitchenAid u.d.[a])

2.2.4 Mekanismen for komprimering

Der er både store industrielle maskiner, og mindre maskiner til brug i hjemmet. Blandt de industrielle løsninger er de mest hyppige stationære, self-contained, vertikale og lejlighedskomprimatorer. (Flood Brothers u.d.) De automatiske fungerer grundlæggende på samme princip, et hydraulisk stempel presser skraldet sammen. Der findes også nogle andre typer af komprimatorer, som pre-crushers, der knuser skraldet, og så derefter komprimerer, det ses på figur 2.8 (Global Trash Solutions 2013). Der er nogle affaldskomprimatorer til hjemmet, som KitchenAid built in trash compactor, Se figur 2.7 (KitchenAid u.d.[a]). De her er meget store komprimatorer, der også kan bruges som køkkenoverflade på toppen, men de kan koste over 10.000 *DKK*, hvilket kan gøre dem

uattraktive for den generelle forbruger. Disse komprimatorer fungerer også på samme princip som de industrielle komprimatorer, med et stempel drevet af hydraulik. Der findes også eksempler på pneumatisk drevne stempler som pneumatic vertical baler fra Sideon. (Sideon u.d.) Der eksisterer ikke nogle affaldskomprimatorer, der fungerer på andre principper end stempler, hvilket kan være et hul i markedet, og en mulighed for innovation.



Figur 2.8. Her ses hvordan en typisk affaldskomprimator fungerer.

2.3 Komplikationer ved sammenpresning af affald

I dette afsnit undersøges komplikationerne som følger med sammenpresningen af affald. Der berøres problemer omkring affaldssorteringen, sikkerhed i skraldespanden og hvilke eksterne elementers påvirkning den skal kunne modstå.

2.3.1 Komplikationer for affaldssorteringscentre

Der kan være nogle komplikationer ved selv at sammenpresse affaldet. Affaldshåndtering kan variere på tværs af lande, men generelt bliver skraldet separeret ved affaldssorteringscentre. Herefter sorteres og føres det videre til næste del af processen (Farnsworth 2020). Ved at komprimere affaldet før det kommer hen til sorteringscentre, kan det potentielt blive sværere at adskille affaldet, og dermed sværere at sortere det. Dette er noget, der skal undgås, da løsningen til projektets problem ikke skal skabe flere problemer. Se bilag C

2.3.2 Sikkerhed

Der skal også laves nogle sikkerhedsovervejelser når det kommer til at lave en affaldskomprimator til hjemmet. Brugeren kan potentielt komme til skade hvis der kommer kropsdele i klemme under komprimeringen. Derfor skal designet tage højde for nogle sikkerhedsmekanismer, så ingen mennesker kommer til skade under brug af produktet.

Når komprimatoren er i gang, er der fare for at fragmenter kan blive sendt ud i luften og skade personer, der bruger maskinen. Der skal derfor laves nogle sikkerhedsforanstaltninger, der skal sørge for at farlige fragmenter ikke kan ramme personen, der benytter maskinen.

Hvis løsningen ender med at bruge strøm for at operere, er det vigtigt at de elektriske dele er ordenligt isoleret, for at sørge for at personen, der bruger maskinen ikke får stød. Det er nødvendigt at holde strømmen lav, da det kan være dødsensfarligt for mennesker at komme i kontakt med for høj en strøm, da ampere på mellem 50-150 mA kan dræbe. (Sanders 2024) Løsningen skal derfor være godt isoleret, for at sørge for den der bruger maskinen ikke får stød, og også kunne fungere på så lav strøm som muligt, for at reducere vedligeholdsprisen.

Der er også potentiale for at maskinen kan lave for meget larm. Gentagende eksponering til lyde over 85 dB kan forårsage skader til høreevnen. Ved højere lyde skal der mindre eksponering før høreskader finder sted (NIH 2022). Hvis noget affald skraber mod hinanden på uheldige måder kan det lave høje lyde. Industrielle affaldskomprimatorer kan larme op til 82 dB fra en afstand på omkring 10 m. Ved det lydniveau tager det omkring 8 timers eksponering før høreskader finder sted (Mead u.d.). Det er derfor vigtigt at løsningen enten ikke larmer mere 70 dB (NIH 2022), eller har en funktion hvor den kan stoppe hvis lyden bliver for høj.

2.4 Hvordan behandles skrald

Skraldet bliver behandlet hos affaldssorteringscentre, hvilket betyder der skal tages hensyn til hvordan centrene gør dette. I dette afsnit bliver der undersøgt hvordan affaldet bliver behandlet, og hvilke ting der skal fokuseres på når der designes en affaldskomprimator.

2.4.1 Tryk i skraldebiler

Rundt i forskellige lande bliver skrald behandlet på hver sin måde. Et studie er blevet udført i Australien på den ideelle komprimering af skrald, hvis dette skal genbruges i deres genvindingsfaciliteter. (Booth 2013) Ukomprimeret affald fylder i gennemsnit $\rho_{ukomprimeret} = 77,2 \frac{kg}{m^3}$. For at kunne sortere affaldet rigtigt, skal dette gerne have en maksimal densitet på $\rho_{komprimeret} = 180 \frac{kg}{m^3}$. Dette er dog meget løst baseret på hvilken komprimering, sorteringen "virker" til at fungere bedst ved. Det mest komprimerede affald i undersøgelsen var på $\rho_{max} = 225,4 \frac{kg}{m^3}$. (Booth 2013) Dette gav altså en komprimeringsratio på $\phi_r = \frac{\rho_{max}}{\rho_{ukomprimeret}} = 2,9$ eller 2,9 : 1.

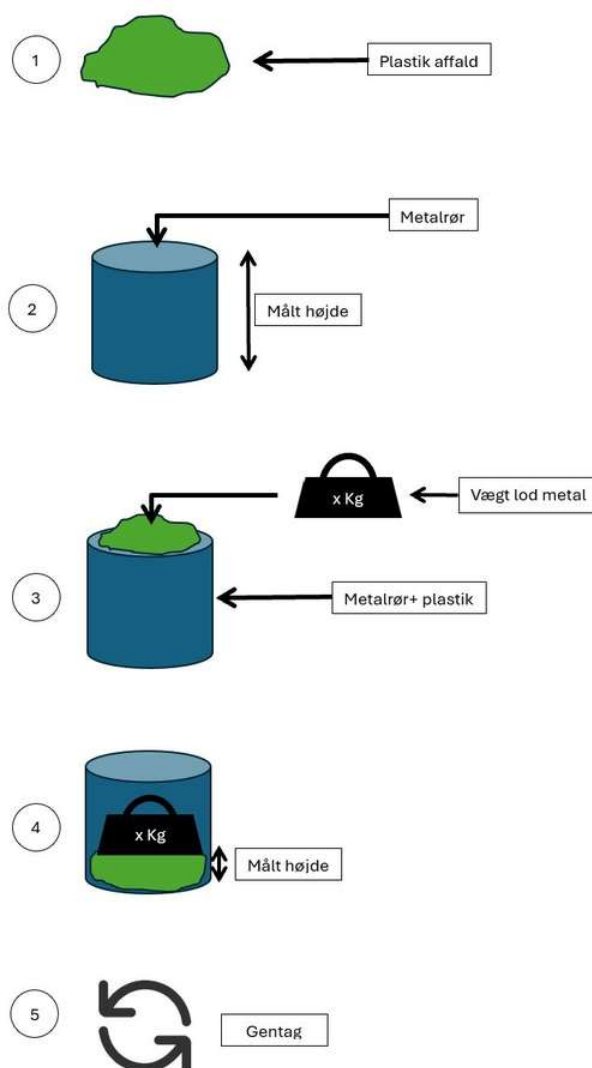
I amerikanske skraldebiler kører der med en kompression på $\rho_{lav} = 415 \frac{kg}{m^3}$ (RL 2025) op til over $\rho_{høj} = 712 \frac{kg}{m^3}$. (Heil 2025) Dette kan bunde i at der ikke er brug for at skraldet kan sorteres da dette typisk vil være restaffald. Amerikanere er ikke gode til at sortere

deres affald, derfor ryger meget til småt brændbart, og af den grund kan skraldet komprimeres markant mere. (Kaufman 2024)

Gruppen har været i kontakt med Nordværk for at finde komprimeringsrater på kommunalt skrald, og det har vist sig at i Aalborg kommune presses rest og madaffald med $\rho_{Nordværk} = 300 \frac{kg}{m^3}$. (Sidén 2025) I denne situation har Nordværk altså en højere densitet på det sammenpressede affald, end undersøgelsen fra Australien, men affaldet er også forskelligt derfra, eftersom dette ikke er anvendt på affald, som er genanvendeligt.

2.5 Eksperiment for bestemmelse af trykkraft

I dette afsnit bliver der udført et eksperiment med det formål at bestemme, hvor stor en trykkraft der skal til for at komprimere plast til en ratio af 3:1. Fremgangsmåden af eksperimentet kan ses på figur 2.9. Se forstørret i bilag D.



Figur 2.9. Afbildning af forsøg for måling af plastikkompression.

Dermed er eksperimentets data blevet noteret ned, og kan ses i bilag E, og bruges til at

beregne følgende:

- Densiteten af affaldet i cylinderen.
- Hvor meget affaldet bliver sammenpresset i forhold til den originale volumen i procent.
- Hvor stort et tryk affaldet bliver udsat for.

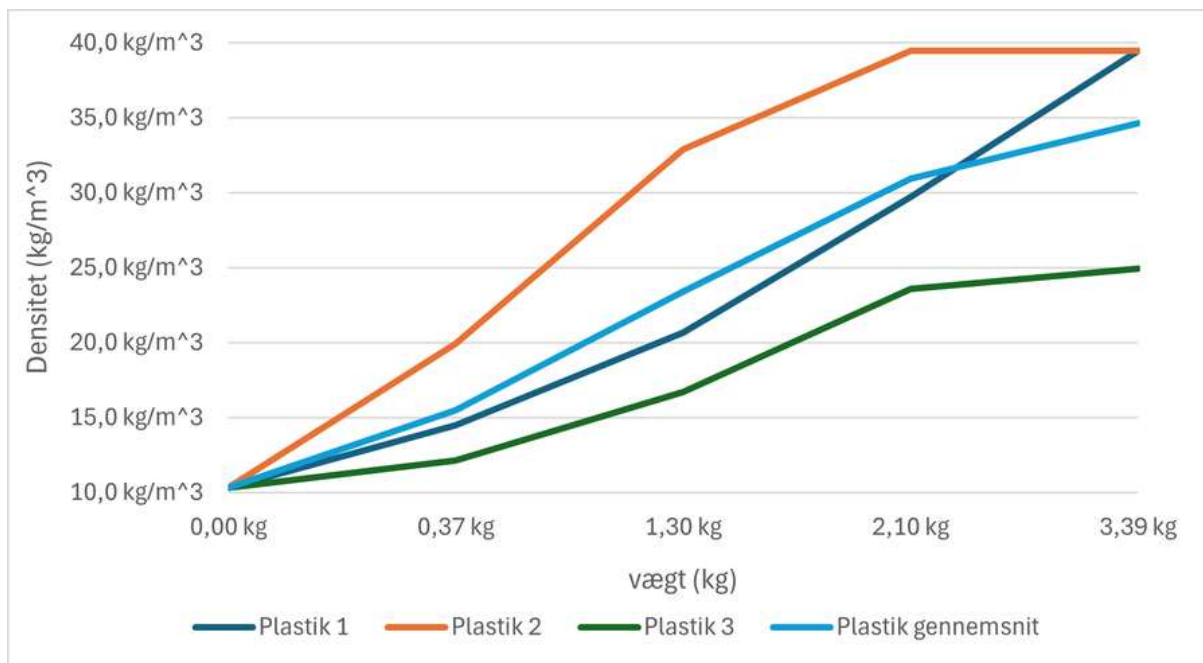
2.5.1 Densitet udregning.

Densitet er forholdet mellem masse og volumen og udregnes på følgende måde:

$$\frac{M_s}{A_c \cdot (h_c - h_p)} = \text{Densitet} \quad (2.1)$$

$$\left| \begin{array}{ll} M_s \text{ er massen af affaldet, (kg).} & A_c \text{ er arealet af cylinderen, (m}^2\text{).} \\ h_c \text{ er højden af cylinderen, (m).} & h_p \text{ er højden af pladen, (m).} \end{array} \right|$$

Dette kan beregnes med de forskellige datapunkter, hvor der er blevet udformet følgende graf med vægt i kilogram på x-aksen og densiteten på y-aksen. Se figur 2.10.



Figur 2.10. Graf over densitet som funktion af vægt af loderne for tre plasttyper samt gennemsnittet.

Grafen 2.10, samt senere på 2.11, viser at der er tre plasttyper, som er af forskellige hårdheder, hvorefter der er taget et gennemsnit, hvilket er den mest spændende at kigge på.

Densiteten er vigtig at kigge på, da Nordværk skraldebiler presser affaldet til en densitet på $300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ se bilag C, hvilket de gerne vil holde sig under. Det er dog vigtigt at pointere,

at dette er for restaffald og madaffald. Da den højeste densitet i dette eksperiment blev $40 \frac{kg}{m^3}$, er det ikke en faktor, som dette produkt skal overholde.

2.5.2 Forhold i volumen.

Ud fra denne data er den procentvise ændring i volumen blevet beregnet på følgende måde:

$$\frac{h_c}{h_p} \cdot 100 = \Delta V_{\%} \quad (2.2)$$

| $\Delta V_{\%}$ er forskellen i volumen, (%).

Dette er blevet gjort med alt data, som kan ses i bilag E.

Ud fra dataen i bilag E, og tabel 2.9 kan der ses at der skal trykkes med lidt under $2.1 kg$, for at reducere volumen med 66% og dermed få en kompressions ratio på 3:1.

2.5.3 Tryk i Pa

Kraften, som hvert led påvirker plastikken med kan findes med Newtons 2. lov.

Vægt	Kraft
0,00 kg	0 N
0,37 kg	3,63 N
1,37 kg	13,45 N
2,10 kg	20,62 N
3,39 kg	33,29 N

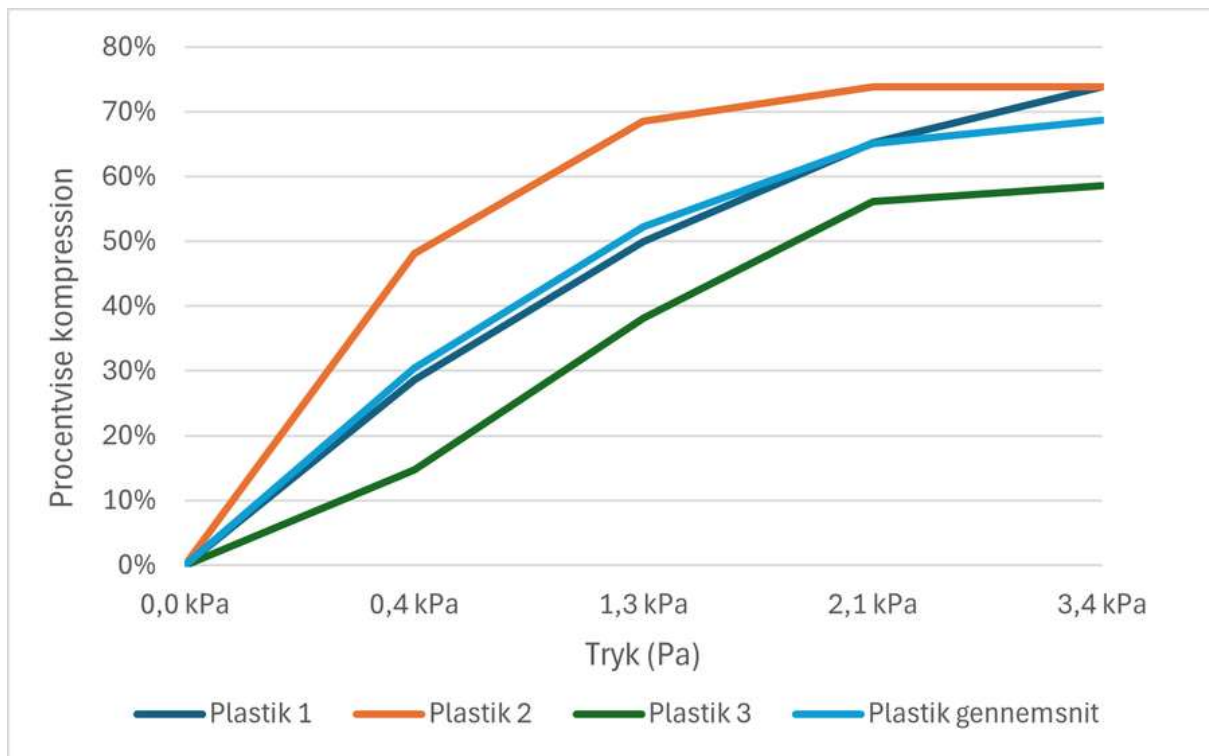
Tabel 2.9. Vægte benyttet i eksperimentet og deres tilsvarende kraft.

Denne kraft (F) kan så bruges i formen for tryk, som er:

$$p = \frac{F}{A_c} \quad (2.3)$$

| p er trykket, (Pa).

Dette er blevet gjort med de forskellige lodder, som er brugt i forsøget, og ud fra dette, samt det procentvise tryk, er der blevet udformet en graf, hvor trykket (Pa) er ud af x-aksen, og den Procentvise kompression, ud af y-aksen. 2.11



Figur 2.11. Graf over procentvis kompression som funktion af tryk (kPa) for tre plasttyper samt gennemsnittet.

2.5.4 Konklusion på eksperiment

Ud fra eksperimentet kan det konkluderes, at den maksimale densitet fra Nordværk ikke umiddelbart vil overskrides og derfor behøves det ikke at blive taget i betragtning, med hensyn til trykket som affaldskomprimatoren kommer til at skabe. Det kan også konkluderes, at for at opnå en kompressionsratio på 3:1, kræves et tryk på ca. $2,1\text{ kPa}$ for en gennemsnitlig plasttype.

For at tage højde for uforudsete faktorer, såsom hårdere plasttyper, der ikke er testet, tilføjes en sikkerhedsfaktor på 5.

$$p_{\text{sikker}} = 2,1\text{ kPa} \cdot 5 = 10,5\text{ kPa} \quad (2.4)$$

Det betyder at affaldskomprimatoren skal kunne præstere et tryk på minimum $10,5\text{ kPa}$ hvis der skal opnås en komprimering på 3:1, dog bliver der afrundet til 10 kPa , i resten af rapporten.

3. Afgrænsning og problemformulering

3.1 Afgrænsning

I afgrænsningen udelukkes visse tilfælde og situationer, da det ikke vil være muligt, at dække dem alle inden for den begrænsede tidsramme for projektet.

3.1.1 Marked

Produktet bliver designet efter det danske marked, og dermed bliver der lavet krav efter hvordan affald og affaldssortering håndteres i Danmark. Designet bliver lavet med hensigt til brug i sammenpresning af plastik, da plastik er en af de affaldstyper som fylder mest og som er interessant at undersøge komprimerings muligheder for. Det er en kompleks opgave at kontrollere hvilken type af affald forbrugeren putter i komprimatoren, og dermed yderst besværligt at dimensionere efter alle tænkelige scenarier. Der vil derfor udelukkende blive fokuseret på plastikaffald.

Løsningen skal være automatisk i stedet for manuel, da de fleste komprimeringssystemer til affald, der er tilgængelige i Danmark, er manuelle. Dette skaber et hul i markedet, som en automatiseret løsning kan udfylde.

3.1.2 Brugsvejledning og ordentlig brug

Ved et markedsfærdigt produkt vil der være en brugsvejledning, der informerer brugeren om, hvordan produktet skal anvendes på en ordenlig og sikker måde, for at undgå person- og gods skade. Denne brugsvejledning bliver ikke skrevet i denne rapport, da det ikke udgør nogle uddannelsesmæssige formål.

Systemet bliver designet så den kan klare denne brugstype. Der bliver ikke dimensioneret efter uforsvarlig brug, der potentielt kan skade forbrugeren. Det kunne f.eks. være hvis forbrugeren tilgår komprimator mekanismen, eller isætter affald, der ikke er tiltænkt.

3.1.3 Styresystem

I rapporten er der udelukkende fokus på den mekaniske del, og ikke selve styresystemet. Styresystemet omfatter blandt andet programmering af systemet samt opsætning af elektroniske komponenter.

3.1.4 Design

I et fuldendt og markedsklart produkt, vil det være vigtigt med et æstetisk design, da flere kunder vil købe et produkt der ser godt ud, end et der ikke gør. Dette projekt har

det mekaniske design i fokus, og dermed ikke det udadvendte design. Der er nogle krav, der kræver at maskinen skal holdes inden for nogle bestemte rammer, såsom størrelsen, som kommer til at påvirke et potentielt udadvendt design, dog er dette, ikke i fokus.

3.2 Problemformulering

Ud fra initierende problem og problemanalysen kan følgende problemformulering udledes.

Der skal designes et automatisk komprimeringssystem til plastaffald, som kan komprimere affaldet til en ratio på 3:1 ved at levere et tryk på over 10kPa, og som er billigere end andre lignende løsninger på markedet.

4. Kravspecifikationer

Under kravspecifikationerne vil både krav og designspecifikationer blive udarbejdet, for at kunne effektivisere det videre arbejde i løsningsgenereringen. Først opstilles nogle krav som potentielle kunder kunne have stillet til produktet. Derefter opstilles designspecifikationer for at udpege de vigtigste punkter.

4.1 Kunde krav

For at danne designspecifikationer, skal der kigges på hvilke ønsker og krav de potentielle kunder har. Ud fra de krav, bliver der opstillet designspecifikationer. Med de specifikationer kan der bruges konkrete tal, hvilket gør det nemmere at dimensionere produktet, så det kan fungerer inden for de opstillede rammer, og dermed opfylde kravene.

Nedenstående er de krav, der er blevet opstillet:

A) Sikkerhed

- Sikkerheden for affaldskomprimatoren betyder bl.a. at den skal stå fast uden bevægelse under komprimering, den skal have mulighed for børnesikring for at sikre at affaldskomprimatoren ikke kan blive startet utilsigtet. Desuden skal affaldskomprimatoren have bløde kanter og kunne lukke låget under brug.

B) Holdbarhed

- Ikke nok med at affaldskomprimatoren skal være sikker at bruge, skal den også være holdbar, hvilket betyder at den kan holde til at en vægt bliver placeret på den, og at den kan repareres uden special værktøj for at sikre at affaldskomprimatoren har en så lang levetid som muligt. Dermed skal den være slidstærk.

C) Brugervenlighed

- Det er vigtigt at affaldskomprimatoren skal være så nem og simpel at bruge som muligt. Det skal være enkelt at starte en komprimering og brugeren skal modtage en form for feedback når affaldet er blevet komprimeret.

D) Dimensioner

- Affaldskomprimatoren bliver nødt til være lille nok til at den kan passe ind i et køkken og kan rumme hvad der svarer til 30 L affald.

E) Lav pris

- Prisen skal være så lav som muligt, uden at det går ud over kvaliteten af affaldskomprimatoren, så den er konkurrencedygtig.

F) Komprimering

- Affaldskomprimatorens job er hovedsagligt at reducere volumen af plastik affald og dermed mængden af ture til affaldscontainere.

G) Energi-effektivitet

- Affaldskomprimatoren skal bruge så lidt strøm som muligt, eventuelt ved brug af en standby mode.

H) Må ikke forstyrre

- Affaldskomprimatoren skal ikke larme for meget og i for lang tid, desuden så må den ikke lugte mere end en normal skraldespand.

I) Vedligeholdelse

- Affaldskomprimatoren skal være nem at vedligeholde den skal derfor ikke være for tung og den skal kunne gøres ren med en fugtig klud.

Kravene tildeles point efter vigtighed i det endelige produkt. Krav A og F er ufravigelige og tildeles dermed ikke point, eftersom de skal være opfyldt. Til de resterende bliver der tildelt point til en total sum af 100. Tabel 4.1 viser hvordan pointene er fordelt. Det klart vigtigste krav er (E) som er salgsprisen, der næsten har fået to gange så mange point som krav (B) der står for holdbarhed og som har fået næstflest point.

Krav	A)	B)	C)	D)	E)	F)	G)	H)	I)
Point	X	16	13	12	30	X	7	12	10

Tabel 4.1. Oversigt over tildelte point til kravene. Til de ufravigelige krav A) og F) er der ikke tildelt point.

4.2 Designspecifikationer

Ovenstående liste af krav beskriver hvordan den typiske kunde forklarer deres krav og ønsker til en køkken affaldskomprimator. Det er ikke muligt at dimensionere efter disse krav, da de ikke har tal pålagt sig. Det er derfor vigtigt at omsætte disse kravs specifikationer til designspecifikationer, med reelle tal, som gør det muligt at dimensionere et produkt.

Tabel 4.2. Designspecifikationer

Nr.	Krav	Designspecifikation	Værdi	Enhed
1	A), C)	Antal handlinger for at aktivere	2	Handler
2	C), H)	Støjniveau *(1)	maks 70	<i>dB</i>
3	A)	Ingen bevægelse under brug	maks 1	<i>mm</i>
4	A)	Rundinger af kanter på ydreside	min 2	<i>mm</i>
5	B)	Standard Værktøj	-	-
6	I)	Egenvægt [tom]	maks 20	<i>kg</i>
7	D)	Ydre volumen	maks 100	<i>L</i>
8	C)	Afstand fra maskine hvor brugeren kan få feedback	Min 0,5	<i>m</i>
9	B)	Levetid *(2)	Min 1.825	Aktiveringer
10	E)	Salgspris *(3)	maks 4.500	<i>DKK</i>
11	F)	Volumen reducering	Min 3:1	-
12	G)	Effekt under standby *(4)	maks 0,5	<i>W</i>
13	H)	Tid for en cyklus	5	<i>min</i>
14	B)	Last på toppen *(5)	Min 15	<i>kg</i>
15	B), I)	Indre åbnings diameter *(6)	maks 0,7	<i>mm</i>
16	I)	Ydre åbnings diameter *(7)	Min 2	<i>cm</i>
17	D)	Indre volumen	min 30	<i>L</i>
18	F)	Tryk til sammenpresning	10	<i>kPa</i>

*(1) Støjniveauet skal forblive under 70 *dB* ved længere brug, og må aldrig nå højere end 85 *dB*. Der bliver designet efter at holde lydniveauet under 70 *dB*, for at garantere at der ikke bliver høreskader ved kunder. (NIH 2022)

*(2) Dette vil svare til en aktivering om dagen i 5 år.

*(3) Denne pris er salgsprisen, hvilket betyder at produktionsprisen skal være markant billigere, da der skal trækkes moms fra, forbehold for værdikæden, samtidig med der skal tjenes en profit. Den ønskede produktionspris beregnes: $\frac{\text{salgspris}}{1,25 \cdot 3} = 1.200 \text{ DKK}$

*(4) Ifølge energistyrelsen skal elektroniske maskiner holdes under 0,5 *W* ved standby hvis ikke der er noget information, der bliver vist, og under 0,8 *W* ved standby hvis den viser en form for information. Der er ingen planer om at tilføje ekstra udstyr, som et ur eller lignende, så derfor bliver der dimensioneret efter 0,5 *W*.

*(5) Hvis brugeren kommer hjem og placere en tung indkøbspose på skraldespanden, der veje op til 15 *kg*, skal den ikke gå i stykker. (plast.dk u.d.)

*(6) Det er muligt at den endelige løsning har nogle huller eller åbninger inde i skraldespanden der gør det muligt for plastik at sætte sig fast i mekanismen, og dermed stoppe maskinen fra at køre. Der skal derfor ikke være åbninger større 0,7 *mm*, da det er standard tykkelsen af plastik poser. (AAA Polymer u.d.)

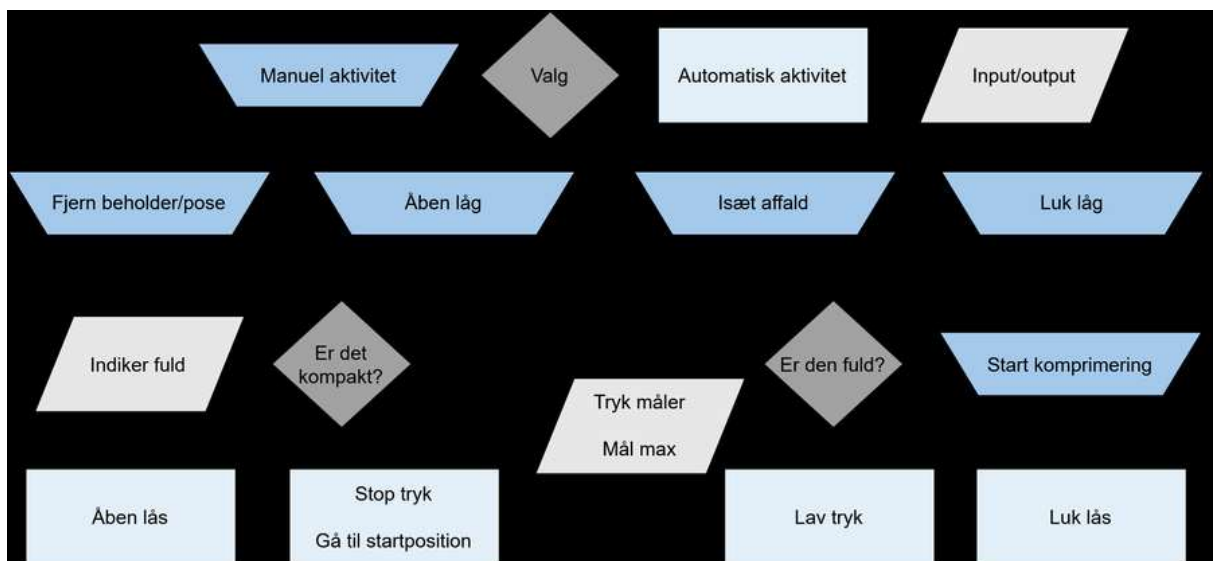
*(7) Affaldskomprimatoren skal være nem at gøre ren, hvilket betyder at en fingerspids skal kunne føres, eventuelt med en klud på, i alle åbninger og huller. Dette sørger for at den kan nemt kan rengøres. Derfor skal der ikke være nogle huller og åbninger under 2 *cm* i diameter. (Johnson 2007)

5. Løsningsgenerering

I dette afsnit vil der blive lavet et løsningsforslag. Der vil benyttes en kollaborativ designprocess med det formål at fremstille et design til den endelige affaldskomprimator, der vil kunne tilfredsstille alle designspecifikationer og alle kundekrav. Der vil desuden blive benyttet en morfologisk analyse, samt vægtet beslutningsmatrice til bestemmelse af det fuldendte design til affaldskomprimatoren.

5.1 Processer

For at designe en affaldskomprimator, er der lavet en funktionsanalyse, funktions/midler-træ, se bilag B, og til sidst en morfologisk analyse hvorfra en løsning kan udpeges. Den første af disse processer var en funktionsanalyse, hvor gruppen opstillede rækkefølgen hvormed affaldskomprimatoren ville fungere.



Figur 5.1. Flowdiagram over hvordan affaldskomprimatoren skal fungere.

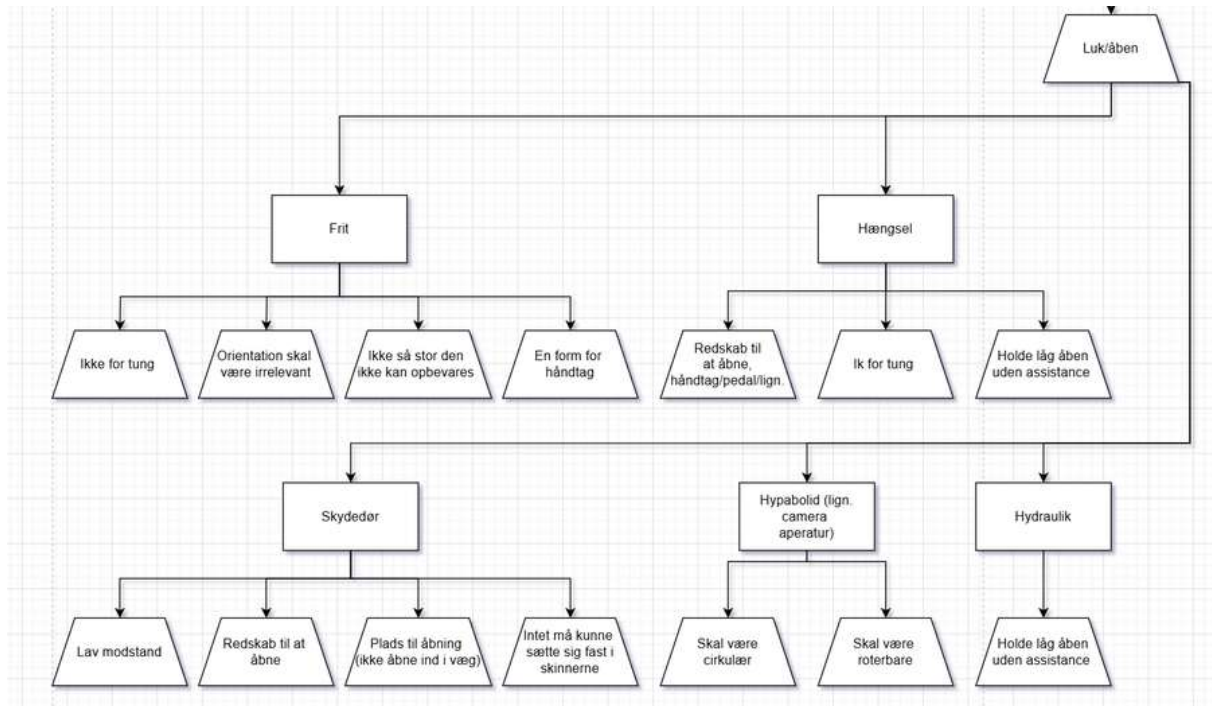
I flowdiagramet 5.1 er der flere typer af handler:

Manuel aktivitet(trapez), hvilket er hvad en bruger gør. Et valg (rombe) hvilket er et valg som brugeren eller komprimatoren laver. Automatisk aktivitet (firkant) hvilket er en automatisk process, altså hvad komprimatoren gør, og Input/Output(Parallelogram) hvilket modtager eller afgiver et input.

Løsningsrummet bliver udforsket under denne proces, men nogle ting bliver taget under mindre betragtning end andre ting. f.eks. indikation af at skraldespanden er fuld eller ej, er en mindre interessant funktion, da den ikke udfylder studieordningens læringsmål.

Der vurderes at punkterne, der omhandler låget, beholderen og komprimeringsmekanismen er de mest interessante at udvikle koncepter for.

5.2 Funktions/midler-træer



Figur 5.2. —Funktion (Firkant) — Handling/krav (Trapez) — Udsnit af funktions/midler-træ til låget, de resterende dele af træet kan ses i bilag B.

Figur 5.2 viser et udsnit af et funktions-/midler-træ. Projektet omhandler en skraldespand. Et krav til denne skraldespand er, at den skal kunne åbnes og lukkes (trapez i øverste højre hjørne). Dette krav kan blive opfyldt på mange måder, f.eks. en skydedør (firkant). For at bruge en skydedør er der krav, som skal opfyldes, såsom at der skal være plads til at åbne skydedøren (trapez). De fulde træer kan ses i bilag B. Funktions/midler-træer bliver brugt til idégenereringsprocessen. De udvalgte punkter fra flowdiagrammet, som gruppen har vurderet mest interessante at arbejde videre med, bliver placeret på toppen af et funktionstræ. Eksempelvis bliver der nu taget udgangspunkt i låget. Det er vurderet at låget har tre underfunktioner, som alle skal opfyldes før den kan fungere som et låg til affaldskomprimatoren:

1. Den skal åbne og lukke.
2. Den skal kunne låses.
3. Den skal forsegle, så minimal lugt bliver sluppet ud.

Derefter bliver hele løsningsrummet undersøgt for måder hvorpå et låg kan lukkes og åbnes. Det samme bliver gjort for de andre underfunktioner, men der bliver nu fokuseret

på åbnings- og lukningsmekanismen. Der er blevet fundet fem mekanismer med, hvilke låget kan åbnes og lukkes:

- Et frit låg.
- Et låg med hængsel.
- En skydedørsprincip.
- En hyperboloid.
- En hydraulisk åbning.

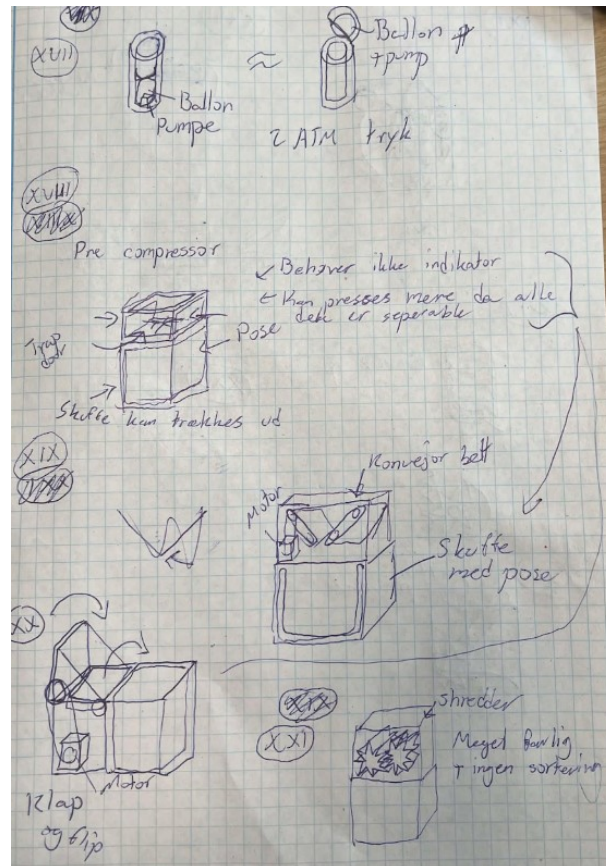
Ud fra de løsninger, bliver der igen defineret hvilke betingelser der skal være for at de løsninger kan fungere. Eksempelvis skal et frit låg ikke veje for meget, da en person skal kunne løfte den. Det skal være irrelevant hvilken orientering låget har. Den skal være lille så den kan placeres et sted når affaldskomprimatoren er åben og der skal være et form for håndtag til låget. Samme proces bliver gentaget for alle punkter, deres funktioner, løsninger og egenskaber. De er blevet samlet i tre træer, som er blevet kaldt et funktions- og midler træ, da træet beskriver alle funktioner og midlerne hvorpå funktionerne kan udføres. Dette træ bliver brugt til idegenereringsprocessen. Det sker ved at gruppen finder de enkelte delløsninger til låg, lås, komprimator, beholder form, posepåhængsmetode (hvis relevant), og samler det til en samlet løsning. Det betyder at alle løsninger, per definition, overholder de funktioner der er blevet opstillet, og derfor bruger gruppen mindre tid på at afvise koncepter der ikke er fyldestgørende. Idegenereringsfasen bliver derfor kun brugt til at finde på ideer der fungerer, og derefter bliver der brugt metoder til at vurdere hvilken løsning der er mest ideel.

Urealistiske løsninger

Med i funktions- og midler træerne er der mulige løsninger som vurderes til at være urealistiske, yderst upraktiske eller som kommer i komplikation med de overordnede krav. Dette omhandler ideer som f.eks. forbrænding, vakuum, nedkøling, osv. Disse mulige løsninger er markeret rødt for at indikerer at de ikke medtages i den næste del af konceptudviklingen.

Delløsninger

Ud fra disse funktioner/midler træer, opnåes en oversigt over alle de mulige løsninger, samt de overvejelser der skal gøres for koncepterne. For at lave en delløsning, bevæges der ned af "grenene" i træet, og laver et koncept der overholder alle delfunktioner/krav der er blevet opstillet tidligere.



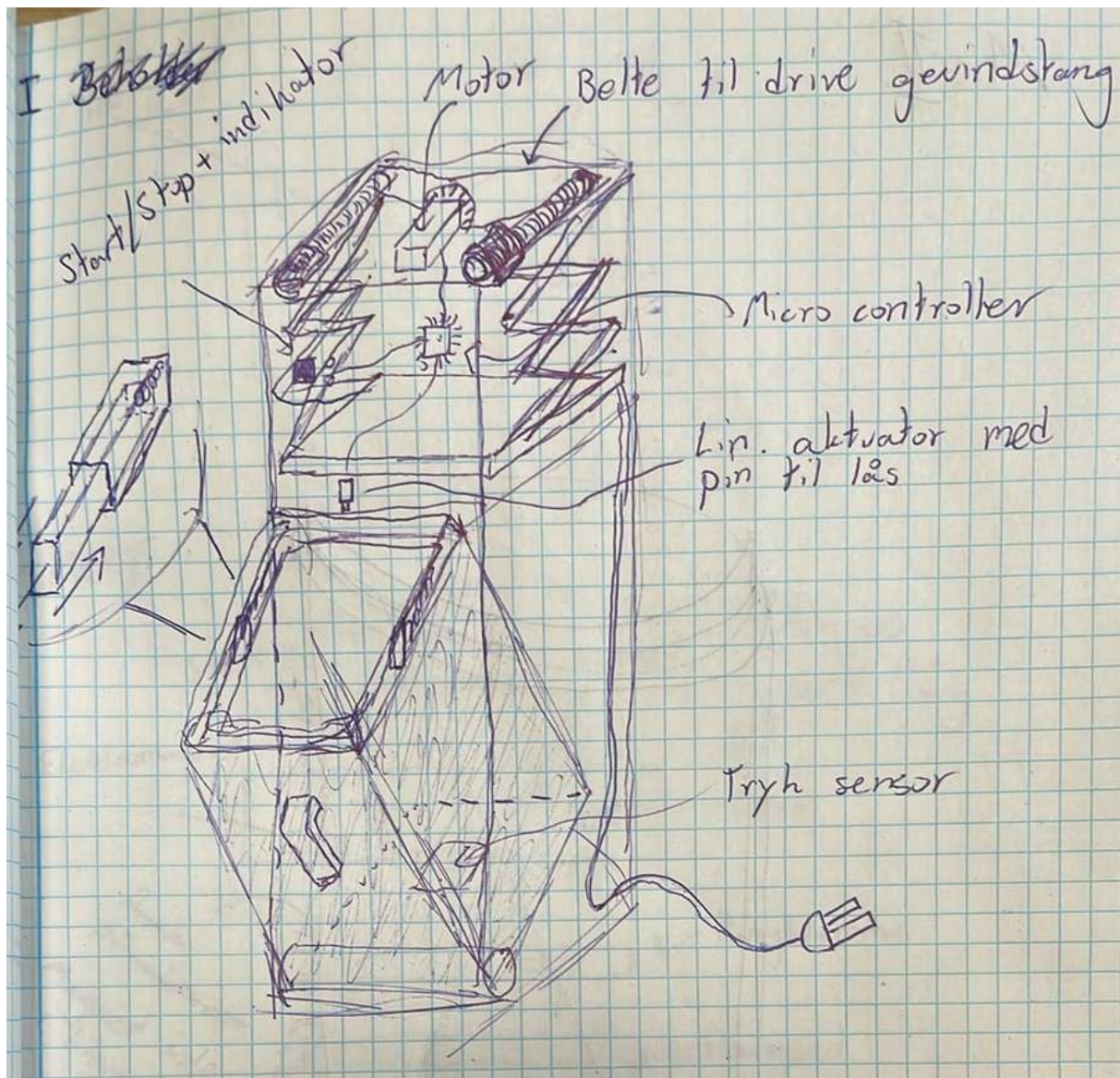
Figur 5.3. Et udvalg af skitser som udforsker komprimator koncepter.

På figur 5.3 vises nogle skitser af koncepter til komprimatoren. Det er vigtigt at pointere at disse ikke er fulde løsninger til hele affaldskomprimatoren, men kun til selve den mekanisme der presser affaldet sammen.

5.3 Morfologisk skema og Analyse

Arbejdsgruppen blev opdelt i undergrupper som hver fik ansvar for at ide-generere koncepter for henholdsvis låget, beholderen og komprimeringsmekanismen. Der skulle laves minimum tre delkoncepter til hver løsning. Det vil sige at for en poseløs beholder, blev der lavet tre indbyggede-håndtags designs, seks designs med bærehank, fire sammenklappelige håndtag osv. Dette blev gjort for alle funktions/ midler træerne.

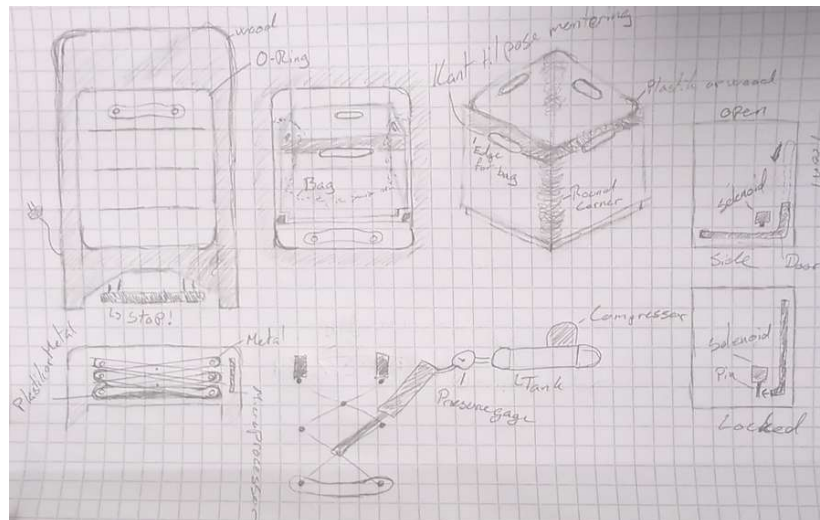
Alle delløsninger blev samlet i et morfologisk skema, se bilag A. Med et samlet skema startede samle-processen. Gruppen vurderede at tre komplette koncepter fra gruppens seks medlemmer var tilstrækkelig, dog skal det pointeres at antallet af mulige samlede løsninger er meget større. På figur 5.4 ses en af disse komplette løsninger.



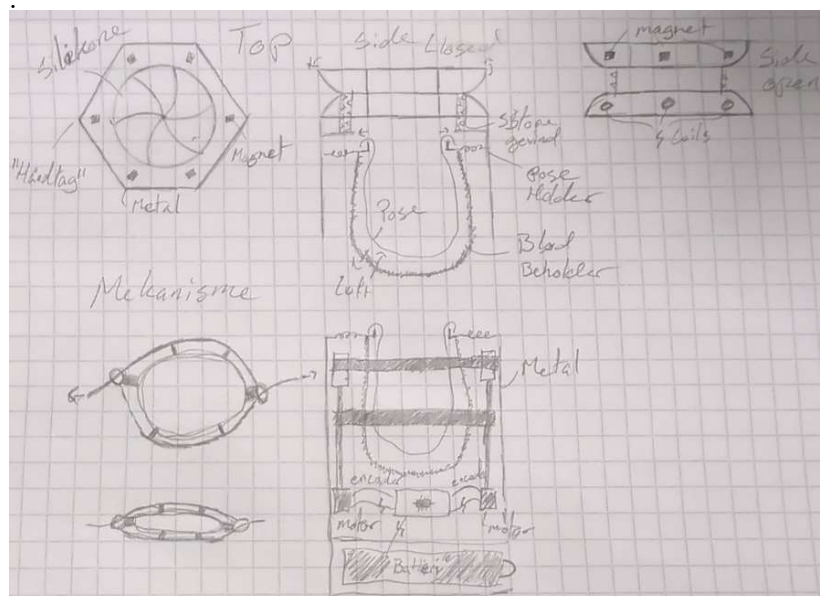
Figur 5.4. Fuld affaldskomprimator design, koncept #7.

For at lave dette koncept, blev der valgt en udtagelig beholder, med pose. Posen skulle holdes fast med udvidelse af skraldespandskoncept #5 fra bilag A, den skulle lukkes manuelt, der er ingen modstand, der bliver brugt stærkt materiale koncept "plastik" til de fleste komponenter, med en bærehank koncept #3. Til komprimeringsdelen blev der brugt gevindstangs koncept #1, samt saksemekanisme #1. Denne proces blev fortsat ved alle delkomponenterne, indtil det ovenstående design var færdiglavet.

Følgende billeder er skitser er nogle af de 18 komplette løsninger. Hvert koncept er kort beskrevet med fokus på låget, beholderen og mekanismen. Nogle af de koncepter som ligner hinanden meget er vedhæftet i bilag F.



(a) Koncept #1



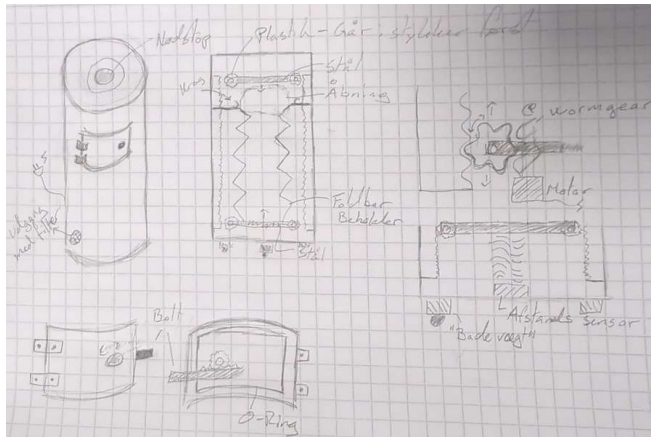
(b) Koncept #2

Figur 5.5. Se forstørret i bilag F.

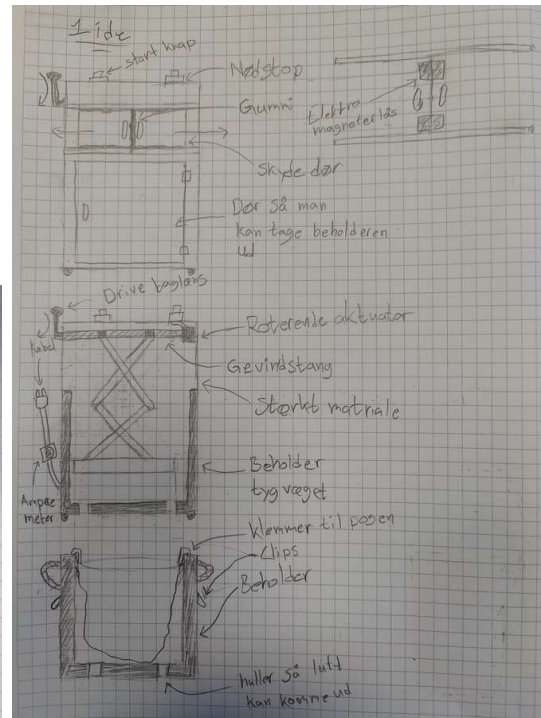
Koncept #1: Separat beholder med indbygget håndtag og mulighed for posemontering ved at folde den under kanten. Låget er en fleksibelskydedør der kan låses med en solenoid og med en strop som håndtag. Kompressionen sker med en sakse mekanisme drevet af et pneumatisk stemple.

Koncept #2: Separat, blod beholder med mulighed for montering af pose via kroge placeret på siderne af beholderen. Låget er formet som en hyperboloid og kan åbnes og lukkes ved at dreje toppen af låget. Låget låses ved hjælp af elektromagneter. Komprimeringsmekanismen fungerer ved, at den bløde beholder kan bøjes. To el-motorer er monteret på hver sin side og er forbundet til en stang vær. På denne stang er der monteret to spænder, dermed er spænderne også fastgjort til selve beholderen. Når

el-motorerne roterer, trækker de i hver sin side af beholderen. Dette medfører, at beholderen presses sammen, og affaldet bliver komprimeret.



(a) Koncept #3

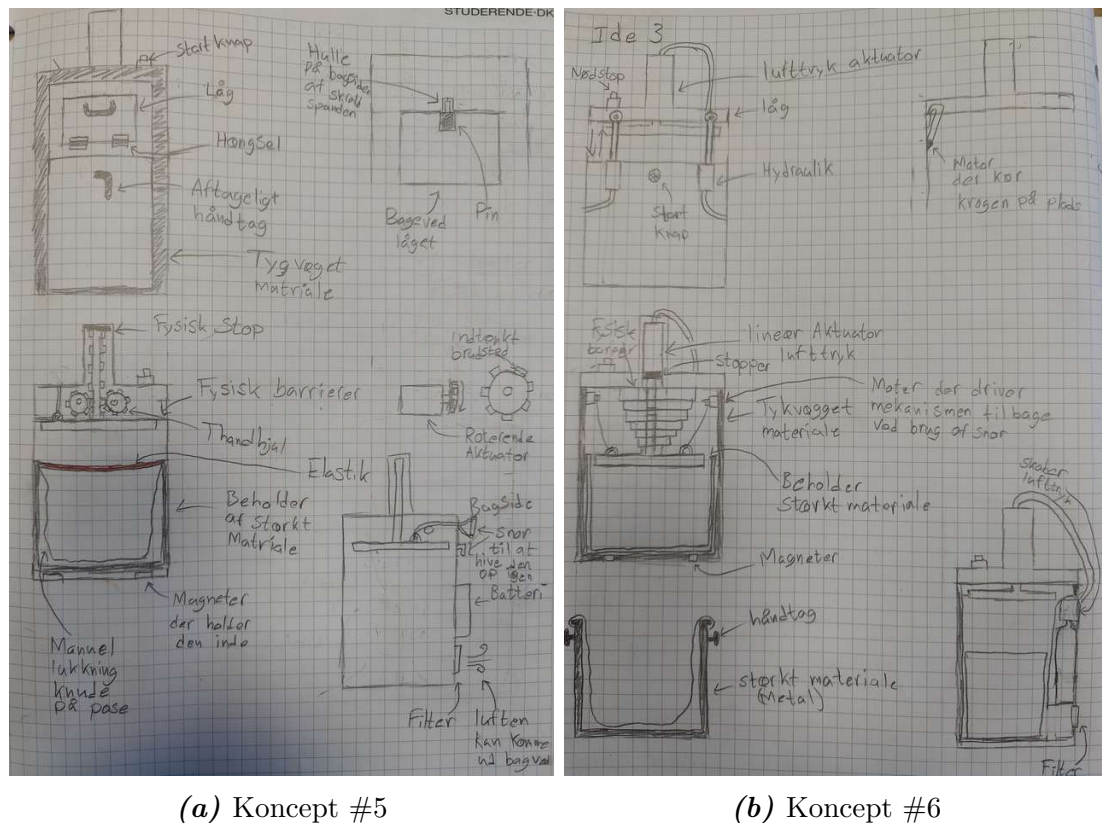


(b) Koncept #4

Figur 5.6. Se forstørret i bilag F.

Koncept #3: Separat foldebar beholder med mulighed for pose monteringen ved at fastgøre den til kroge på begge sider. Låget er et hængslet låg, der kan låses med en kombination af bolte og tandhjul. Komprimeringen foregår både fra toppen og bunden af beholderen, to plader hver med tandhjul på begge sider bevæger op og ned. Dette sammenpresser den foldebare beholder og dermed sammenpresser affaldet i beholderen.

Koncept #4: Komprimeringsmekanismen er en saksemekanisme, der drives af en gevindstang forbundet til en el-motor. El-motoren forsynes med strøm via en kabeltilslutning. Separat beholder med indbygget håndtag med mulighed for montering af pose ved at bruge klemmer. Låget er en skydedør som låses ved brug af elektromagneter.



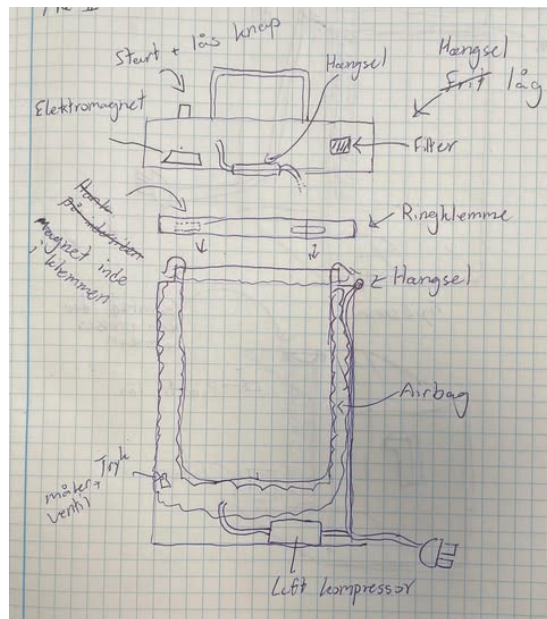
(a) Koncept #5

(b) Koncept #6

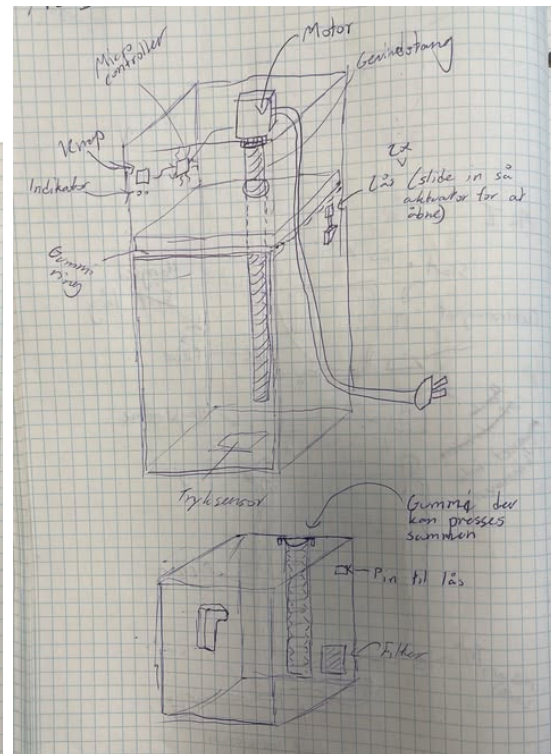
Figur 5.7. Se forstørret i bilag F.

Koncept #5: Komprimeringsmekanismen fungerer ved brug af to el-motorer, der driver tandhjulene, som bevæger en stang via to tandstænger. De to el-motore er forbundet til et batteri. Dermed er der en separat beholder med et aftageligt håndtag og mulighed for montering af en pose, som fastgøres ved brug af en elastik langs beholderens kant. Låget er et hængsel låg som låses ved brug af en automatisk pin-lås.

Koncept #6: Komprimeringsmekanismen fungerer ved brug af et pneumatiskstempel, der aktiveres af en lufttryksbeholder indbygget i skraldespanden. Dermed er der også en separat beholder med indbygget håndtag, som fastholdes af svage magneter. Låget er et pneumatisk drevet låg, der også aktiveres af lufttryk og låses med en automatisk krogmekanisme.



(a) Koncept #8



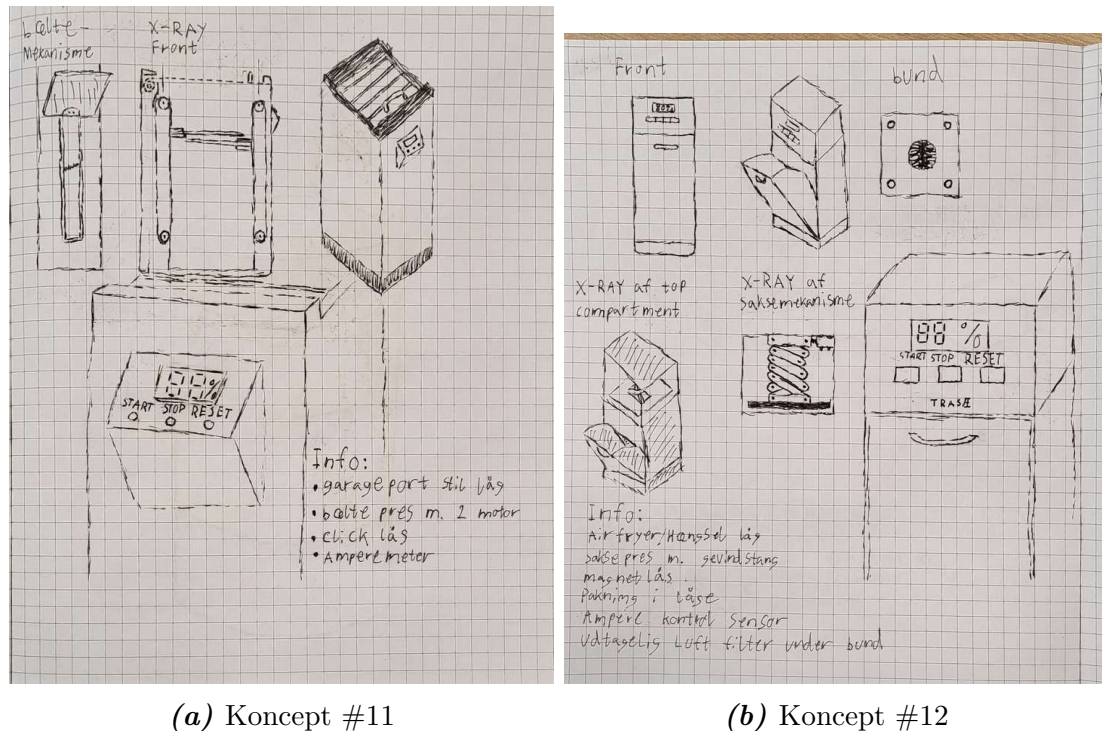
(b) Koncept #9

Figur 5.8. Se forstørret i bilag F.

Koncept #7: Som nævnt tidligere i 5.4 er dette en integreret beholder der ikke er udtagelig, men som kan vippes ud og ind. Beholderen har et håndtag på siden, dermed er beholderen også låget som låses ved brug af en pin lås. Komprimeringsmekanismen er baseret på en saksemekanisme, der drives af to gevindstange. De to gevindstange drives af en el-motor der via et bælte overfører kraften mellem el-motoren og stængerne.

Koncept #8: Integreret beholder der ikke er udtagelig, men med mulighed for montering af pose som fastsættes med en ringklemme. Låget er et hængsels låg med indbygget håndtag og filter. Låget låses ved brug af elektromagneter indbygget i låget og ringklemmen. Komprimeringsmekanismen er en luftpude der pustes op af en luftkompressor som komprimere skraldet sammen, denne komprimeringsmekanisme er drevet af strøm via kabeltilslutning.

Koncept #9: Beholderen er separat og udtagelig, med et indbygget håndtag, dermed fungerer beholderen også som låget og kan låses ved brug af en pin lås. Komprimeringsmekanismen består af en gevindstang med en påsat trykplade. Pladen bevæger sig ned af gevindstangen, drevet af en el-motor som er monteret i den ene ende. For at forhindre, at affald sætter sig fast i gevindstangen, er der fleksibel gummi bælge på bagsiden af beholderen, som giver efter ved tryk. Hele komprimeringsmekanismen er drevet af strøm via kabeltilslutning.



(a) Konzept #11

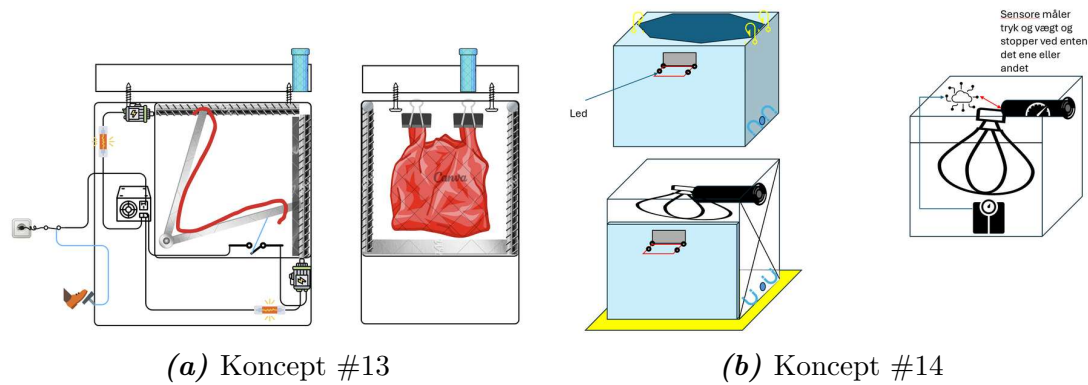
(b) Konzept #12

Figur 5.9. Se forstørret i bilag F.

Konzept #10: Består af en gevindstangs mekanisme ligesom Konzept #9 men med to gevindstænger og en falsk bund med alt el-motor og styring placeret i bunden af skraldespanden. For at beskytte gevindstængerne bliver der placeret en gummibælge ud over dem som kommer til at være fastmonteret i bunden af den bevægelige plade samt i den falske bund. Under den falske bund vil der være to el-motorer der driver gevindstængerne og i det, pladen op og ned. For at gøre designet så enkelt som muligt og så stærk som muligt er skraldespanden rund og lågen er skruet på med hængsler og et magnet-låse system. For at sikre at der ikke sker for meget komprimering vil dette blive overvåget af en sensor der kan måle hvor meget strøm el-motorerne bruger.

Konzept #11: En dobbelt bælte med plader mekanisme hvor der er et bælte i hver side med plader monteret på som kan holde hinanden i spænd under komprimering. Der er to el-motorer i hver side til at drive bælterne og de er overvåget af en sensor for at sikre at der ikke sker for meget komprimering. Låget er et rullelåg ligesom porten til butikker i centeret efter lukke tid og kan låses med en klik lås.

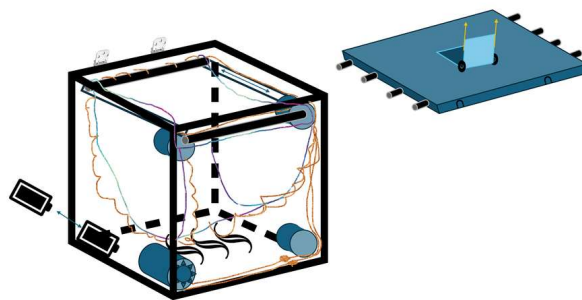
Konzept #12: Bygger på et sakselift design hvor en el-motor driver en gevindstang, som presser to klodser tættere på hinanden og udvider derefter sakse ledene hvor pladen monteret. Mekanismen er placeret i toppen af skraldespanden. Lågen er en vippe låge med slisker i siden af selve beholderen til at hænge en pose i. Lågen er forseglet med gummipakninger rundt i kanten til at holde eventuel lugt inde i skraldespanden.



Figur 5.10. Se forstørret i bilag F.

Koncept #13: Integreret beholder der ikke er udtagelig, men med mulighed for montering af pose ved brug af klemmer. Dermed er låget et frit låg, som låses fast af to skrue låse. Komprimeringsmekanismen fungerer ved brug af to gevindstænger, med enden af to sammensatte plader påsat på vær gevind stang. De to plader er forbundet i et lejre, der muliggør en saksebevægelse. Når disse to plader trækkes sammen komprimere dette posen og affaldet i den.

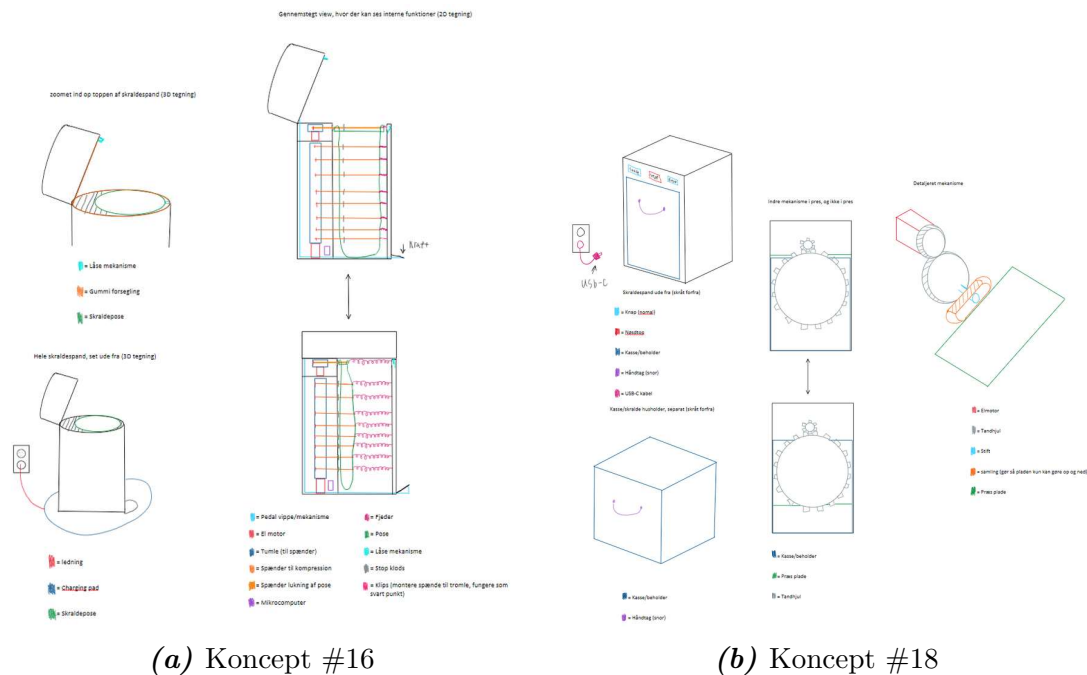
Koncept #14: Separat beholder der er udtageligt, med indbygget håndtag med mulighed for montering af pose ved at brug af kroge. Beholderen fastlåses ved brug af elektromagneter. Komprimeringsmekanismen består af en luftpose placeret på toppen af beholderen. Denne luftpose oppustes af en luftkompressor, og dermed komprimeres skraldet i posen.



(a) Konzept #15

Figur 5.11. Se forstørret i bilag F.

Koncept #15: Integreret beholder der ikke er udtagelig, men med mulighed for montering af pose på kanten af beholderen. Låget er hængslet og låses med fire pin låse placeret på hver side af låget. Komprimeringsmekanismen består af en el-motor og et hjulsystem, der til sammen bevæger en snor rundt. Snoren strammes omkring posen, hvilket skaber et pres og dermed komprimerer affaldet.



Figur 5.12. Se forstørret i bilag F.

Koncept #16: Integreret beholder, der ikke er udtagelig, men med mulighed for montering af pose. Låget er et hængsels låge, som åbnes ved hjælp af en pedal. Låget låses ved brug af en pin lås. Komprimeringsmekanismen fungerer ved brug af to tromler, en lille og en stor. Begge tromler er fastgjort til et sæt spænder, som holdes i spænd ved brug af en fjeder. Begge tromler drives af hver sin el-motor. Den lille tromle er placeret øverst og fungerer som en lukkeenhed, der forhindrer affald i at falde ud. Den store tromle bruges derefter til at presse affaldet sammen ved hjælp af de tilhørende spænder.

Koncept #17: Separat beholder, der er udtagelig med indbygget håndtag. Låget er to hængsels låger der åbner hver sin vej og lågen låses ved brug af en manuel lås. Komprimeringsmekanismen består af to gevindstænger ligesom Koncept #10 med en fastgjort trykplade. Gevindstængerne er placeret på hver sin side af beholderen og drives individuelt af separate el-motorer. Dertil har beholderen to huller på hver side med en gummi membran, som giver efter ved tryk og dermed forhindre blokering. Hele komprimeringssystemet bliver forsynet ved brug af en USB-C forbindelse.

Koncept #18: Separat beholder, der er udtagelig med indbygget håndtag. Beholderen fungerer også som låg og skal derfor tages ud for at kunne smide affaldet ud. Komprimeringsmekanismen består af to tandhjul et lille og et stort. Det lille tandhjul er forbundet til en el-motor, så det lille tandhjul kan drive det store tandhjul. På det store tandhjul er der monteret en stift og på denne stift er der monteret en samling der sørger for at den monteret trykplade kun kan bevæge op og ned. Hele komprimeringssystemet bliver forsynet ved brug af en USB-C forbindelse.

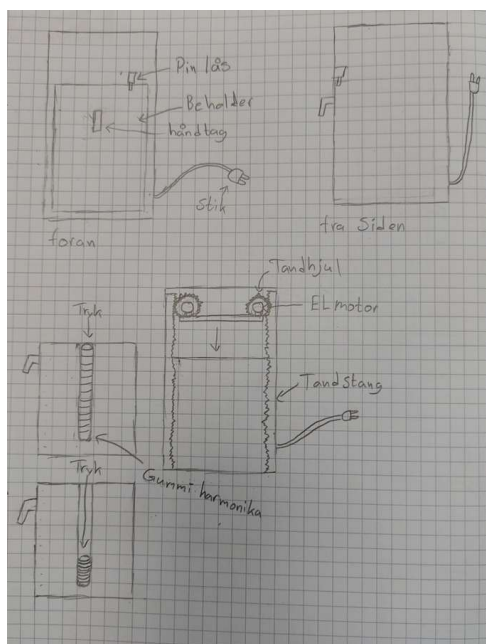
De 18 koncepter blev derefter vægtet i en beslutningsmatrice, se figur 5.13. Her er

koncepterne vurderet ud fra hvor godt de opfylder kravene fra kapitel 4.1. Ud fra hvert krav er der givet mellem ét og fem point hvor ét gives til de koncepter der opfylder kravet dårligt og fem gives til de krav der opfylder dem godt. Pointene er derefter vægtet med kravenes vægt fra tabel 4.1 hvilket resulterer i et vægtet total for hver koncept. Denne proces er subjektiv, især da den laves uden konkrete værdier og afhænger derfor meget af gruppens forståelse og erfaringer.

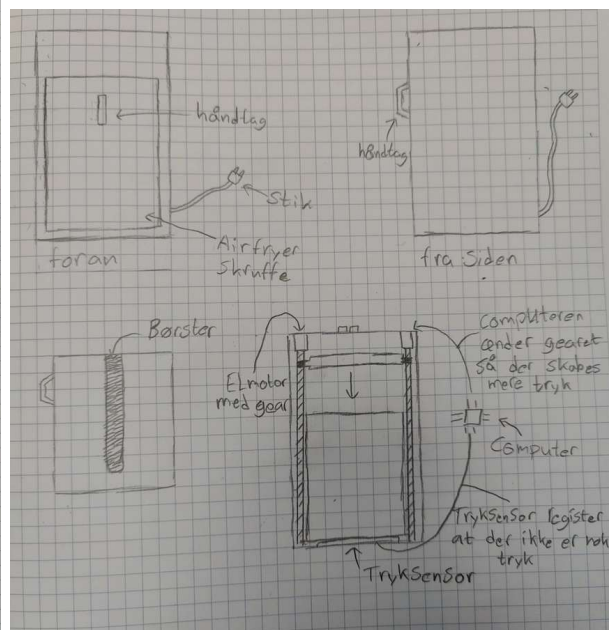
Vægtet Beslutningsmatrice																			
Koncept:		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Krav:	Vægt:																		
Pris	30	2	2	5	4	3	1	3	2	5	5	4	4	4	3	2	3	5	5
Holdbarhed	16	3	1	3	4	4	2	3	1	4	3	2	5	4	4	3	4	4	5
Brugervenlighed	13	4	3	3	4	5	2	5	1	5	1	4	5	2	3	5	5	4	4
Dimensioner	12	2	3	5	3	1	1	3	4	5	4	3	3	3	5	5	3	4	2
Energi-effektivitet	7	3	3	4	5	3	3	5	3	5	5	3	5	4	4	4	3	5	3
Forstyring	12	2	5	3	5	3	4	5	2	4	4	5	5	4	2	5	3	4	3
Vedligeholdelse	10	1	2	3	4	3	1	4	2	5	4	2	4	3	3	4	4	4	2
Vægtet total:		239	250	391	406	318	178	373	202	472	382	339	435	352	336	360	352	437	383

Figur 5.13. En vægtet beslutningsmatrice over alle koncepter.

Beslutningsmatrice 5.13 fremhæver hvilke koncepter der bedst opfylder de opstillede krav. Koncept #9 fik den højest vægtede værdi og har modtaget flest top point, dog er der stadig mangler. Disse mangler ønskes opfyldt og derfor udarbejdes to nye koncepter der tager udgangspunkt i de koncepter som er vurderet bedst egnet. Årsagen til hvorfor andre koncepter har fået flere point i f.eks. holdbarhed og forstyring undersøges og forsøges at inkorporeres til et endeligt koncept der kan opnå fem point til alle krav. De to nye koncepter kan findes på figur 5.14a og 5.14b.



(a) Koncept #19.



(b) Koncept #20.

Figur 5.14. Se forstørret i bilag F.

Koncept #19: En videreudvikling af Koncept #9 hvor komprimeringsmekanismen er ændret fra en gevindstang til et tandhjulsystem, der anvender tandstænger ligesom Koncept #3. Tandhjulene bevæger sig langs tandstængerne placeret på begge sider af beholderen. For at drive tandhjulet benyttes der to el-motorer, en på hver side. Dermed er der ændret på placeringen af den fleksible gummi bælg på bagsiden, som nu er placeret på begge sider af beholderen. Udover disse ændringer forbliver resten af designet uændret i forhold til koncept #9, se figur 5.8b.

Koncept #20: En videre udvikling af koncept #17 (F.17) hvor dens låge er erstattet med en låge inspireret af en airfryer skuffe, der kan benyttes med en enkelt hånd. Der er monteret bedre beskyttelse af gevindstænger i form af et børste filter ligesom der kan ses på rulletrapper. I et forsøg på at gøre mekanismen hurtigere er der tilføjet to forskellige gear til el-motorerne, et hurtigt gear og et langsomt gear med større moment. Til dette medfølger også en sensor der automatisk skifter mellem gearene.

De to nye koncepter indsættes på lige fod med de 18 andre koncepter i beslutningsmatricen, se figur 5.15.

Vægtet Beslutningsmatrice			
	Koncept:	19	20
Krav:	Vægt:		
Pris	30	5	4
Holdbarhed	16	4	5
Brugervenlighed	13	5	5
Dimensioner	12	5	5
Energi-effektivitet	7	5	5
Forstyring	12	5	5
Vedligeholdelse	10	5	5
	Vægtet total:	484	470

Figur 5.15. Beslutningsmatrice for de to nye koncepter. Her udvælges koncept #19 til detaljeløsning.

Ingen af koncepterne opnåede fulde point til alle krav, men det vurderes at det endelige Koncept #19 er tilstrækkeligt, derfor vil der blive arbejdet videre med dette koncept i detaljeløsningen.

6. Detaljeløsning og dimensionering

I dette afsnit udvikles det endelige koncept til en detaljeret og færdig løsning. Der vil blive lavet udregninger for de bedste dimensioner til produktet ved at udregne kræfterne, som produktet vil blive udsat for. Baseret på undersøgelser af materialer og produktionsmetoder vælges de mest egnede materialer. Der foretages også en prisestimering af de enkelte komponenter samt produktionsomkostningerne. Ud fra dette udarbejdes en 3D-model i et CAD-program, som anvendes til at fremstille en prototype samt, simulationer af de førnævnte kraftpåvirkninger.

6.1 Mekaniske valg

Ud fra koncept #19, som kan ses på 5.14a, kan det betragtes at komprimeringsmekanismen kan opbygges med to forskellige design.

Da platformen kun kører op og ned og tandhjulenes rotation som er modsatrettet vil gå ud med hinanden, kan horisontal bevægelse også mindskes.

Det andet design er ved brug af én enkelt elmotor, som via et bælte eller kæde kan rotere begge tandhjul på en gang. For at få tandhjulene til at rotere i modsat retning ved brug af bælte eller kæde, hvilket kræver tandremskiver, så bælten eller kæden kan rotere tandhjulene. Denne løsning med bælte eller kæde vurderes dog til ikke at være ideel, da den introducerer flere mekaniske komponenter, som øger risikoen for fejl. Dermed vil både bælter, kæder og tandremskiver blive udsat for slid over tid. Da de bliver udsat for belastning, hvilket kan påvirke systemets holdbarhed som er beskrevet i designspecifikationen 4.2 til at være 1.825 komprimeringer. Derfor opfylder denne løsning ikke kravet om holdbarhed, hvilket betyder at der vælges at arbejde videre med to motor løsningen.

Et af sikkerheds kravene til skraldespanden er at den har en børnesikring. Børnesikringen for Koncept #19 fungerer ved at en ultralydssensor detektere om beholderen er placeret i skraldespanden og kun hvis den er placeret vil komprimeringen kunne starte. Hvis der bliver trykket på start knappen låser en pinlås beholderen fast under komprimeringen.

I forhold til støjniveau bliver koncept #19 udarbejdet med snække tandhjul og tandstænger for at forsøge at minimere eventuel støj da snække tandhjul på gennemsnit larmer 10 – 15 dB mindre end spor tandhjul. (okdor u.d.) Dette samt at de to motorer også er reklameret med lav støjniveau bør holde affaldskomprimatoren under de 70 dB som nævnt i designspecifikationen 4.2. Dog ville en praktisk test af produktet, være mere sigende om dette krav bliver overholdt.

6.2 Produktbeskrivelse

Den fuldendte affaldskomprimator med udgangspunkt i Koncept #19 tegnet i 3D i programmet Solidworks kan ses nedenfor i figur 6.1. Desuden kan affaldskomprimatoren ses i figur 6.2 og 6.3 i form af sprængte skitser. Ud fra koncept #19, skulle komprimatoren være firkantet, dog blev der hurtigt i processen, fundet at cylinder formen bedre ville kunne holde til trykket fra affaldet under komprimering. Dette hjælper også til kravet om rundinger af kanter, da de fleste kanter vil være afrundet. Ud over kravet om afrundinger skal der også kigges på kravet om volumen og ydre åbnings diameter. Ifølge designspecifikationen 4.2 skal skraldespanden have en indre volumen på $30 L$, en max ydre volumen på $100 L$ og en ydre åbnings diameter på min. $2 cm$.

Hvis der tages udgangspunkt i volumen så har det endelige design en indre volumen på $46 L$, som er mere end mindste kravet. Komprimatoren har en ydre volumen på $90,1 L$ som er mindre end den maksimale volumen på $100 L$.

Meningen med den ydre åbnings diameter er at gøre skraldespanden så nem at gøre ren som muligt og dette er også taget med i designet.

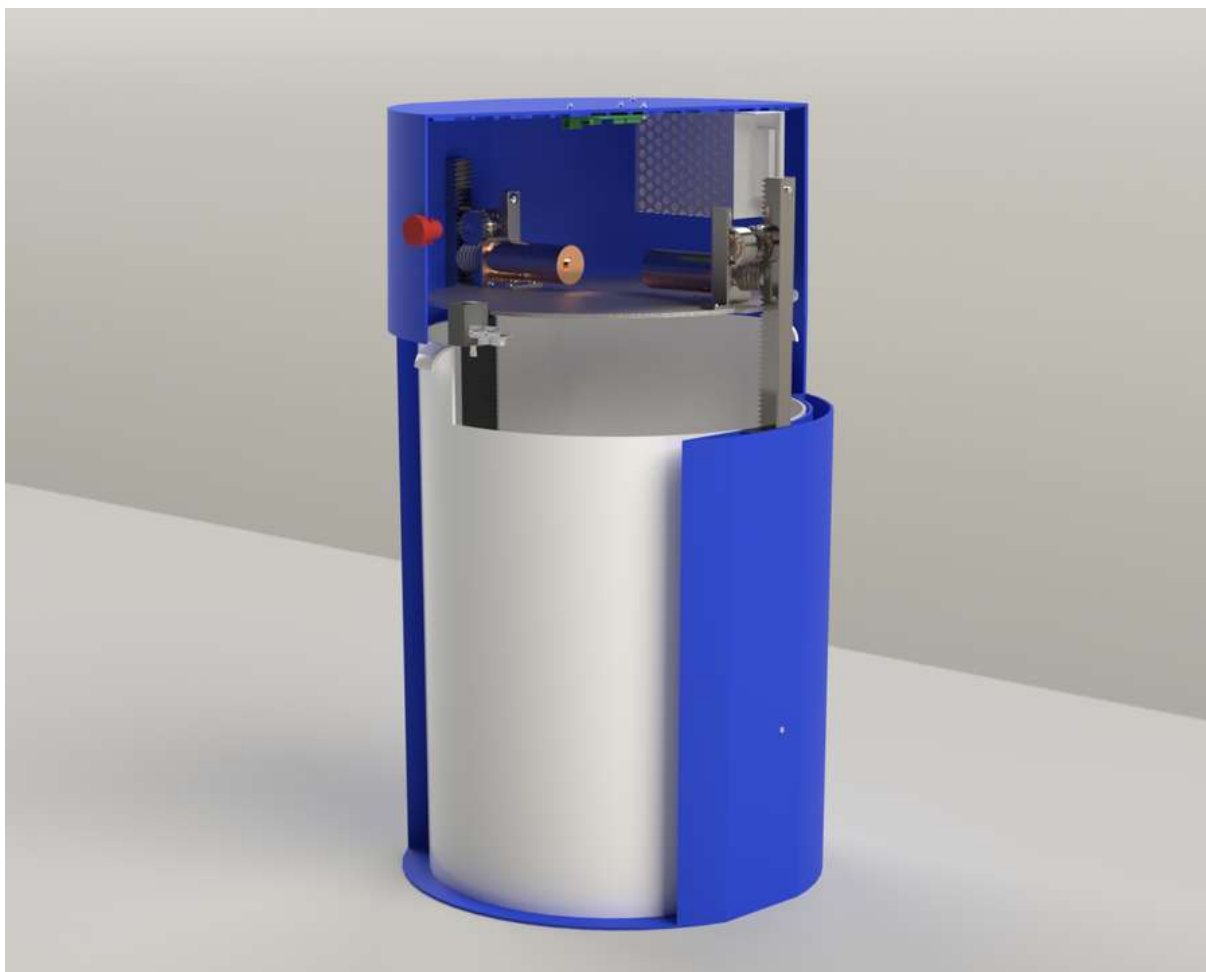
Der er også en printplade, som skal styre hele maskinen, selv om der er blevet afgrænset sig fra dette aspekt, er de stadig nødvendigt at have placering med i overvejelser. En typisk arduino, der benyttes som udgangspunkt, bruger $5 V$, og $35 mA$, i normal drift. Det betyder at den trækker $0,175 W$, hvilket er under designspecifikationen. Thorø u.d.

Vægten af affaldskomprimatoren som beskrevet i designspecifikationen 4.2 må maks være $20 kg$. Det kan være svært at finde vægten af små ting som ledninger og knapper så der kan ikke findes en nøjagtig vægt trods at de tungeste elements vægt er kendt.

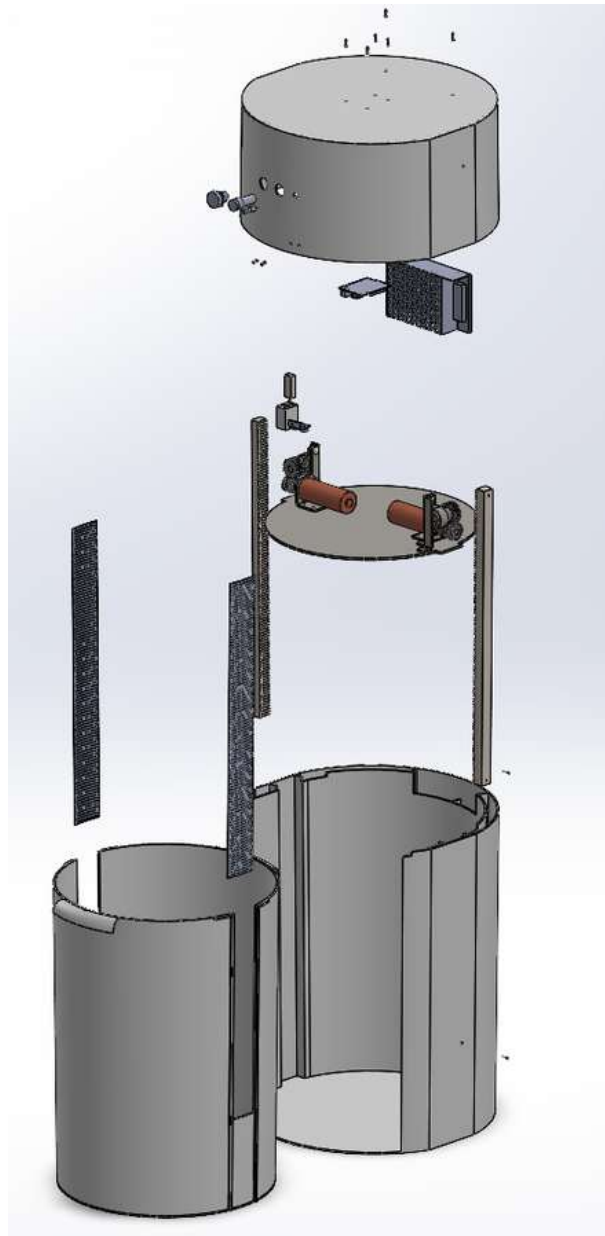
Trykplade	$1,96 kg$
Yderskal bund	$4,37 kg$
Yderskal Top	$2,86 kg$
Beholder	$2,9 kg$
2 Tandstænger	$3 kg$
2 Motorer	$0,87 kg$
I alt	$16,96 kg$

Tabel 6.1. Vægten af de 6 tungeste dele af komprimatoren.

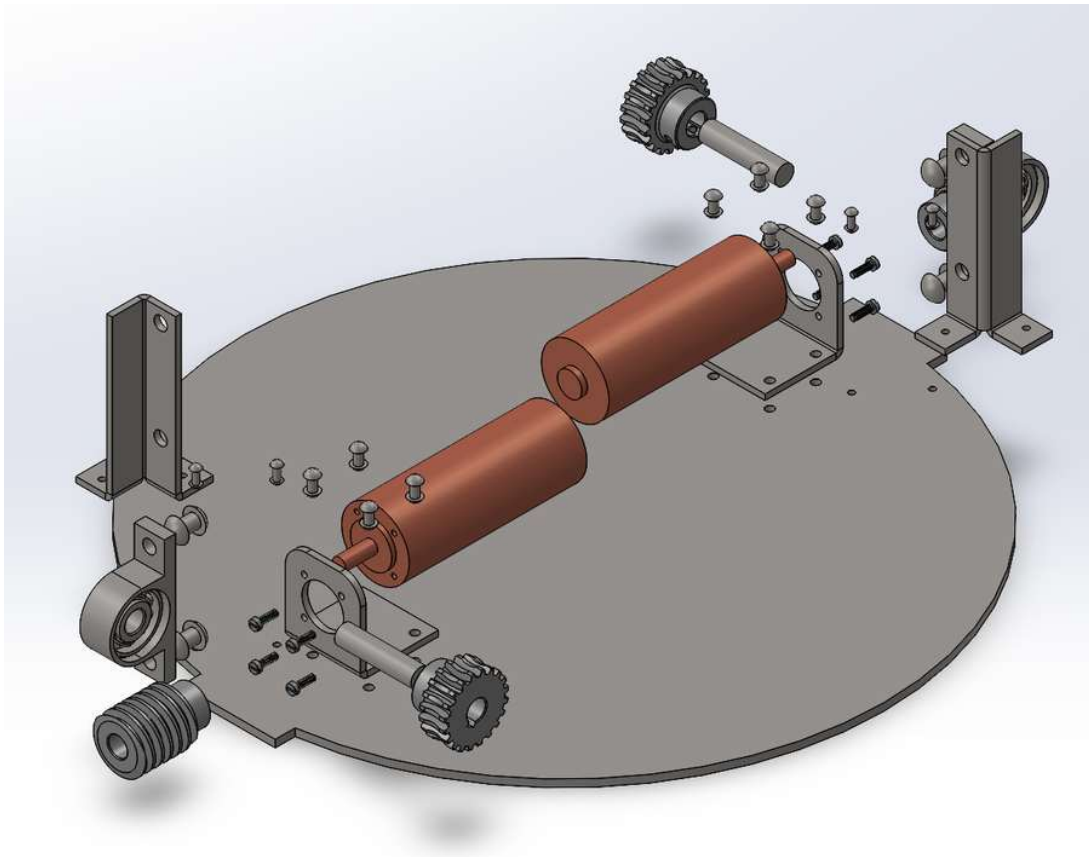
De tungeste dele af affaldskomprimatoren kan ses i tabel 6.1 med en samlet vægt på $16,96 kg$ de resterende elementer har ikke en oplyst vægt men det vurderes til at det ikke ville overskride de $20 kg$ maks som er kravet.



Figur 6.1. Billedet viser det samlede produkt.

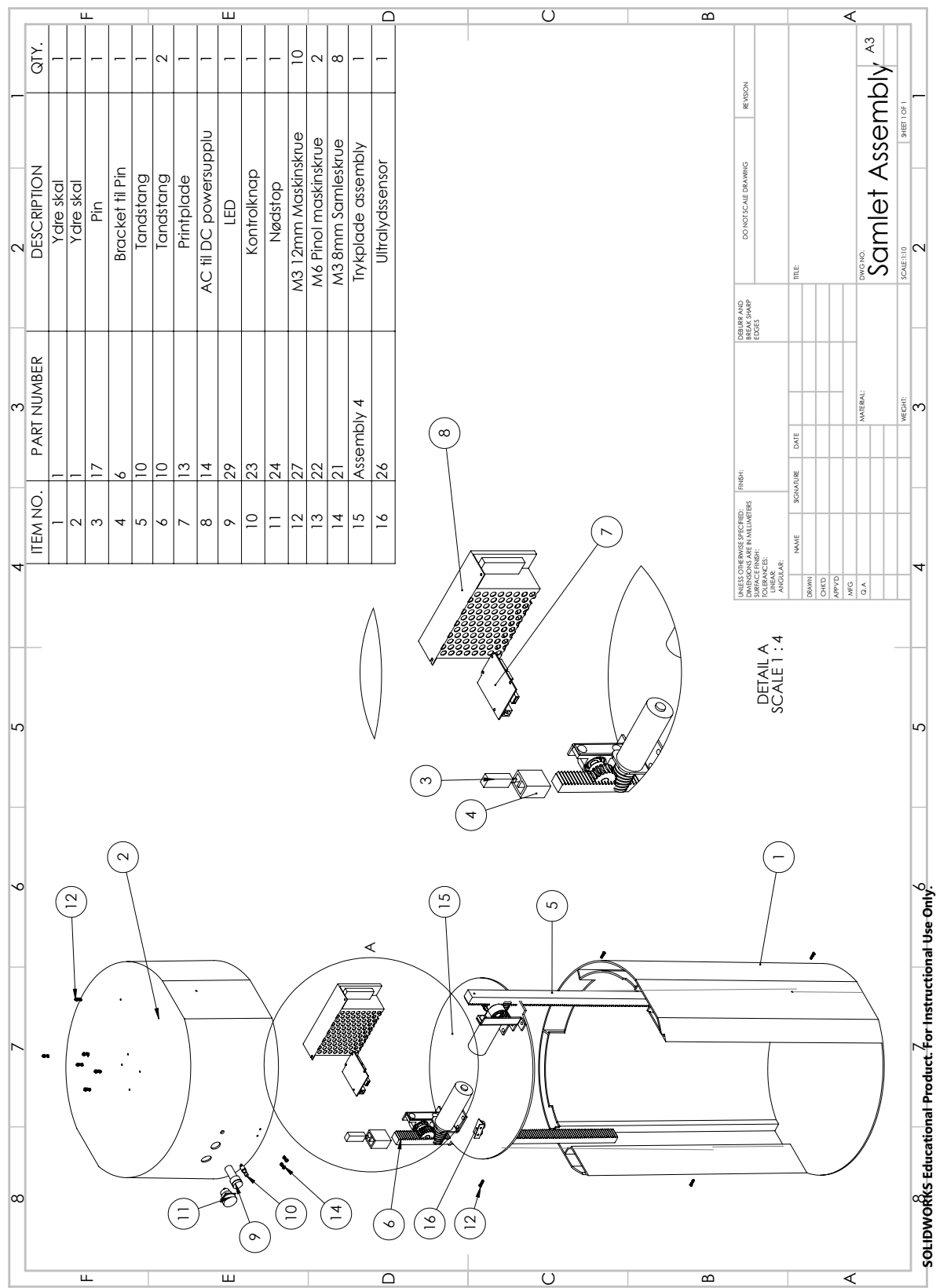


Figur 6.2. Billedet viser det samlede produkt, som et sprængskitse.

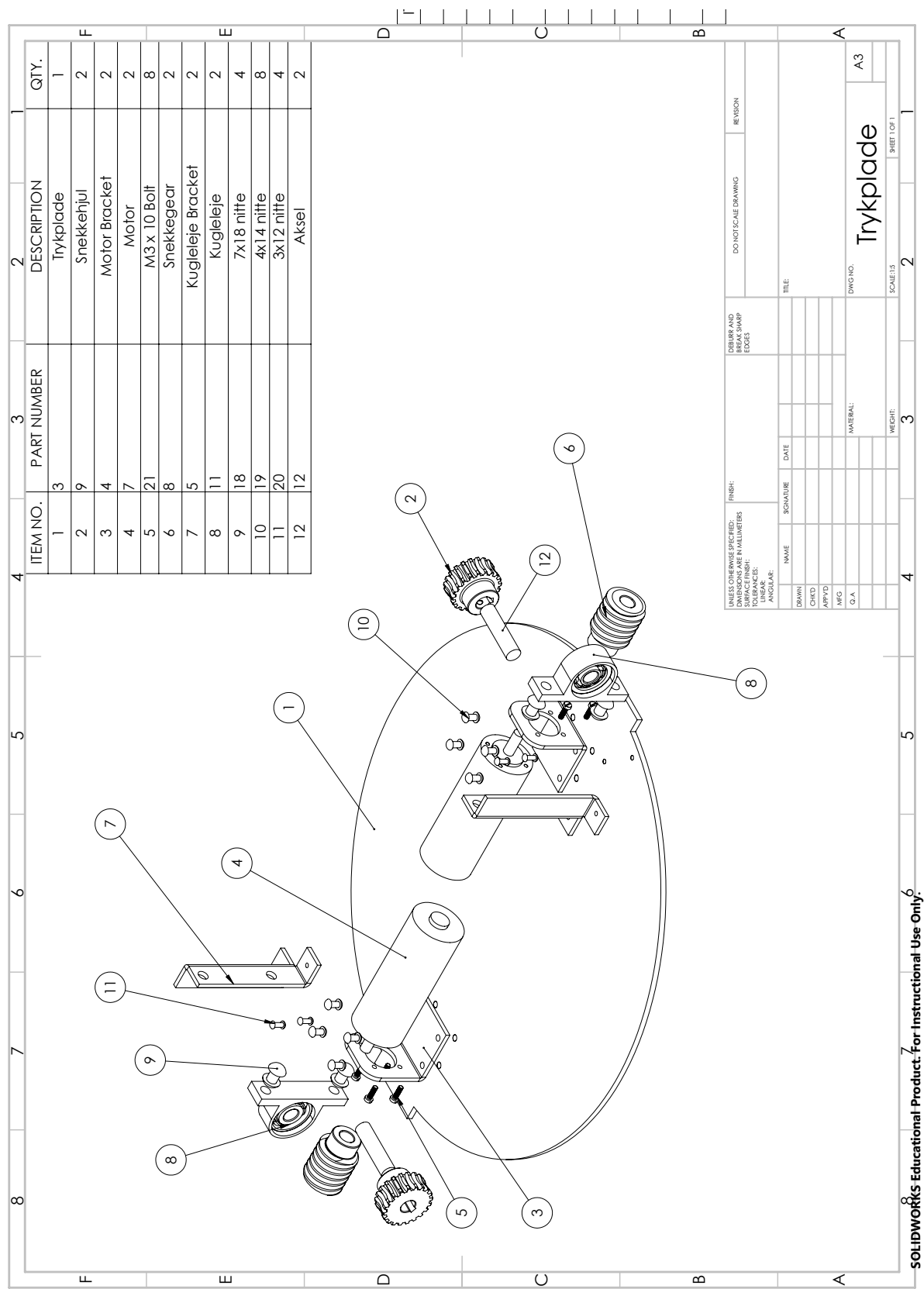


Figur 6.3. Plade med komprimeringsmekanisme.

For at hjælpe forståelsen af 3D tegningerne kan der ses i figur 6.4 og 6.5 numererede tegninger med lister over de enkelte dele. Der er desuden en mere detaljeret beskrivelse af alle komponenter i tabel 6.2.



Figur 6.4. Samlet Assembly Samletegning.



Figur 6.5. Plade Samletegning.

Del	Antal	Beskrivelse
1	1	Skallen som fastholder beholderen og skærmer for komprimeringsmekanismen.
2	1	Udtagelig beholder der opbevarer affaldet.
3	1	Trykplade hvorpå komprimeringsmekanismen er monteret og som har kontakt til affaldet.
4	2	Motor beslag, fastholder motoren til trykpladen.
5	2	Leje beslag, fastholder lejehuset til trykpladen.
6	1	Låse beslag, fastholder låsen til skallen.
7	2	El-motor som driver et snekkegear.
8	2	Snekkegear bruges til at drive et tandhjul med en gearratio på 10:1.
9	2	Tandhjulet kører på en lodret tandstang for at få motorens rotation til translatorisk bevægelse.
10	2	Tandstang hvorpå et tandhjul fra trykpladen kører på.
11	2	Kugleleje i hus, holder en aksel med tandhjul.
12	2	Aksel der forbinder et tandhjul med kuglelejet.
13	1	Printplade med alt kontrol og styring inklusiv amperemeter til at måle trykket leveret
14	1	Strømforsyning som omdanner 220 V AC til 12 V DC.
15	2	Motorkabel der forbinder motoren på trykpladen til printpladen i toppen af skallen.
16	2	Bælg der afskærmer kompressionsmekanismen fra skraldet, men samtidig tillader at trykpladen kørers op og ned.
17	1	Låsen bruges til at sikre beholderen, så skraldespanden ikke kan åbnes under komprimeringen.
18	4	7 x 18 Nitter som bruges til at monter lejehuset til beslaget på trykpladen.
19	8	4 x 14 Nitter som bruges til at monter motor beslag til trykpladen.
20	4	3 x 12 Nitter som bruges til at monter leje beslaget til trykpladen.
21	8	Samle skruer(Maskinskrue M3 8 mm) til motorerne.
22	2	Aksel skruer(Pinolskrue M6) til at fastgøre kuglelejerne til akslen.
23	1	Kontrol knap som bruges til at starte komprimeringen.
24	1	Nødstop bruges til at at stoppe komprimeringsmekanismen i tilfælde af fejl.
25	4	Kabelbinder/anker organiser kablerne og holder dem på plads.
26	1	Ultralydssensor der brugs til at kontrollere, om beholderen er korrekt indsat, før komprimeringsprocessen begynder.
27	10	Samle skruer(Maskinskrue M3 12 mm) til tandstængerne, printplade og strømforsyning.
28	4	Lim til påsætning af ultralydssensor, kontrol knap, nødstop og LED lys.
29	1	LED lys som indikere når komprimering er i gang og slut.
30	1	Ultralydssensor beslag
31	2	Ultralydssensor beslag skruer (M3 12 mm)

Tabel 6.2. Beskrivelse af de enkelte elementer på figur 6.5 og figur 6.4.

6.3 Materialevalg

Nogle komponenter til affaldskomprimatoren kan ikke købes, og skal derfor designs og fremstilles specielt til dette formål. Siden kravet for at produktet skal være billigt er vægtet højt, er det vigtigt at have så billigt et materiale som muligt, men som stadig kan opretholde funktionen. Alt efter hvilken del af affaldskomprimatoren som er i fokus vil materialet blive valgt på forskellige faktorer som f.eks. flydespænding, elasticitet eller hårdhed. Følgene er de overvejelser der blevet lavet på de forskellige komponenter.

6.3.1 Beholder

Beholderen er delen hvor affaldet placeres, og hvor komprimeringen finder sted. Der bliver dannet et tryk i beholderen, hvilket kan deformere den. Egenskaberne der er blevet overvejet er: pris, vægt, slidmodstand, materiale styrke og udmattelse. Da pris er vægtet højest som krav, er det også den materiale egenskab der bliver vægtet højest. Selvom prisen er den egenskab der bliver vægtet højest, skal der også bruges en plast som kan klare de spændinger den bliver udsat for. Gennem nogle FE analyser, er der konkluderet at der skal bruges et stærkt plast, hvilket er hvorfor PPS (Polyfenylenulfid) er blevet valgt. Det er en plast med en flydespænding på 102 MPa . Det kan også sprøjtestøbes, hvilket er en vigtig egenskab for fremstillingsprocessen (Mitsubishi u.d.). Det kan købes for $6,88 \frac{\text{DKK}}{\text{kg}}$ (Industry u.d.), hvilket er prisen som bliver brugt til beregningerne.

Nogle plasttyper kan have en Rockwell M hardness på op til 100 (Omnexus u.d.). Rockwell hardness skalaer bliver tit brugt til at måle hvor hårde forskellige materialer er. Plast bliver målt på M skalaen, hvor de fleste metaller bliver målt på skalaen C. PPS har en Rockwell hardness på omkring 100 på skala M, hvilket betyder det er en af de hårdeste plasttyper, som gør det meget slidstærkt, dvs. at det kan klare flere komprimeringer før det går i stykker (MatWeb u.d.).

6.3.2 Ydre skal

Den ydre skal er den del af affaldskomprimatoren som holder alle delene. Det er der hvor beholderen bliver indsat og hvori trykpladen og alle dens dele opbevares indtil komprimeringen. Af samme årsager som beholderen, bliver der brugt PPS. Det er et relativt billigt materiale, der kan holde til de påførte kræfter under komprimering.

6.3.3 Trykplade

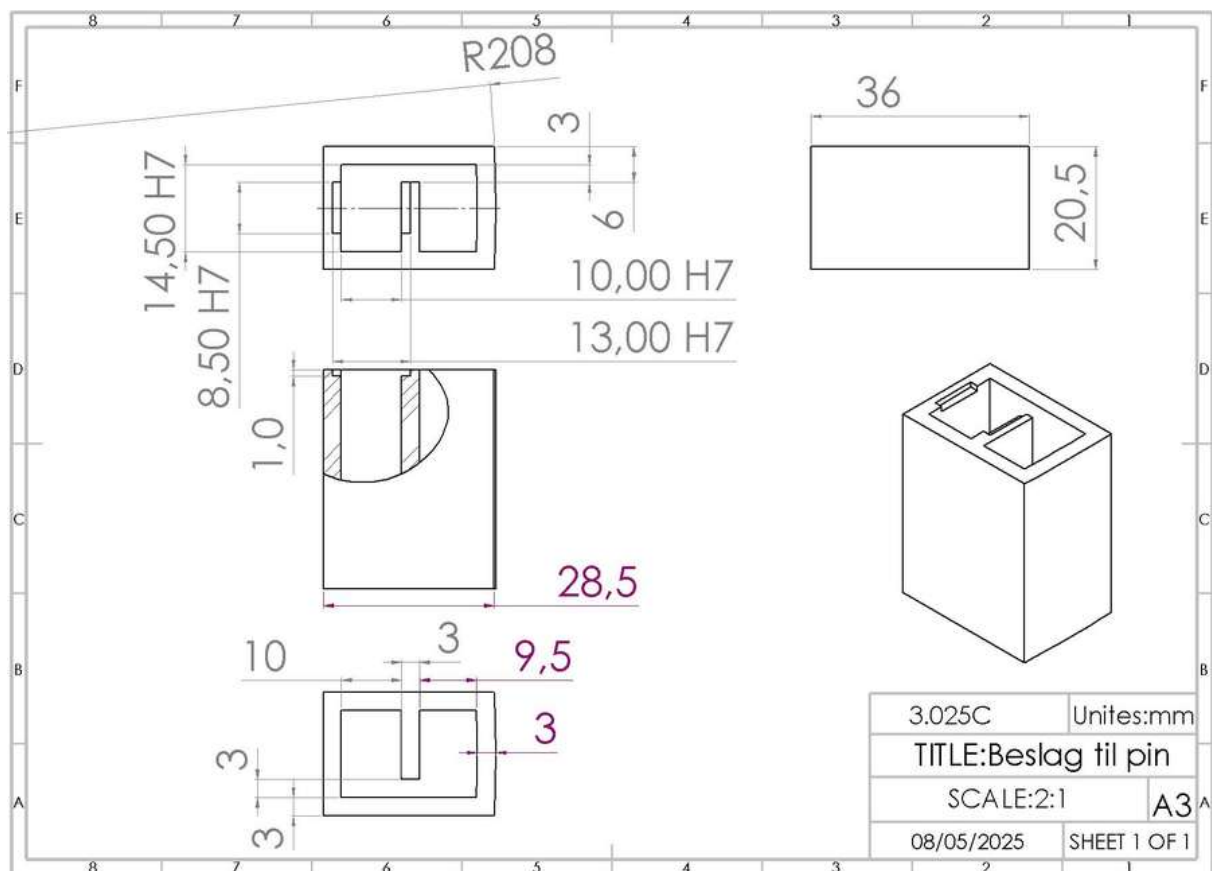
Trykpladen bliver udsat for højere kræfter gennem nogle små arealer. De 882 N der bliver genereret af motorerne skal sendes gennem trykpladen, som er 4 mm tyk. Det betyder pladerne skal kunne holde til nogle markant større kræfter end nogle andre dele af skraldespanden. Derfor kan der ikke bruges plast til trykpladen, i stedet bliver der brugt metal. Prisen er igen det højest vægtede krav, så derfor er det den højest prioriterede materiale egenskab.

Som nævnt i 6.3.1 bliver plast og metal målt på forskellige Rockwell hardness skalaer og det er derfor ikke muligt at se om nogle plaster har en større hårdhed end nogle metaller, dog kan der regnes med at en meget hård plast, dvs. en høj Rockwell hardness på skalaen M, godt kan påvirke nogle materialer med en lav Rockwell hardness værdi på en anden skala, som f.eks. skala C, der primært bliver brugt til at beskrive metaller (Low 2001). Der skal derfor bruges en type af metal med en Rockwell hardness på over 30 i skala C. Den ståltype der bliver brugt er AISI 1045 stål. Denne stål er blandt de billigste, med en pris på $4,20 \frac{DKK}{kg}$. (Made-in-China u.d.). Denne ståltype har også god bearbejdelighed, samt en Rockwell Hardness C på 54-60 (McClements 2023), hvilket gør den nem at bruge til fremstilling af trykpladen.

6.4 Arbejdstegning

Følgende afsnit viser og forklarer de arbejdstegninger der er blevet lavet for nogle udvalgte dele. Der er ikke blevet lavet arbejdstegninger for alle delene der skulle specialfremstilles, i stedet er der blevet fokuseret på to dele, da det ville være mest fyldestgørende i forhold til studieordningen og læringsmålene.

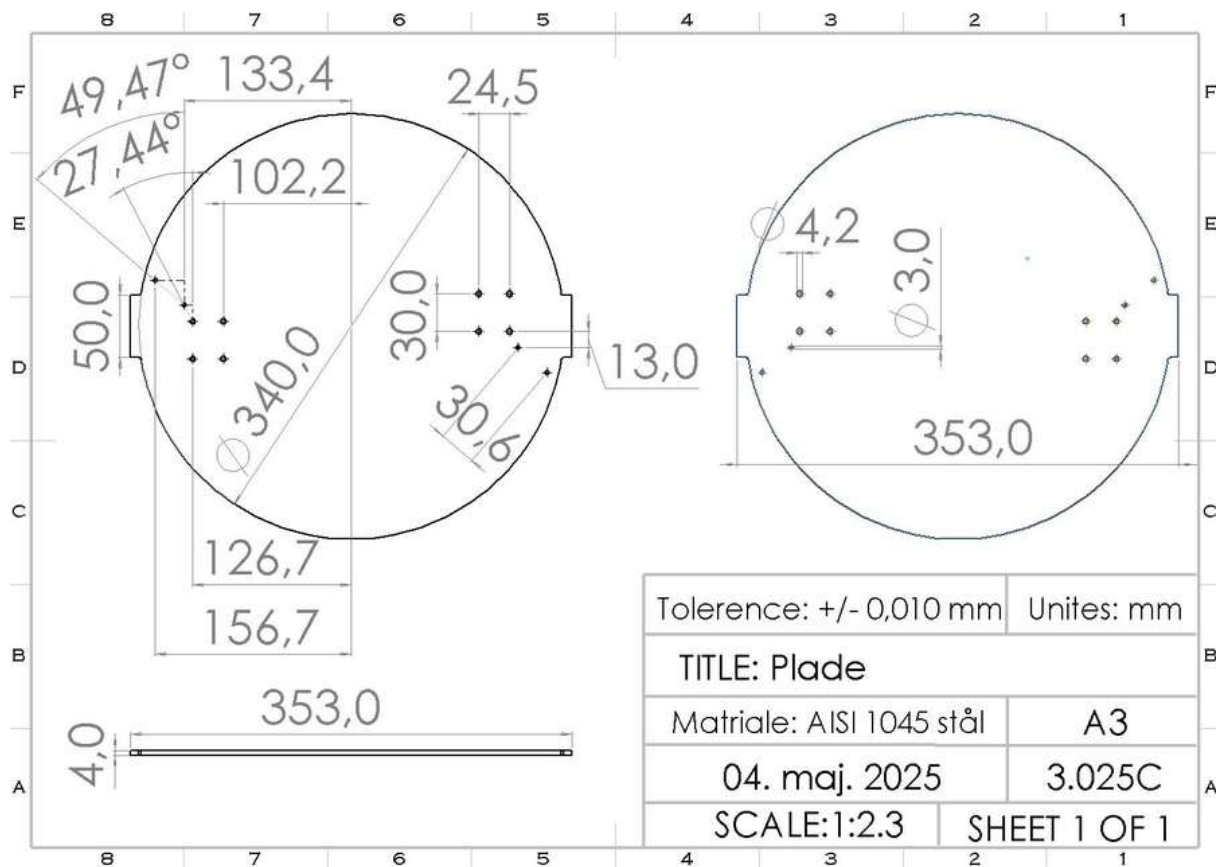
6.4.1 Beslag til pin



Figur 6.6. Arbejdstegning af beslaget til pinlåsen.

Figur 6.6 viser en arbejdstegning som bliver indsendt til dem der skal lave sprøjtestøbningsformen. Der bliver brugt den generelle tolerance på 0.1 mm , da det er en standard tolerance for støbeformer brugt til PPS, der har en størrelse på model mellem 20 mm og 100 mm , hvis der skal være en høj præcision (KUZMA u.d.). Der skal bruges prespasning til at få pinlåsen ind i beslaget. Det betyder der er et hul og en aksel der skal presses ind. Til det bruges et pasningssystem (Fractory u.d.). Her skal der bruges den fineste hulnavngivning, H7, og akslen der skal passes ind, være større da det er en paspasning, skal der bruges en p6 pasning.

6.4.2 Presplade



Figur 6.7. Arbejdstegning af trykpladen.

På figur 6.7 ses arbejdstegningen af trykpladen. Tegningen er utført i A3-format, og dermed et målestoksforhold på 1:2,3. Pladen er vist fra toppen, bunden og siden. Dermed er der også mål på hvor stor pladen skal være og hvor på pladen hullerne skal være. Da pladen er fremstillet i stål og skal stanses, har den en tolerance på $\pm 0.010\text{ mm}$. Dette er bestemt ud fra en generelle tolerance for stansning fra (Tolerances u.d.).

7. Pris & kontrolberegninger

I dette afsnit bliver der lavet de nødvendige udregninger for at finde den samlede pris for hele affaldskomprimatoren. Det er vigtigt at notere at disse priser er estimater, da mange af udregningerne er lavet på teoretiske basis, som f.eks. nedkølingstid for sprøjtestøbninger. Udregningerne kommer dog til at danne et godt grundlag for prisestimeringen af de dele der skal fremstilles specielt til dette produkt. Der bliver også lavet en Bill of Materials og til sidst udregnes hvor lang tid produktet tager at samle, og derfra en pris på arbejdet for at samle det. Disse prisberegninger bliver lagt sammen, og så bliver der vurderet om kravet om pris kan overholdes.

7.1 Samlet pris

Den samlede produktionspris for produktet beregnes ud fra, den samlede pris for fremstillingen af delkomponenterne, prisen for købet af standard dele, samt den arbejdstid det kræver at samle hele konstruktionen.

Den totale fremstillingspris for beholder, skal, trykplade samt de resterende dele fra BOM'en og samlingensprisen er:

Stk. pris beholder	31,80	DKK	se 7.1.1
Stk. pris skal	+ 79,72	DKK	se 7.1.2
Stk. pris trykplade	+ 82,00	DKK	se 7.1.3
Sum af egen komponenter	193,52	DKK	
Dele fra BOM'en	+ 578,35	DKK	se 7.1.4
Samlingsprisen	+ 50,24	DKK	se 7.2
Total	822,11	DKK	

Tabel 7.1. Samlet beregning for det endelige produkt. Der er taget højde for komponenter, produktionen af beholderen, skallen og trykpladen, samt samling af produktet. Mere detaljeret beregner på de enkelte komponenter præsenteres i de følgende afsnit i kapitel. 7

7.1.1 Pris for beholder

For at estimere prisen pr. enhed for beholderen, skal vægten af beholderen, kiloprisen af plastiken, operationelle omkostninger for produktionen og prisen af støbeformen kendes. Ud fra SolidWorks modellen, kan vægten af beholderen aflæses til 2,9 kg, og PPS koster 6,88 DKK. pr. kg. De operationelle omkostninger der bliver regnet med, er 100 DKK. plus 20% overhead pr. time (Hansen 2025).

Operationelle omkostninger er den pris det koster at holde sprøjtestøbmaskiner i gang, det betyder strøm og arbejdskraft for at sørge for maskinerne kører. For at estimere

produktionstiden beregnes hvor lang tid det tager plastikken at nedkøle, bliver formel 7.1 benyttet.

$$t_{cooling} = \frac{h^2}{2\pi \cdot \alpha} \cdot \ln \left[\frac{4}{\pi} \cdot \left(\frac{T_{MELT} - T_{MOLD}}{T_{EJECT} - T_{MOLD}} \right) \right] \quad (7.1)$$

$h = \text{vægtykkelse}$ $k = \text{termisk konduktivitet} = 0,3 \frac{W}{m \cdot K}$ $c_p = \text{specifik varmekapacitet} = 1.000 \frac{J}{kg \cdot K}$ $T_{MELT} = 300^\circ C$	$\alpha = \text{termisk diffusivitet}, \left(\frac{k}{p \cdot c_p} \right) \text{ se eq. 7.2}$ $p = \text{densitet} = 1.370 \frac{kg}{m^3}$ $T_{EJECT} = 150^\circ C$ $T_{MOLD} = 130^\circ C$
---	--

$$\alpha = \frac{0,3 \frac{W}{m \cdot K}}{1.370 \frac{kg}{m^3} \cdot 1.000 \frac{J}{kg \cdot K}} = 2,19 \cdot 10^{-7} \frac{m^2}{s} \quad (7.2)$$

$$t_{cooling} = \frac{0,003^2}{2\pi \cdot 2,2 \cdot 10^{-7}} \cdot \ln \left[\frac{4}{\pi} \cdot \left(\frac{300 - 130}{150 - 130} \right) \right] = 15,5 \text{ sek} \quad (7.3)$$

(Mitsubishi u.d.). I virkeligheden skal der bruges mellem 1,2 og 1,5 gange så lang tid (RJG 2021), (World 2017). Derfor regnes der med en nedkølingstid på 20 sekunder. Der skal også lægges noget mere tid til cyklussen, da sprøjtestøbnings maskinen skal lukke, indsprøjte, åbne, fjerne del, og fjerne spruen. Denne tid bliver ca. 15 sekunder, så den totale cyklostid bliver 35 sekunder, som bliver regnet på de operationelle priser. De samme beregninger bliver benyttet til estimatet på skallen (DM Services 2020), (RBTX u.d.).

Til sidst skal der også bruges prisen på støbeformen. En støbeform vil koste omkring \$5.000 (Rexplastics 2013), hvilket svarer til omkring 33.000 DKK. Den kan klare 5.000 cyklusser hvilket gør at stykprisen bliver 6,60 DKK. Derudover skal der købes en maskine til at lave sprøjtestøbningerne. Der er blevet fundet en maskine der kan køre automatisk for lidt under 20.400 DKK (Alibaba u.d.). Denne pris bliver delt ud på alle 5.000 enheder. Det samme skal gøres for den ydre skal.

Stk. pris for støbeform	6,60	DKK
Stk. pris for maskine	+ 4,08	DKK
Operations omkostninger	+ 1,17	DKK
Materiale pris	+ 19,95	DKK
Sum	31,80	DKK

Tabel 7.2. Prisestimat på beholderen.

Alle disse tal lægges sammen som vist i tabel 7.2, hvilket giver en endelig pris på beholderen på 31,80 DKK pr. stk.

7.1.2 Pris på ydre skal

Den ydre skal bliver også lavet af PPS, af samme årsager som beholderen. Det gør prisberegningerne simple, da der kan bruges de samme formler som beholderen. Der er tre forskellige ting som skal tages højde for i udregningerne. Skallen laves i tre dele, og derfor bliver der tre gange så mange operationelle omkostninger, desuden skal der laves

tre støbeforme og benyttes ultralydssvejsning til samlingen af delene. Skallen vejer mere, i alt 6,42 kg som aflæst i SolidWorks, så der skal bruges flere penge på materialer. Stykprisen bliver 19,8 DKK for støbeformene.

Stk. pris for støbeform	19,80	DKK
Stk. pris for maskine	+ 12,24	DKK
Operations omkostninger	+ 3,51	DKK
Materiale pris	+ 44,17	DKK
Sum	79,72	DKK

Tabel 7.3. Prisestimat på ydre skal.

Som kan ses i 7.3 bliver den samlede pris for den ydre skal derfor estimeret til at være 79,72 DKK pr. stk.

7.1.3 Pris på trykpladen

Trykpladen bliver lavet ud af AISI 1045 stål. Gruppen er kommet frem til at den billigste måde at få denne del fremstillet på, er via et fremstillingsfirma. På *Xometry* er delen blevet uploadet, og *Xometry* fortæller at delen bliver stampet ud, og har en styk pris på 32 DKK, plus 50 DKK fragt pr styk. Det giver delen en pris pr. stk. på 82 DKK.

7.1.4 Pris for BOM

For at kunne producere en affaldskomprimator effektivt, er det vigtigt at opdele materialerne i dem, der kan købes til en billig pris, og dem, der skal produceres fra bunden. Det ville være ineffektivt, hvis der f. eks. skulle designes og produceres ledninger til den indre mekanisme fra bunden. Med det som grundlag er der blevet lavet en såkaldt "Bill of Materials" forkortet til BOM. Der kan ses et afsnit fra BOM'en herunder 7.1. Ud over dette er det også et punkt i designspecifikationen 4.2 at affaldskomprimatoren skal kunne repareres med standard værktøj så dette er også taget i betragtning for de valg af komponenter i BOM.

Kolonne 1	Navn	Stk	Info	Pris enkelt	Pris pr. enhed	Links
Mekanisme	Worm Drive Gear	2	30 mm	19,12kr	38,24kr	https://v
	tandstang	1	Mængde rabbat	11,90kr	11,90kr	https://v
	El-motor(e)	2	3,4Nm	124kr	248,72kr	https://v
	Harmonika bælg(e)	1	30mm	24kr	24,00kr	https://v
	Controller	1	Kineser Audino	45kr	45,26kr	https://v
	AC til DC powersupply	1	12v AC-DC 15A	95kr	95,00kr	https://v
	Kugleleje	2	KP000 10x30x9	7kr	13,32kr	https://v

Figur 7.1. Afsnit fra BOM. Den fulde BOM kan ses i bilag G.1.

BOM'en er en liste over alle de komponenter der skal bruges til affaldskomprimatoren der er valgt at det ville være billigere at købe frem for at producere et enkelt eksemplar

af affaldskomprimatoren. Hovedpunkterne er mekanisme, styrestrøm, forsyning, småting og display.

”Mekanisme” dækker over de komponenter, der er kritiske for, at selve komprimeringen kan finde sted – heriblandt elmotorer, gear, kuglelejer osv.

”Display” dækker over fronten af skraldespanden, en af de ting det indebære er en LED der indikere til brugeren at skraldespanden er i gang med at komprimere affald og kan ses tydeligt. Prisen, med alt inkluderet og med forbehold for mængderabatter samt fjernelse af moms, bliver på 575,60 DKK. Dette gør det nemmere at fokusere på de komponenter, der skal produceres til affaldskomprimatoren, da det giver en idé om, hvor meget disse må koste samlet, for at en lav samlet pris kan overholdes til sidst.

7.2 Fremstillingsproces

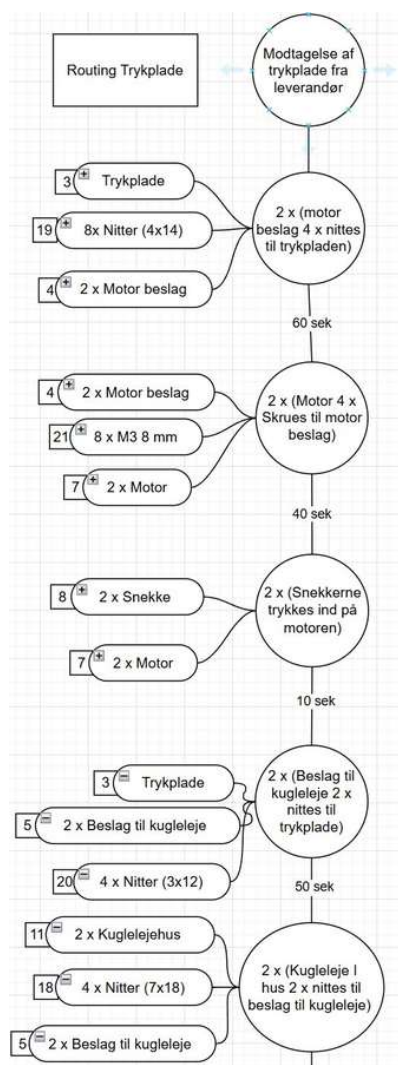
Fremstillingsprocessen er den detaljerede beskrivelse af hvordan alle delkomponenterne af affaldskomprimatoren bliver fremstillet og samlet sammen til det endelige produkt. Figur 7.2 viser et udsnit af denne proces. Figuren viser hvordan trykpladen går fra modtagelse af pladen fra fabrikanten, til den endelige trykplade, med motor og gear, som bliver indsat i skallen. En detaljeret beskrivelse kan læses i tabel 7.4 og de resterende proces analyser kan ses i bilag H.

Denne proces er blevet gentaget med beholderen og skallen, indtil hele produktet er samlet.

Tidsforbruget for de enkelte handlinger, er estimeret, baseret på udøvelse af enkelte handlinger og tidligere erfaring. Tidsestimateterne bruges til at beregne en timepris på arbejdsindsatsen som en fabriksarbejder skal betales for at fremstille produktet. Det er vigtigt at tilføje en sikkerhedsfaktor for at få en mere sikker forudsigelse. Sikkerhedsfaktoren valgt er på 1,5 dette sikre at selv hvis nogle trin skulle tage lidt længere tid end forventet så kommer det ikke til at være et problem for produktionen.

Den samlede tid der bruges på at samle beholderen er 91 sekunder, for trykpladen er det 230 sekunder, for den ydre skal er det 517 sekunder (kan ses i udsnit 7.2), og så for at samle delene bliver det endnu 45 sekunder. Derfor bliver den samlede tid:

$$(51 \text{ sek} + 230 \text{ sek} + 477 \text{ sek} + 45 \text{ sek}) \cdot 1,5 = 1.205 \text{ sek}$$



Figur 7.2. — Lille firkant med tal (Del tal) — Oval (Antal og navn på del) — Cirkel (Beskrivelse af processen) — Udsnit af proces analyse for trykplade.

Produktionstiden bliver 1.205 sekunder, eller ca. 20 minutter. Dog er plastikstøbningstid på 86 sekunder inkluderet i denne tid. Hvis der kun beregnes tid hvor der bliver lavet manuelt arbejde, bliver tiden 1.119 sekunder, eller ca. 19 minutter, eller ca. 0,32 timer. Der skal ansættes fabriksarbejdere til at samle produktet. I Danmark er gennemsnitslønnen for en fabriksarbejder $157 \frac{DKK}{\text{timer}}$ (Indkomsten u.d.). Dette betyder at et enkelt produkt kommer til at koste: $0,32 \text{ time} \cdot 157 \frac{DKK}{\text{timer}} = 50,24 DKK$.

Beskrivelse af skridt for figur 7.2

Tid til tidligere skridt (sekunder)

Trykpladen er modtaget fra leverandøren.	
2 motorbeslag bliver sat på plads	
Motorbeslagene bliver hver fastgjort med 4 nitter.	60
2 motorer bliver sat ind i beslagene	
De bliver skruet på plads med 4 skruer hver.	40
Snekke gearene bliver monteret i motorerne.	10
2 Beslag til kugleleje bliver sat på plads.	
Hvert beslag bliver sat på pladen med 4 nitter.	50
Kuglelejehus bliver nittet på beslag til kugleleje.	50

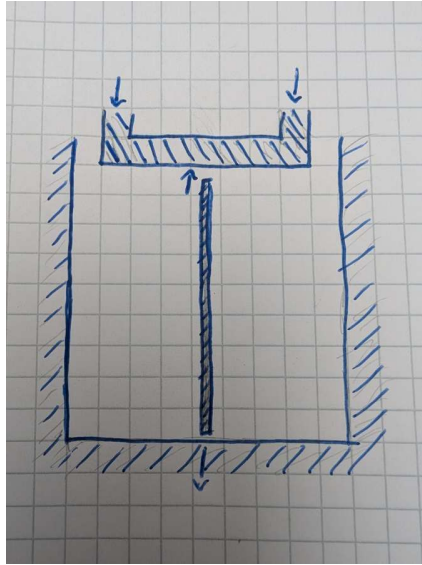
Tabel 7.4. Beskrivelse af skridt for montering af trykplade.

7.3 Kritiske scenarier

Kritiske scenarier er situationer hvor belastningen ikke er ideel. Visse scenarier ses der bort fra som f.eks. hvis den forkerte type affald lægges i affaldskomprimatoren, se kapitel 3.1. Der er stadig scenarier indenfor denne ramme hvor belastningen på komponenterne ikke er ideelle, men hvor affaldskomprimatoren stadig skal kunne fungere. I alle scenarier vil den maksimale trykkraft være $882 N$. Det antages at denne værdi ikke kan overstiges da der er indtænkt en kontrol af trykkraften, ved hjælp af mikro computeren, der stopper komprimeringen i tilfælde af den maksimale trykkraft opnås.

7.3.1 Koncentreret last på trykpladen

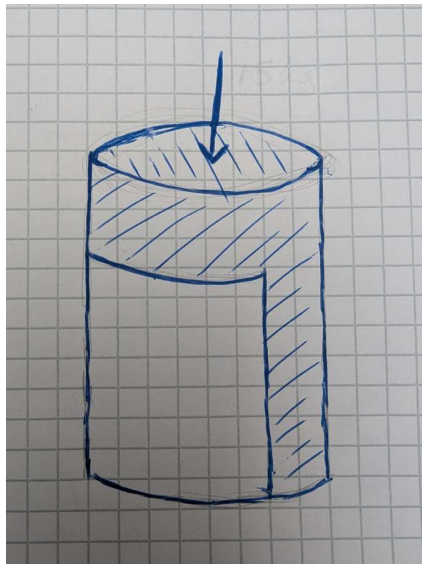
I dette scenarie er der et stykke affald som alene har kontakt til trykpladen og skal bruge den maksimale trykkraft for at blive sammenpresset. I værste tilfælde vil dette skabe en punktlast på kanten af trykpladen længst fra understøtningerne, se figur 7.3.



Figur 7.3. Scenarie 1: Punktlast på trykpladen. Forsimplet illustration af komprimeringsmekanismen

7.3.2 Koncentreret last på toppen

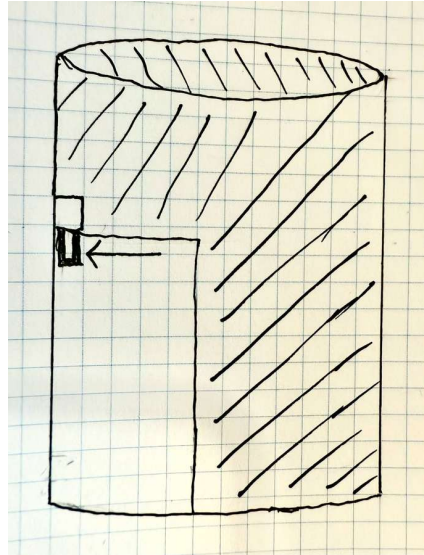
Et krav til produktet er at det kan klare en last på 15 kg placeret på toppen. I særlige tilfælde vil denne last kunne tilnærmelsesvis være en punktlast placeret i midten af pladen med mindst understøtning, se figur 7.4.



Figur 7.4. Scenarie 2: Punktlast på toppen af affaldskomprimatoren. Forsimplet illustration af affaldskomprimatoren.

7.3.3 Koncentreret last på pin lås

Et af kravene til produktet er at den skal være børnesikker, derfor skal den kunne låses. Dog kan der i visse tilfælde under maksimal last, være en risiko for, at enten hullet, låsepinden eller begge dele svigter.



Figur 7.5. Scenarie 3: Last på pin lås og hullet. Forsimplet illustration af affaldskomprimatoren og pin låsen og hullet.

Under design og kontrolberegninger arbejdes med disse kritiske scenarier. Dermed sikres det at det endelige design kan holde til de fleste situationer.

7.4 Kontrolberegning af tandhjul

Der bliver brugt et snækkegear, med en ratio på 10:1. De har et modul på 1,5, snækkegearet har to gevinstarter, med en 20 mm indgrebsdiameter, og tandhjulet har 20 tænder med en 30 mm indgrebsdiameter. Følgende afsnit viser hvordan tandhjulene kan drive pladen med nok tryk, uden at der bliver brugt for lang tid, og uden at nogle af tandhjulene går i stykker under brug. Der skal bruges 450 N linear kræft fra punktet hvor tandhjulet kommer i kontakt med tandstangen. For at finde drejningsmomentet der skal til for at generere denne kraft, bliver følgende formel brugt:

$$F = \frac{T}{r} \quad (7.4)$$

$$\left| \begin{array}{l} F = \text{Kraften} \\ T = \text{drejningsmomentet} \quad r = \text{stigningsradius} \end{array} \right|$$

Der isoleres for T, og indsættes værdierne

$$T = 450 N \cdot \frac{30 \text{ mm}}{2} = 6,75 \text{ Nm} \quad (7.5)$$

Da der bliver brugt en gearratio på 10:1, betyder det at motoren skal generere en tiendedel af den mængde drejningsmoment, altså 0,675 Nm. Der bliver antaget en effektivitet på 75%, så

$$\frac{0,675 \text{ Nm}}{0,75} = 0,9 \text{ Nm} \quad (7.6)$$

I følge producenten, kan motoren yde et drejningsmoment på $0,9 \text{ Nm}$, når den har en omdrejningshastighed på 240 rpm . Der er blevet opstillet krav om at affaldskomprimatoren ikke må bruge for lang tid til at komprimere affaldet med, så derfor skal tiden der bliver brugt udregnes. Med en 10:1 ratio, drejer tandhjulet 24 omdrejninger per minut. Den har en indgrebsdiameter på 30 mm , hvilket betyder indgrebsomkreds på $C = 94,25 \text{ mm}$. Det betyder at der bliver roteret $24 \text{ rpm} \cdot 94,25 \text{ mm} = 2,26 \frac{\text{m}}{\text{min}}$. Med en længde på $0,35 \text{ m}$ som skal komprimeres, betyder det at maskinen bruger $\frac{350 \text{ mm}}{37,7 \frac{\text{mm}}{\text{sek}}} = 9,28 \text{ sek}$, på at trykke pladen ned, og samme tid til at løfte pladen op. Det giver en cyklus tid $18,56 \text{ sek}$. Den bruger altså ikke for lang tid, og maskinen overholder de opsatte krav.

Der skal også sørges for at tandhjulene ikke går i stykker under normal brug. For at finde ud af hvor meget kraft tænderne bliver udsat for, bliver den simplificerede Lewis formel brugt (Berg 2023):

$$\sigma = \frac{F_t}{b \cdot M \cdot Y} \quad (7.7)$$

$$\left| \begin{array}{ll} \sigma_b = \text{bøjningsspænding} & F_t = \text{tangentiell belastning} = 450 \text{ N} \\ b = \text{gear bredden} = 20 \text{ mm} & M = \text{module} = 1,5 \\ Y = \text{Lewis form factor} & \end{array} \right|$$

Lewis form factor for et tandhjul med 20 tænder og en trykvinkel på 20 grader er 0,32 (EngineersEdge u.d.)

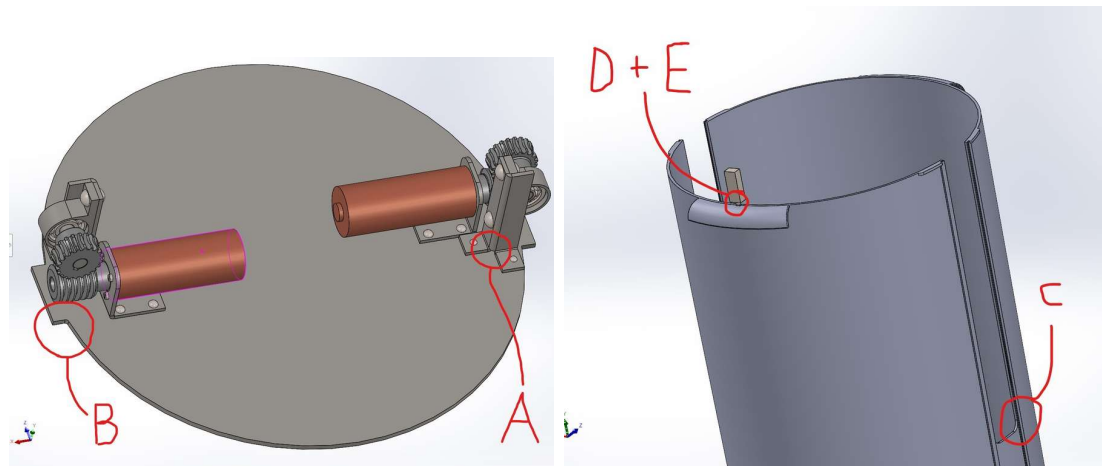
Det bliver indsat i formlen for spænding:

$$\sigma = \frac{450 \text{ N}}{20 \text{ mm} \cdot 1,5 \cdot 0,32} = 46,9 \text{ MPa} \quad (7.8)$$

AISI 1045 stål har en brudstyrke på $570 - 700 \text{ MPa}$, og en flydespænding på 310 MPa (AZOmaterials 2024), hvilket betyder at tandhjulene ikke går i stykker under normal brug.

7.5 Konvergensanalyser

I FEA er der mange usikkerheder, spidse kanter, tynde emner, omkring runde elementer, samt omkring punkter hvor der kan opstå singulariteter. En konvergens-analyse hjælper med at bestemme om punkterne med de største spændinger er retvisende. Derfor laves der konvergensanalyse for at se om mesh'et er tilstrækkeligt fint omkring disse kritiske laster. I dette projekt er der valgt at ligge fokus på udvalgte dele. Der er blevet lavet konvergensanalyser på tre komponenter, en på trykpladen for at undersøge det kritiske scenarie som beskrevet i 7.3, og en for at se om pinlåsen kan holde til trykket beholdoren udsætter den for under normal affaldskomprimering, og en sidste på komprimatorens top, for at overholde kravet for lasten. 4.2.



(a) Punkt A & B.

(b) Punkt C, D & E.

Figur 7.6. Punkter til brug af konvergensanalyser.

7.5.1 Analyse med skæv last på trykpladen

Trykpladen er i kontakt med beholderen ved de to flanger på hver side af pladen. Når pladen vippes op i den ene side bliver pladens flanger presset mod beholderen. Ud fra disse faktorer er det besluttet at lave to konvergens analyser. Punkt A er hvor kuglelejebeslaget kommer i kontakt med trykpladen. Punkt B er ved den ene af flagerne hvor pladen er i kontakt med beholderen.

7.5.2 Analyse med pinlås

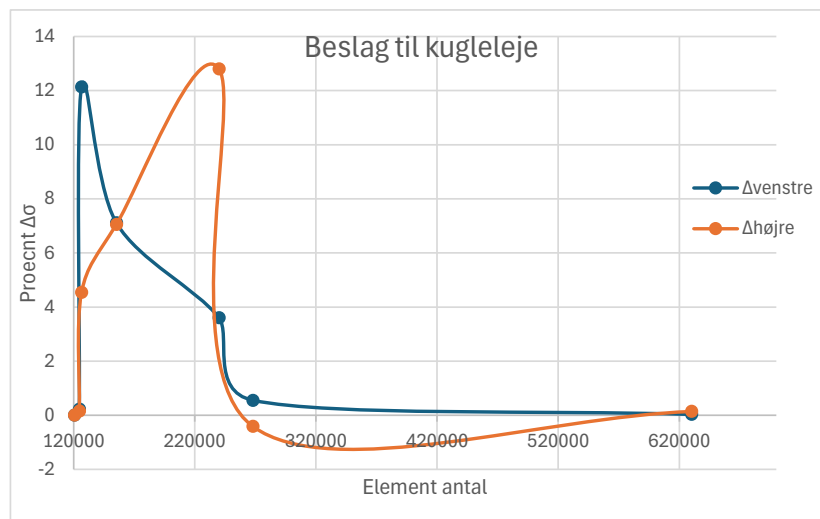
Beholderen bliver udsat for et indvendigt tryk og er holdt af skallen i siderne samt bagsiden. I fronten sidder der en pin som holder beholderen på plads. I denne analyse vil der være fokus på to punkter. Punkt C er det indvendige hjørne i den ene side af beholderen. Punkt D er pinnen. Punkt E er hullet hvor pinnen låser beholderen fast.

7.5.3 Fremgangsmåde

For at analysere specifikke punkter, har gruppen brugt SolidWorks simulations. Der er blevet lavet et mesh til hele modellen, og derefter lavet et finere mesh omkring den del der skal analyseres. Der blev sat fiksturer og kræfter på modellen, samt defineret materialet. Modellen er derefter blevet kopieret så mange gange at der er nok datapunkter til en graf der kan analyseres. I de enkelte kopier er det mesh omkring analysepunktet blevet forfinet mere og mere, så det kan ses om spændingerne ved punkterne går mod uendelig.

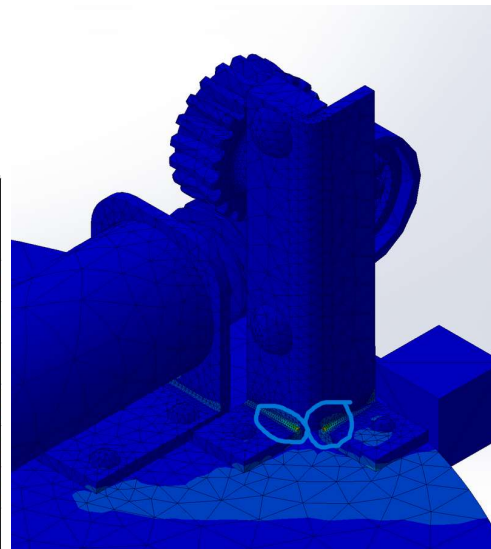
7.5.4 Resultater af analyse

Følgende graf viser data fra beslag til kugleleje analysens punkt A.



(a) Graf for konvergering punkt A.

Element antal	Kugleleje beslag venstre (MPa)	Kugleleje beslag
120.498	5,23E+02	5,71E+02
124.596	5,24E+02	5,72E+02
126.477	5,88E+02	5,98E+02
155.238	6,30E+02	6,40E+02
239.866	652,4	722,4
267.973	6,56E+02	7,19E+02
630.021	6,56E+02	7,20E+02



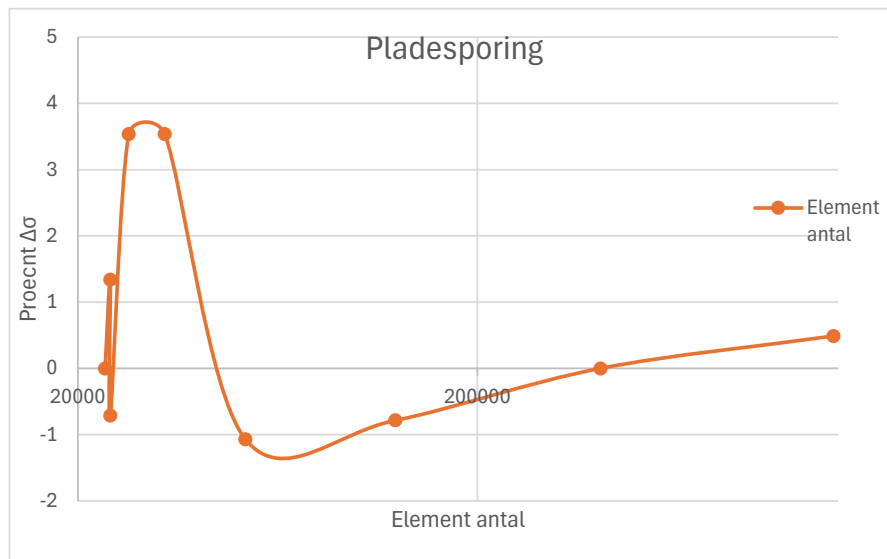
(b) Spændinger punkt A.

(c) Analysepunkter for punkt A.

Figur 7.7. Konvergensanalyse beslag til kugleleje punkt A

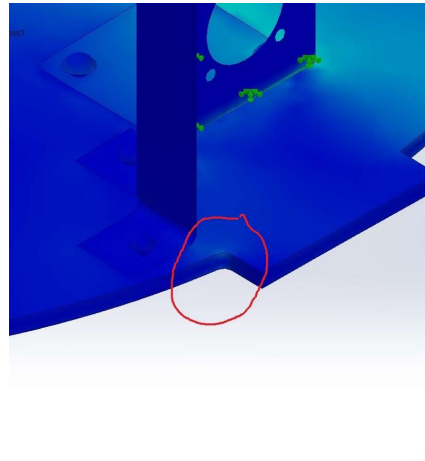
På figur 7.7 Ses det at når elementerne går op over 620.000 elementer, så begynder punkterne at konvergere. Det er dog ved meget høje spændinger og giver en udfordring ift. en sikkerhedsfaktor. Eftersom det ikke er en bjælkelignende struktur, er der ikke lavet nogle initierende udregninger for at se hvad forventningen er for elementet.

Følgende graf viser data fra trykplade analysens punkt B.



(a) Graf for konvergering punkt B.

Element antal	Mpa
23.395	96,52
24.102	97,83
24.115	97,14
26.825	100,7
32.992	103,8
52.538	102,7
124.576	101,9
406.654	101,9
1.556.025	102,4



(b) Spændinger punkt B. (c) Analysepunkter for punkt B.

Figur 7.8. Konvergensanalyse beslag til kugleleje punkt B

På figur 7.8a, ses dataindsamlingen for konvergensanalysen af trykpladen. For at få den gennemsnitlige spænding på modellen, bliver der brugt *Probe* værktøjet i SolidWorks, på kurven ved den afrunding som analyseres. Derefter viser SolidWorks gennemsnitsspændingen på delen. Dette gøres fordi det ikke er muligt at ramme samme node hver gang der *probes* i simulationen. Ud fra konvergensanalysen, kan de ses at spændingerne ikke går mod uendelig, hvilket betyder modellerne godt kan bruges til at forudsige at trykpladen ikke går i stykker under brug.

I bilag I findes de konvergensanalyser der er blevet lavet for punkter C, D og E, ved beholderen og pin låsen ved beholderen. Det kan ses fra plottene at analyserne konvergere, hvilket igen betyder at der kan drages konklusioner ud fra simulationerne. Ud fra simulationerne kan der konkluderes at beholderen, og pin låsen dertil ikke overgår deres flydespænding, og at mekanismen kan håndtere de laster der bliver påsat.

8. Diskussion

I udregningerne og simulationerne er der blevet brugt et tryk på 10 kPa . Det betyder at modellerne bliver udsat for spændinger der gør at de er meget tæt på flydespændingspunkterne, hvilket er dårligt for mekaniske produkter der skal bruges mange gange. På nogle af udregningerne og simulationerne, er der en sikkerhedsfaktor på lidt over 1, hvilket teknisk set er acceptabelt, men det er ikke godt. Tallet, ca. 10 kPa , kom fra afsnit 2.5. I dette afsnit blev der målt et nødvendigt tryk til at sammenpresse plastaffald på ca. 2 kPa . Gruppen har efter en diskussion valgt at indledningsvist pålægge en konservativ sikkerhedsfaktor på 5, dette valg blev truffet ud fra en forsigtighedsbetragtning og på et tidspunkt, hvor datagrundlaget endnu var begrænset. Formålet var at sikre, at komprimatoren i alle tilfælde ville kunne levere tilstrækkeligt tryk. Gruppen kunne have valgt en sikkerhedsfaktor på 2,5. Dette ville betyde at affaldskomprimatoren skulle levere et tryk på ca. 5 kPa , hvilket ville betyde at simulationerne ville have vist en sikkerhedsfaktor på 2. Disse tal er alle arbitrære, hvilket er grunden til at gruppen ikke har ændret forsøgssikkerhedsfaktoren på efterfølgende, men i stedet skrevet dette diskussionsafsnit, hvor der er blevet foretaget overvejelser om sikkerhedsfaktoren. For at få mere præcise mål, og dermed mere præcise simulationer, der kan forudsige de reelle tryk som komprimatoren bliver nødt til at yde, skal der laves et mere præcist forsøg, hvor der indsamles flere datapunkter.

Der var ikke tid eller ressourcer til at lave prototyper, hvor produktet kunne testes. Følgene er nogle pointer eller problemer som måske kunne være kritiske. Kun en prototype ville kunne teste om det er så kritisk et problem, at produktet eventuelt skal omdesignes.

Et af kravene i projektet var at der ikke skulle være nogle indre huller med en diameter på større end $0,7\text{ mm}$. Det var for at sørge for at plastik ikke kunne komme ind til indre mekanismer. Fordi beholderen skulle sprøjtestøbes, blev der en trækinkel, hvilket betyder at trykpladen ikke kunne have samme afstand fra væggen af beholderen hele vejen op igennem skraldespanden. Derfor er der i toppen af beholderen, en åbning på over 1 mm . Det betyder at det krav ikke blev opfyldt. Der findes løsninger til hvordan dette kunne undgås, men da sprøjtestøbning var så billigt, blev det valgt, at kravet til indre hul diameter ikke var lige så vigtigt som at holde prisen lav. Hvis, under prototypeeksperimenter, det blev fundet at mekanismen ikke vil kunne fungere med mulighed for plastikkontamination, kan følgende designideer udforskes.

- Fremstil på en måde der ikke er en trækinkel — Trykkes ud — to halvdele som bliver svejst sammen — Rotationsstøbning — Disse er alle sammen potentielt meget dyrere —

- Trykplade kan udvides mens den bevæger sig — Meget dyrere at fremstille —
- Gummi kant om trykplade — Mere slid — Mere modstand — Dyrere —

Trykpladen kan måske være ustabil under komprimering, hvilket kan føre til ujævn sammenpresning. Under prototypeeksperimenter, kan det ses om denne mulige ustabilitet forsager kritiske problemer. Hvis det var for stor ustabilitet, kunne følgende designideer udforskes.

- Ydre kant af trykplade kan gøres højere, så pladen ikke kan vippe til siderne — Potentielt meget dyrere —
- Hjul kan monteres på trykpladen der kører mod beholderen — Potentielt lidt dyrere — chance for plast sidder fast —
- Rør ved siden af tandstang som pladen holder fast i for stabilitet — Potentielt lidt dyrere — Mere slid — Mindre effektivitet —

Mellem plastikaffaldet og tandstangen er der en gummibælg, som afskærmer tandstangen fra plastik. Da der bliver skabt tryk, er der mulighed for at gummibælgen bliver trykket for hårdt mod tandstangen, hvilket potentielt kan sænke effektiviteten af mekanismen. Igen, ville dette undersøges i prototypeprocessen. Følgende løsninger kunne udforskes.

- Støttepæle til bælgen så den ikke kan presses ud — Dyrere —
- Børstehår frem for gummibælge — Mulighed for plastik kontamination —

9. Konklusion

Formålet med dette projekt var at lave en affaldskomprimator til privat brug, som ville koste under 4.500 *DKK* ved salg, og som var stærk nok til at komprimere plastik affald ned til en tredjedel af den initiale volumen.

For at opfylde det mål om at affaldskomprimatoren skal være billig nok, har gruppen gjort følgende ting: Der er blevet kontaktet fabrikanter til produktion af specielle dele, samt støbeforme til egenproduktion af delkomponenter. Gruppen har lavet en BOM til køb af standard dele som skulle bruges til affaldskomprimatoren. Til sidst har gruppen lavet udregninger og estimeringer af produktionstid og pris for det endelige produkt. Affaldskomprimatorens endelige pris er blev udregnet til at være 822,11 *DKK*. Det kan dermed konkluderes at affaldskomprimatorens endelig pris efter produktion bliver billig nok til at delmålet om pris blev opfyldt.

For at opnå målet om plastik komprimeringen har gruppen designet en trykplade, som via elektriske motorere og tandhjul, komprimerer affald i en speciallavet beholder. Der er blevet lavet udregninger for at se om motorene og tandhjulene kunne levere den nødvendige kræft. Udregningerne viser at affaldskomprimatoren kan levere det tryk på 10 *kPa*, som var nødvendig for at komprimere affaldet med en ratio på 3:1. Der er lavet 3D modeller i SolidWorks, og simuleret de kræfter som affaldskomprimatoren bliver udsat for, for at sørge for at komprimatoren ikke går i stykker under brug. Ud fra analyserne, kan der konkluderes at affaldskomprimatoren godt kan fungere uden kritiske fejl.

Der er blevet lavet konvergens analyser for at sikre at modellerne og FEA kan bruges. Ud fra analyserne er det tydeligt at modellerne konvergerer, hvilket betyder at der kan drages resultater fra dem.

Det kan dermed konkluderes at problemformuleringen er blevet besvaret på fyldestgørende måde.

Bibliografi

- [1] affald.dk. *Farligt Affald*. accessed: [11-03-2025]. URL: <https://www.affald.dk/affald/farligt-affald>.
- [2] Lomax. 21. nov. 2022. URL: <https://www.lomax.dk/inspiration/rengoering-og-vedligeholdelse/affaldsposer-i-mange-stoerrelser/>.
- [3] Shanghai Qishen Plastic Industry. *clear pp Sinopec T03 Td30 Gf30 Gf20 Gf35 M20 Ep332k Pps Resin Homopolymer Polyphenylene Sulfide Granules Price*. Accessed: [29-04-2025]. URL: https://www.alibaba.com/product-detail/clear-pp-sinopec-t03-td30-gf30_1601355630901.html?spm=a2700.7724857.0.0.3e0f16019co9N3.
- [4] Alibaba. *HaiTian MA90T Used Injection Molding Machine 900KN Screw for PP/PA/PC/HDPE 36mm 153cm³ 3T 125g*. Accessed: [15-05-2025]. URL: https://www.alibaba.com/product-detail/HaiTian-MA90T-Used-Injection-Molding-Machine_1601160041365.html?spm=a2700.7724857.0.0.1e7dc909U9cINI.
- [5] Valle Thorø. *Arduino SLEEP-Mode*. 30-06-2024. URL: https://vthoroe.dk/Elektronik/Arduino/Sleep_Arduino.pdf.
- [6] AZOmaterials. *AISI 1045 Medium Carbon Steel*. Accessed: [15-04-2025]. 2024. URL: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6130>.
- [7] Berg. *measuring Gear Tooth Strength: A Simple Guide for Engineers*. 23. apr. 2023. URL: <https://www.wmberg.com/resources/blogs/measure-gear-tooth-strength>.
- [8] Boligjunkies. *Guide til skraldespande: Hvad passer til dit køkken?* Accessed: [19-02-2025]. 2023. URL: <https://boligjunkies.dk/guide-til-skraldespande-hvad-passer-til-dit-kokken/>.
- [9] Anne Prince and Janelle Booth. *Optimum Compaction Rate for Kerbside Recyclables*. Accessed: [19-02-2025]. 2013. URL: <https://www.greenindustries.sa.gov.au/resources/optimum-compaction-rate-for-kerbside-recyclables-2012->.
- [10] Eric Mead. Accessed: [19-02-2025]. URL: https://your.kingcounty.gov/dnrp/library/solid-waste/facilities/Final_EIS_Chapter_8.pdf.
- [11] Danmarks Statistik. *Vi sorterer mere madaffald til biogasproduktion*. Accessed: [18-02-2025]. 2023. URL: <https://www.dst.dk/Site/Dst/Udgivelser/nyt/GetPdf.aspx?cid=45165>.

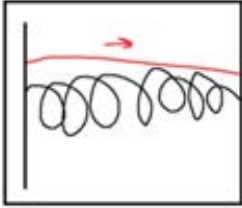
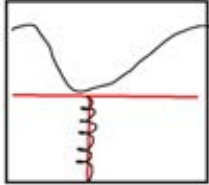
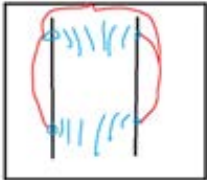
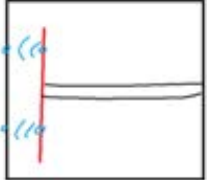
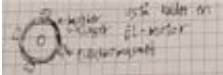
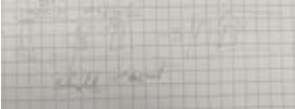
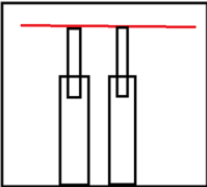
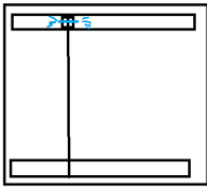
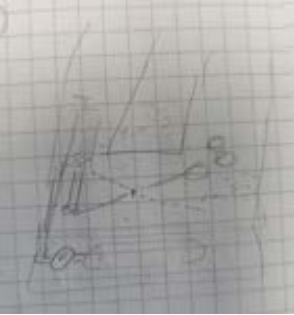
-
- [12] EngineersEdge. *Calculating Maximum Load & Strength of Gears*. Accessed: [22-04-2025]. URL: <https://www.engineersedge.com/gears/lewis-factor.html>.
- [13] Tracy Farnsworth. *A Look Inside a Recycling Plant – How Your Items Get Sorted and Recycled*. Accessed: [19-02-2025]. 25. aug. 2020. URL: <https://recyclenation.com/2020/08/a-look-inside-a-recycling-plant-how-your-items-get-sorted-and-recycled/>.
- [14] Fractory. *Limits & Fits*. Accessed: [30-04-2025]. URL: <https://fractory.com/limits-and-fits/>.
- [15] Føtex. *SmartStore affaldssortering - 13 liter*. [19-02-2025]. 2025. URL: <https://www.foetex.dk/produkter/smartstore-affaldssortering-13-liter/200157100/>.
- [16] Føtex. *Sorteringsaffaldsspand 3 x 12 liter*. [19-02-2025]. 2025. URL: <https://www.foetex.dk/produkter/sorteringsaffaldsspand-3-x-12-liter/100561746/>.
- [17] Inc. AAA Polymer. Accessed: [20-02-2025]. URL: <https://www.aaapolymer.com/mil-vs-micron/>.
- [18] Global Trash Solutions. *An Overview of the Industrial Trash Compactor*. Accessed: [18-02-2025]. 21. okt. 2013. URL: <https://globaltrashsolutions.com/blog/overview-industrial-trash-compactor/>.
- [19] Poul Kyvsgaard Hansen. *Product Development and Production Preparation (Produktudvikling og Produktionsforberedelse) Cost Estimation*. Accessed: [14-04-2025]. 2025.
- [20] Heil. *PowerTrak Commercial Rear Loader*. accessed: [20-02-2025]. 2025. URL: <https://www.heil.com/bodies/powertrak-commercial-rear-load-garbage-trucks/>.
- [21] okdor. *Hvor støjsvage er spiral gear vs sporgear*. 21-02-2025. URL: <https://okdor.com/da/quiet-helical-gears-vs-spur-gears/>.
- [22] Indkomsten. *Fabriksarbejder løn*. Updated: [01-02-2025]. URL: <https://indkomsten.dk/hvad-tjener-en/fabriksarbejder>.
- [23] Peter Wallace Johnson. 1. jan. 2007. URL: https://www.researchgate.net/figure/ndex-finger-width-by-gender-and-size-percentile-as-a-function-of-age-data-from-CHILDATA_fig2_41464372.
- [24] Joseph Joseph. *Titan 30L Stainless-steel Trash Compactor Starter Set*. Accessed: [19-02-2025]. URL: <https://us.josephjoseph.com/products/titan-30l-trash-compactor-starter-set-stainless-steel>.

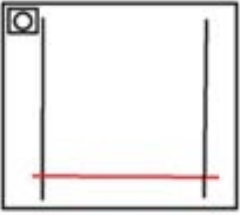
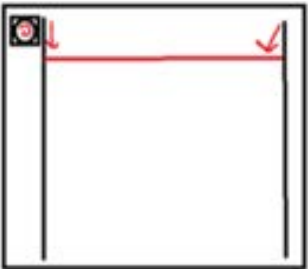
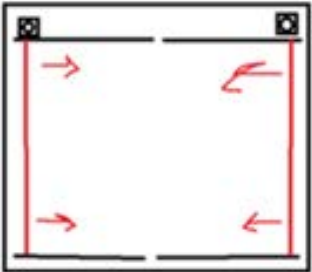
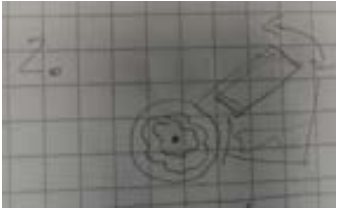
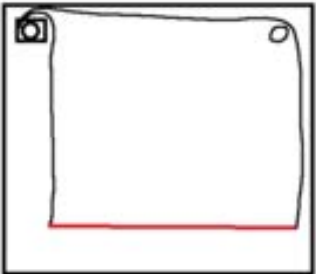
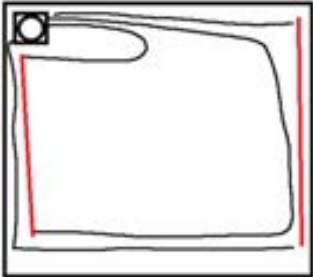
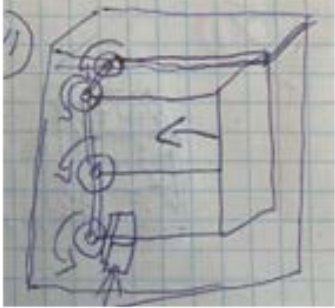
- [25] Leslie Kaufman. *Americans Throw 76% of Their Recyclables Into the Trash*. accessed: [24-02-2025]. 2024. URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2024-01-10/americans-trash-three-quarters-of-recyclables-study-finds?embedded-checkout=true>.
- [26] KitchenAid. *1.4 Cu. Ft. Built-In Trash Compactor*. Accessed: [18-02-2025]. URL: <https://www.kitchenaid.com/major-appliances/disposals-and-compactors/compactors/p.1.4-cu.-ft.-built-in-trash-compactor.ktts505ess.html>.
- [27] KUZMA. *Injection Molding Tolerance Guide*. Accessed: [30-04-2025]. URL: <https://kuzmaindustrial.com/injection-molding-tolerance-guide/>.
- [28] Lomax. *Durable Sensor Bin, berøringsfri, 35 L*. [19-02-2025]. 2025. URL: https://www.lomax.dk/rengoering/affaldssortering/durable-sensor-bin-beroeringsfri-35-l-60109370/?pla=1&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=02%3A%20Smart%20Shopping%20%7C%201%20%7C%20Catch%20all&gad_source=1&gclid=CjwKCAiAn9a9BhBtEiwAbKg6fpCQxhQJihJ8f0SOP-0ujQO0krvxhyGK53R8ZfeqInTop_WlKUdVdhoCb9EQAvD_BwE&gclsrc=aw.ds.
- [29] Lomax. *Guide til affaldsspande*. Accessed: [18-02-2025]. 2022. URL: <https://www.lomax.dk/inspiration/rengoering-og-vedligeholdelse/affaldsspande-i-mange-stoerrelser/>.
- [30] Samuel R. Low. *Rockwell Hardness Measurement of Metallic Materials*. [Online; accessed 1. May 2025]. Jan. 2001. URL: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/GOVPUB-C13-PURL-LPS15213/pdf/GOVPUB-C13-PURL-LPS15213.pdf>.
- [31] Made-in-China. *Mild Carbon Steel Plate St37 AISI 1045 Ck45 Ss400 ASTM A36 Steel Plate*. Accessed: [15-04-2025]. URL: https://steelguang.en.made-in-china.com/product/CxnRDATEFahB/China-Mild-Carbon-Steel-Plate-St37-AISI-1045-Ck45-Ss400-ASTM-A36-Steel-Plate.html?pv_id=lios9gg3p53a&faw_id=lios9ggrnfef.
- [32] MatWeb. *Overview of materials for Polyphenylene Sulfide (PPS), Unreinforced, Extruded*. Accessed: [29-04-2025]. URL: <https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=f277b224f135406caa973d38d49104ca&ckck=1>.
- [33] Dean McClements. *All About 1045 Carbon Steel*. Accessed: [15-04-2025]. 2023. URL: <https://www.xometry.com/resources/materials/1045-carbon-steel/>.
- [34] Miljøstyrelsen. *Sådan sorterer du dit affald*. accessed: [11-03-2025]. URL: <https://mst.dk/borger/affald-og-forurening/sortering-af-affald/saadan-sorterer-du-dit-affald>.

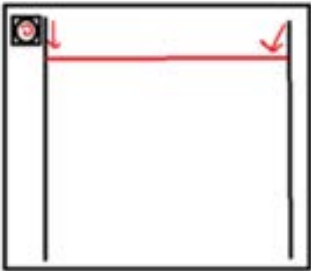
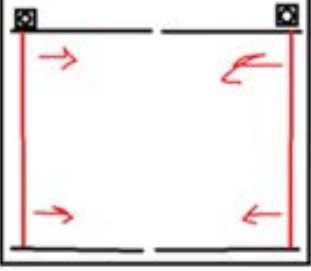
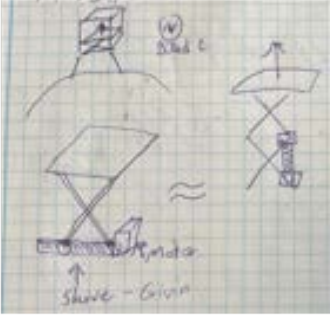
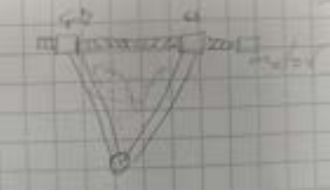
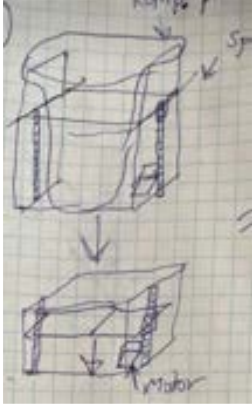
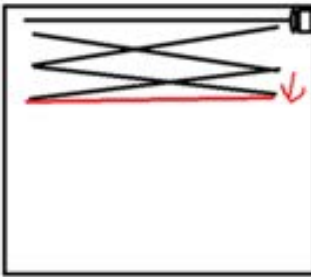
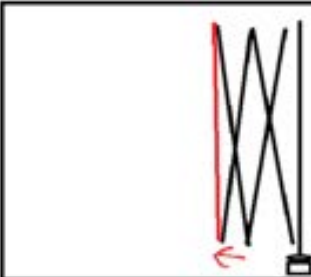
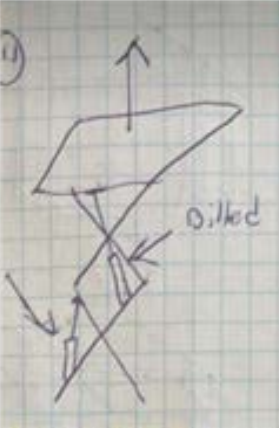
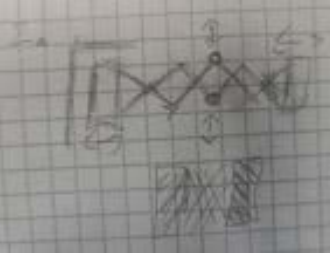
- [35] Mitsubishi. *PPS plastics*. Accessed: [29-04-2025]. URL: <https://www.mcam.com/en/products/pps>.
- [36] Georgie Lellman and Tim Farnan and Barbara Monaco. *Volume-to-Weight Conversions*. Accessed: [18-02-2025]. 2021. URL: <https://www.pca.state.mn.us/business-with-us/solid-waste-density-volume-to-weight-conversions>.
- [37] NIH. *Noise-Induced Hearing Loss*. Accessed: [19-02-2025], National Institute on Deafness and Other Communication Disorders. 16. mar. 2022. URL: <https://www.nidcd.nih.gov/health/noise-induced-hearing-loss>.
- [38] plast.dk. Accessed: [20-02-2025]. URL: <https://plast.dk/vidensbanken/fakta-om-plast/plastposer/>.
- [39] Omnexus. Accessed: [15-04-2025]. URL: <https://omnexus.specialchem.com/polymer-property/hardness-rockwell-m?.com>.
- [40] Power. *Xiaomi Townew T1, vit soptunna*. [19-02-2025]. 2025. URL: https://www.power.se/hushaall-och-gaard/rengoring-och-dammsugning/rengoring-och-tillbehor/stadtillbehor/xiaomi-townew-t1-vit-soptunna/p-1177961/?utm_source=prisjakt&utm_medium=cpc.
- [41] Pricerunner. [19-02-2025]. 2025. URL: <https://www.pricerunner.dk/results?q=Skraldespan%2020.0L&suggestionsActive=true&suggestionClicked=false&suggestionReverted=false>.
- [42] RBTX. *Sprue picker: Removing and separating sprues from the injection molding Machine*. Accessed: [24-04-2025]. URL: <https://rbtx.com/en-US/solutions/sprue-picker-removing-and-separating-sprues-from-the-injection-molding-machine>.
- [43] Rexplastics. *How Much Does Plastic Injection Molding Cost?* 15. jun. 2013. URL: <https://rexplastics.com/plastic-injection-molds/how-much-do-plastic-injection-molds-cost>.
- [44] RJG. *How to Determine Injection Molding Cooling Time*. 10. mar. 2021. URL: <https://rjginc.com/injection-molding-cooling-time-a-breakdown/>.
- [45] e-pac-mac RL. *RL Series Refuse Truck*. accessed: [19-02-2025]. 2025. URL: <https://e-pac-mac.com/product/rl-series-refuse-truck/>.
- [46] Timothy Thiele and Kamron Sanders. *Amps vs. Volts: The Dangers of Electrical Shock*. [19-02-2025]. 11. maj 2024. URL: <https://www.thespruce.com/amperage-vs-voltage-1152476>.
- [47] Tobias Qvistorff Sidén. *Spørgsmål til Nordværk*. recieved: [24-02-2025]. 2025.
- [48] Sideon. *Pneumatic Vertical Baler*. Accessed: [18-02-2025]. URL: <https://www.siedontech.com/pneumatic-trash-compactor.html>.

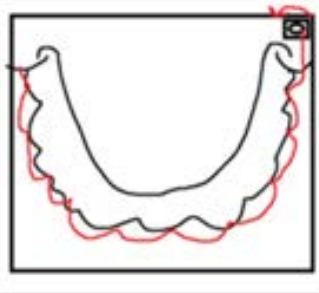
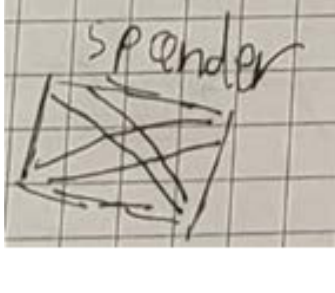
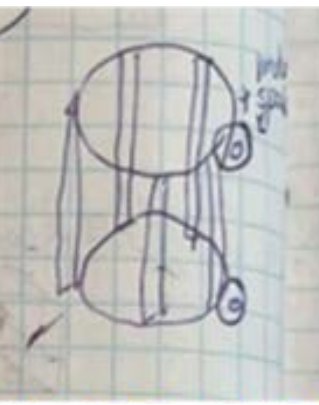
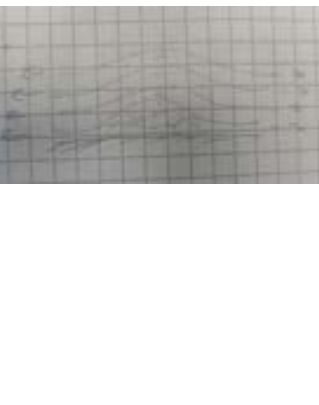
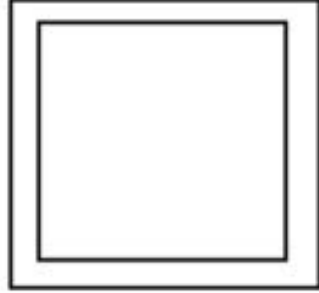
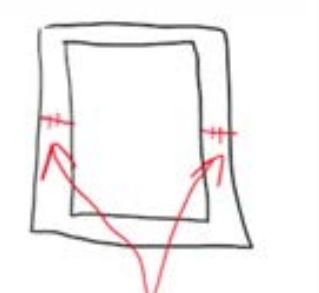
- [49] Smartasaker. *Sophinken Frank*. [19-02-2025]. URL: https://www.smartasaker.dk/dk/sophinken-frank?variant=13284-Gr&utm_source=google&utm_medium=cpc&dema_id=21589341520&utm_content=164727579063&utm_term=&gadid=709590284101&gad_source=1&gclid=Cj0KCQiA_NC9BhCkARIsABSnSTZQIjJUETVQRLvwjE2CedvegNChojkqrSOn22xXbkq6wQFIk1sebpwcB.
- [50] Sheet Metal Tolerances. *Demystifying Precision Sheet Metal Tolerances*. Accessed: [05-05-2025]. URL: <https://www.approvedsheetmetal.com/blog/demystifying-precision-sheet-metal-tolerancing>.
- [51] Flood Brothers. Accessed: [18-02-2025]. URL: <https://www.floodbrothersdisposal.com/containers/types-of-trash-compactors>.
- [52] KitchenAid. *DEN ULTIMATIVE GUIDE: Udskiftning af køkkenlåger*. Accessed: [19-02-2025]. URL: <https://www.kitchn.dk/shop/cms-udskiftning-af-koekkenlaager.html>.
- [53] Design World. *Injection Molding Cooling Time: A Breakdown*. 9. jan. 2017. URL: <https://www.designworldonline.com/injection-molding-cooling-time-a-breakdown/>.
- [54] DM Services. *How to calculate injection molding cycle times*. 18. jun. 2020. URL: https://www.youtube.com/watch?v=OrWBhc1ZP_A.
- [55] Tobias Andersen Zoé K. Bochatay. „Binz“. Master's thesis. Aalborg University, 2024.

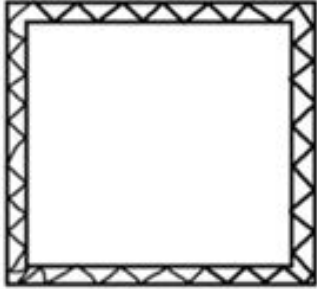
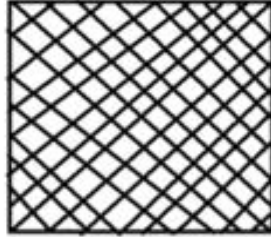
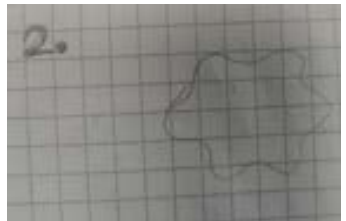
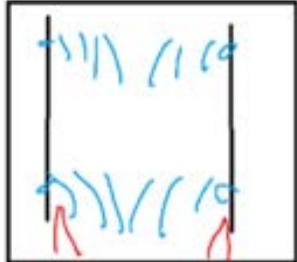
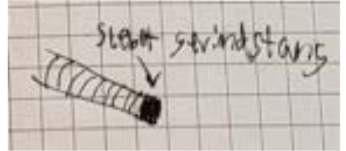
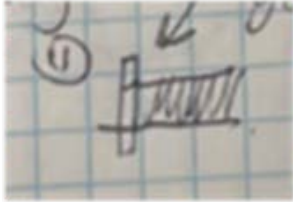
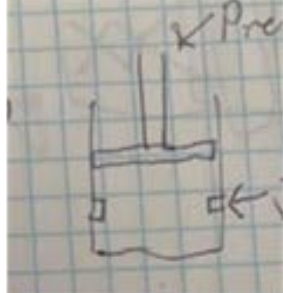
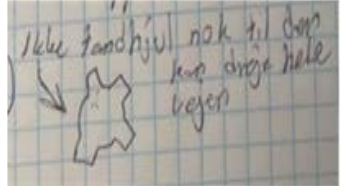
A. Morfologisk skema

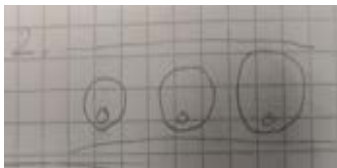
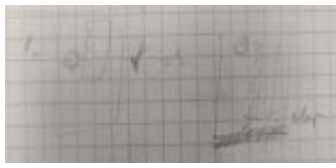
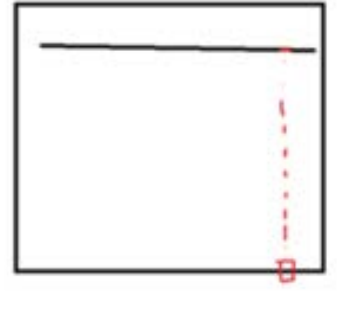
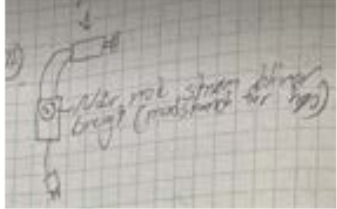
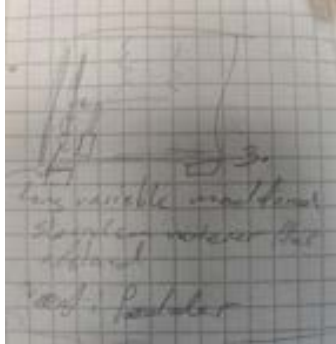
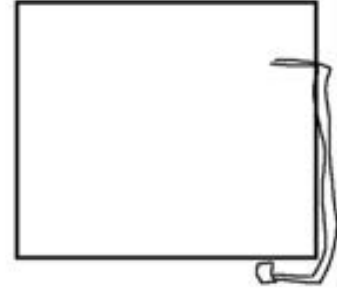
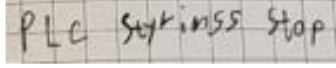
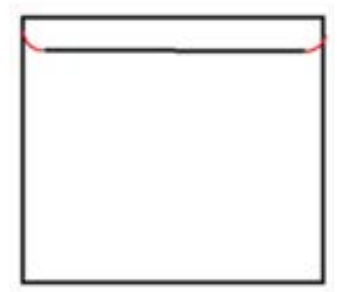
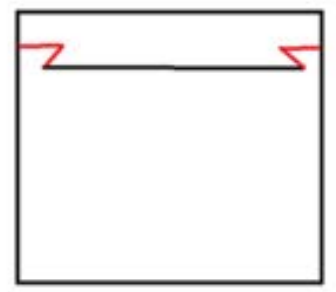
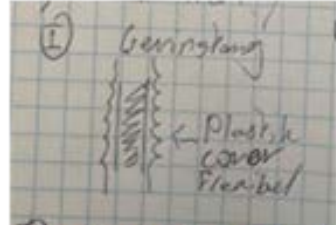
Morfologisk Skema			
Komprimering			
Producere kraft	Koncepter		
Fjeder			
	Kris 1		
Magnetkraft			
			
Lineær aktuator			

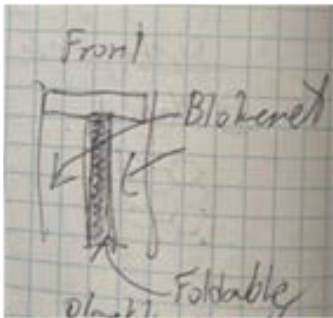
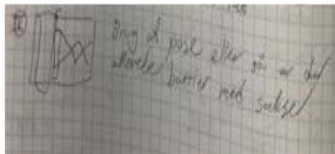
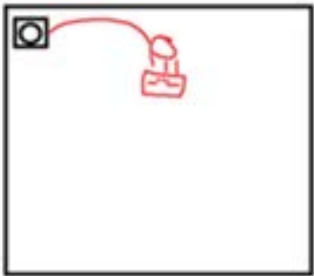
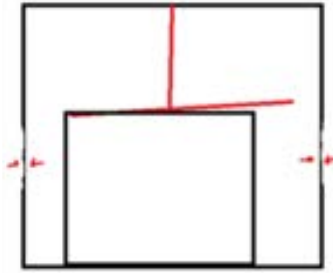
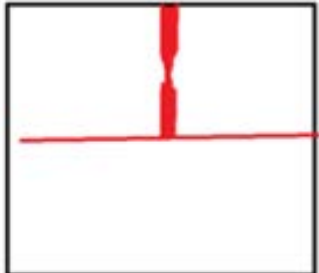
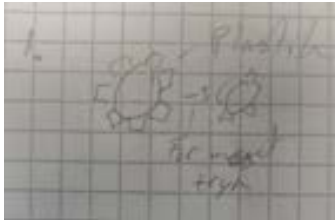
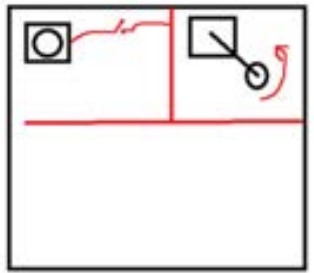
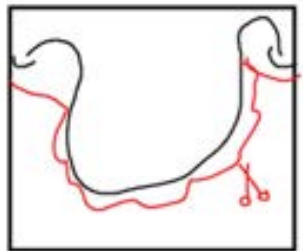
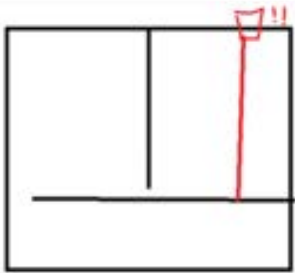
Roterende aktuator	  = Force plate  = Aktuator hjul  = remote styring		
Overføre kraft	Koncepter		
Tandhjul			
Kæde / bælte			
			

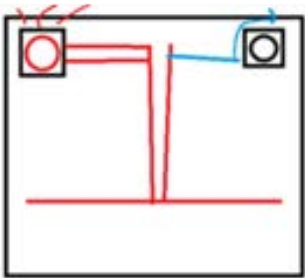
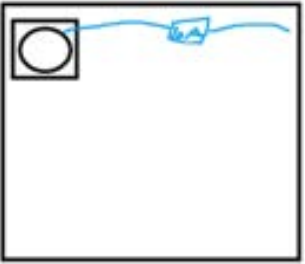
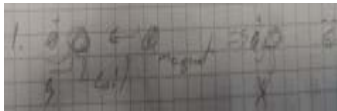
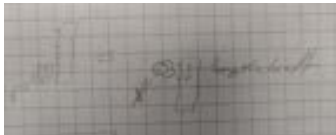
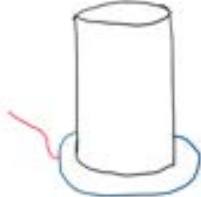
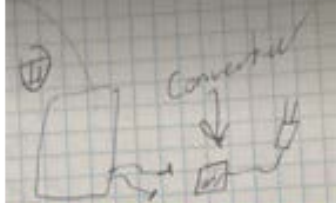
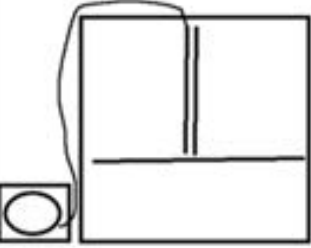
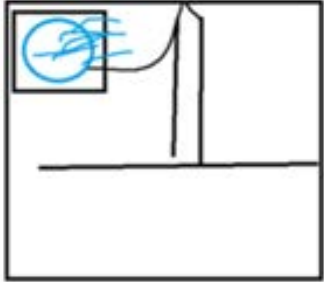
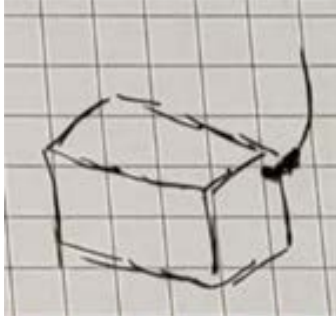
Gevindstang			
			
			
Saksemekaniske			
			

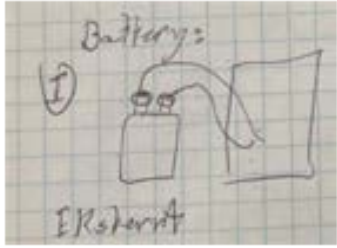
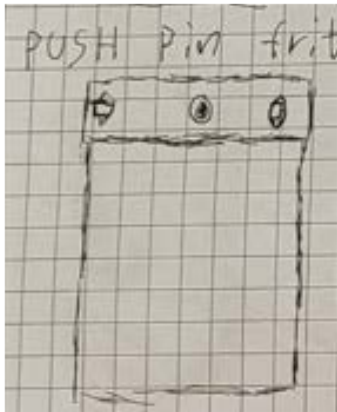
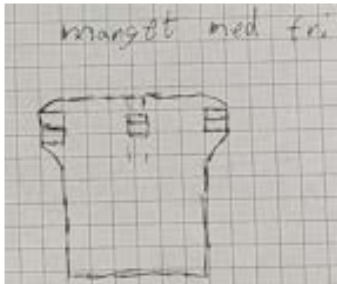
Spænder			
			
Lufttryk			
			
Holdbarhed	Koncepter		
Tykvægget materiale			

Stærkt materiale	Plastik	Stål	legeringer
	Titanium	kulfiber	Alumenium
Styrkegivende struktur			
	 = support element X support		
Kontrollerbar tryk	Koncepter		
Fysisk stop			
			

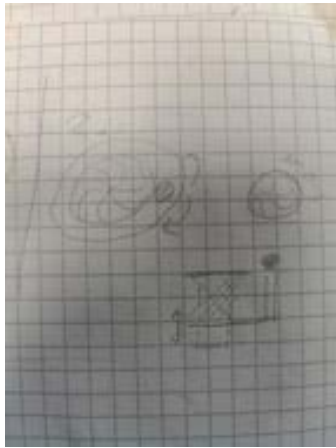
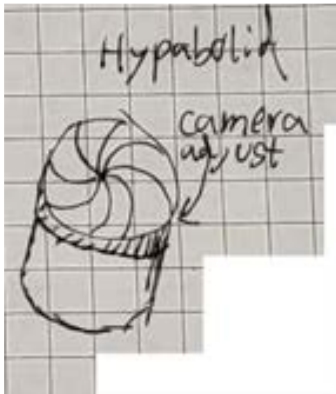
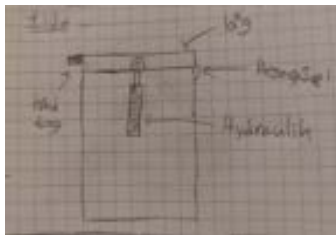
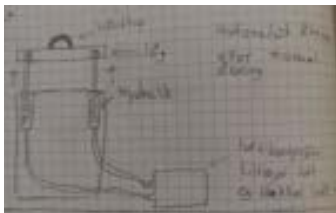
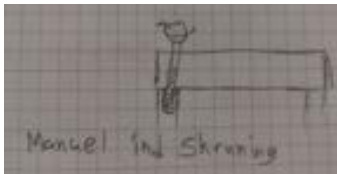
			
Sensor			
			
Computer			
Intet fastklemt affald	Koncepter		
Fysisk barrierer mellem			

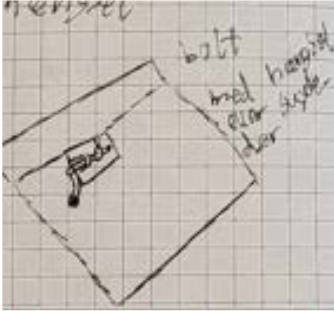
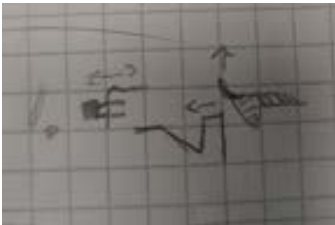
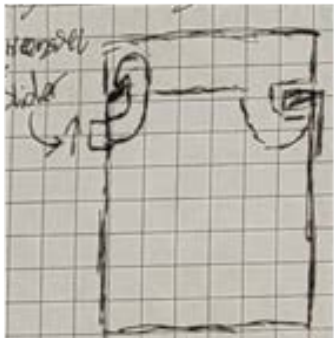
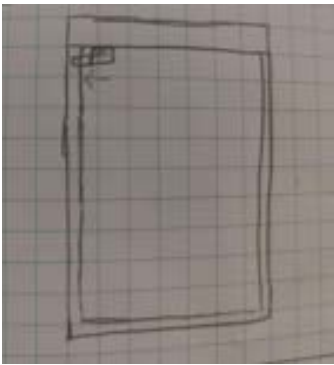
			
Sikkerhed	Koncepter		
Nødstop			
Indtænkt brudsteder			
Lås låget	Kabel	Bluetooth	Stift
Nulstillings mekanisme	Koncepter		
Drive mekanismen baglæns			

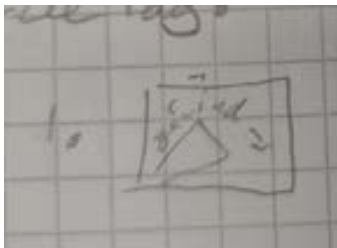
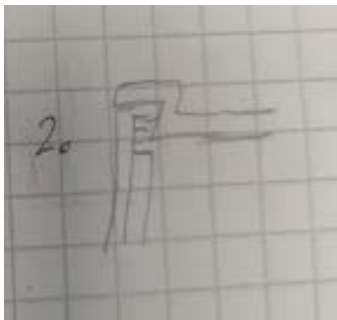
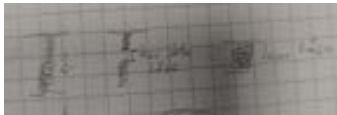
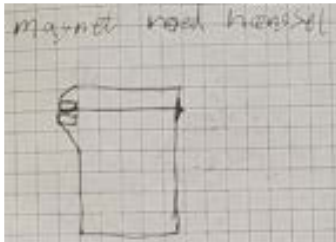
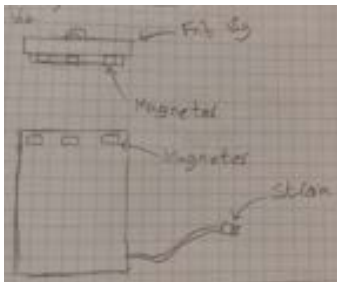
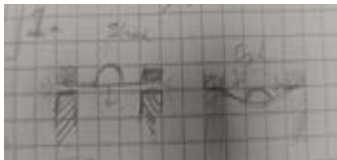
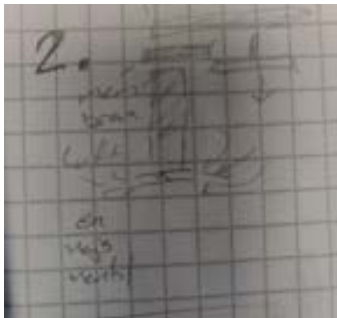
Separate mekanisme		Fjeder på kompress plade	
Fjerne energitilførsel			
Energi tilførsel	Koncepter		
Kablet forbindelse		 ■ = Skraldespand ■ = Wireless chargingpad/dock ■ = Ledning	
Lufttryk			
Batteri			

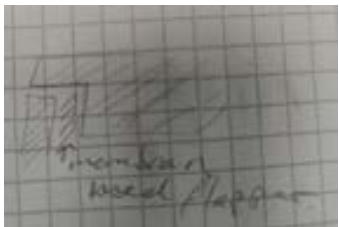
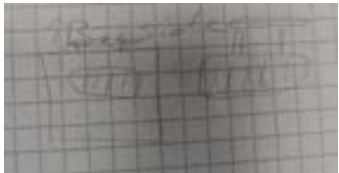
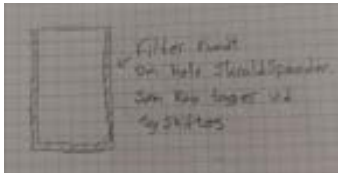
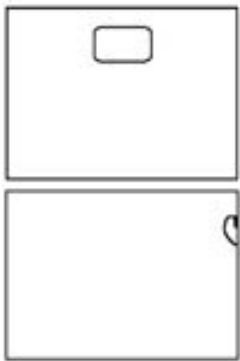
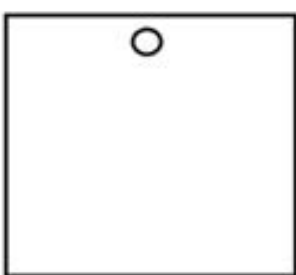
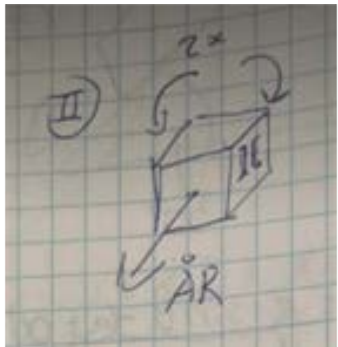
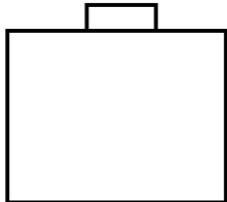
			
Låg			
Luk/Åben	Koncepter		
Frit låg			
			

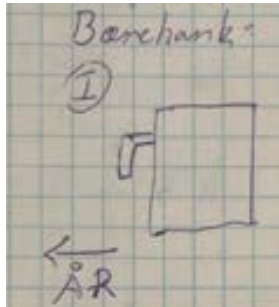
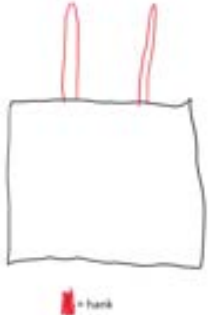
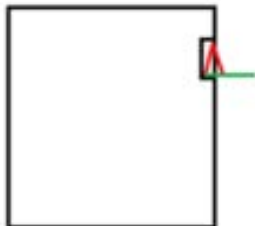
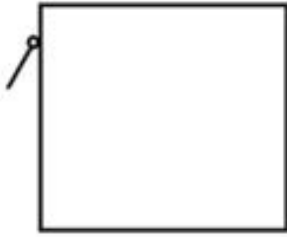
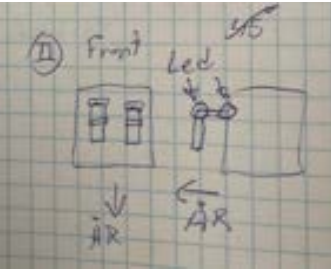
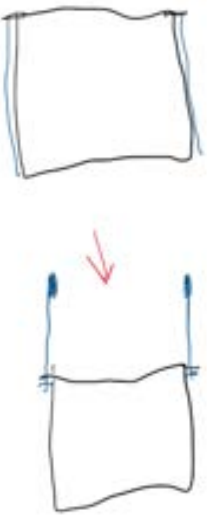
Hængsel			
Skydedør			

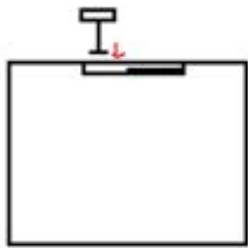
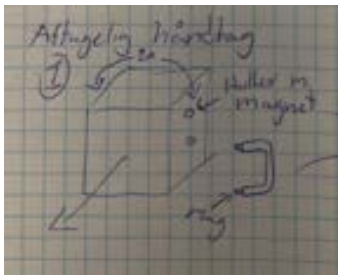
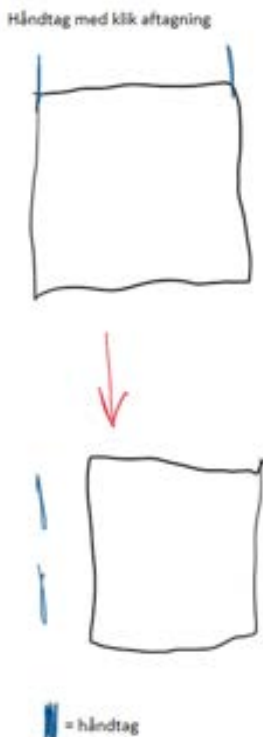
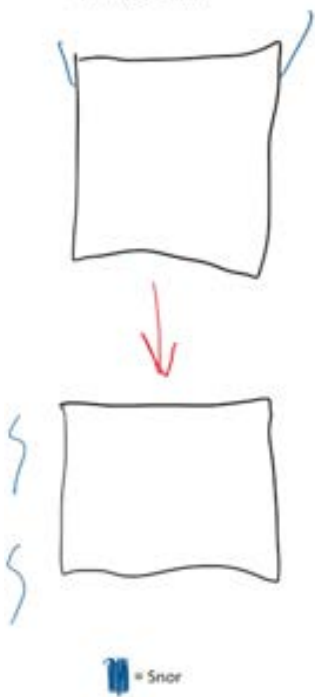
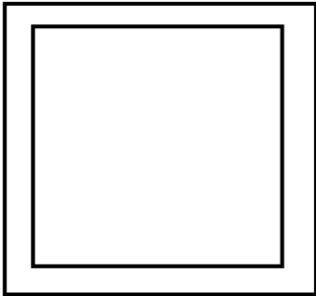
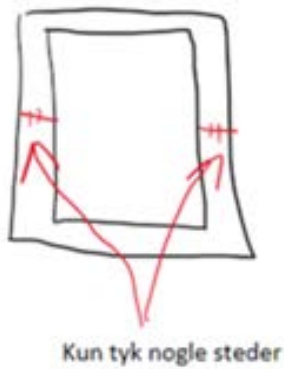
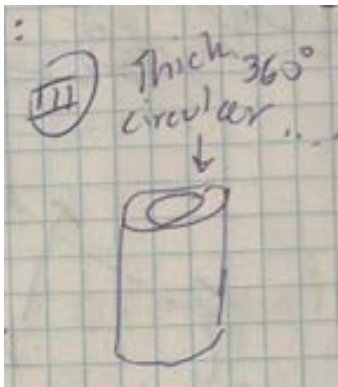
Hyperboloid			
Hydraulik			
Låsemekanisme	Koncepter		
Skrue			
			
Ringklemme			

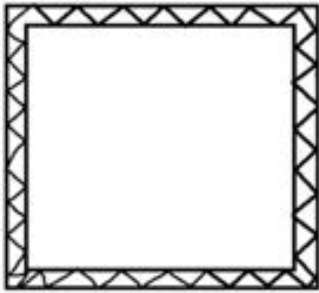
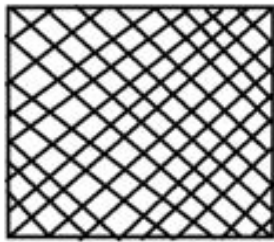
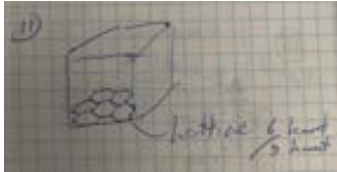
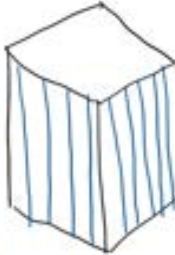
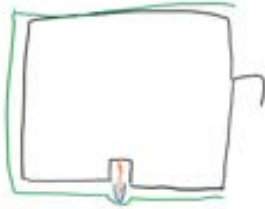
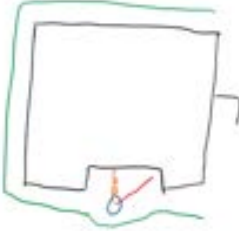
Bolt			
			
Krog			
			
Pin			

Skrue låg			
			
Magnet			
			
Forsegle	Koncepter		
Undertryk			

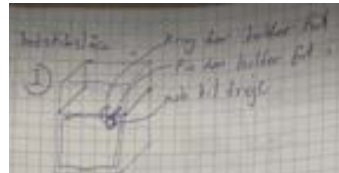
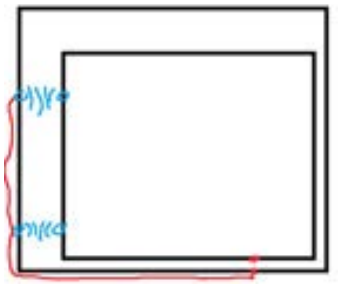
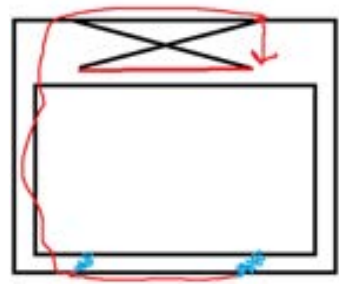
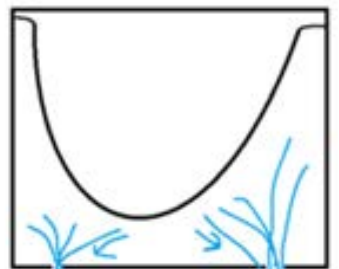
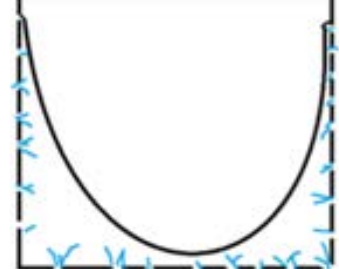
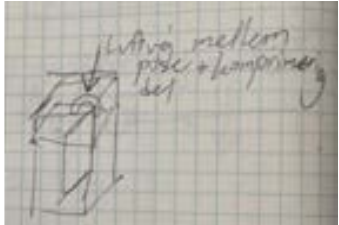
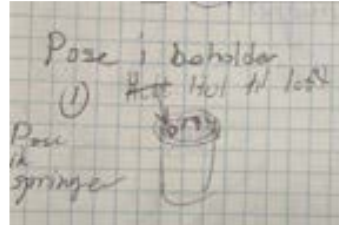
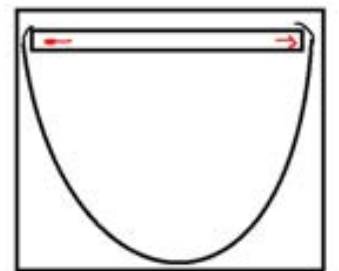
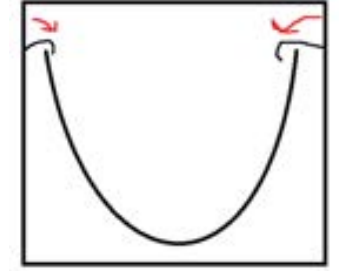
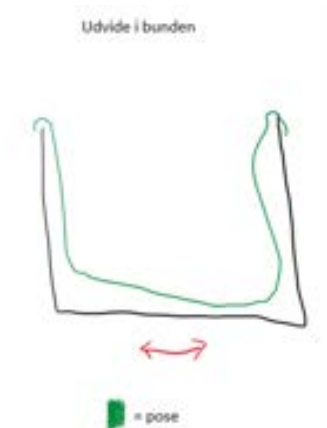
			
Gummi ring			
Filter			
Beholder			
Håndtag	Koncepter		
Indbygget			
Bærehank			

			
Sammenklappelig			
			
			

Aftageligt håndtag			
			
Hold til det tryk der produceres	Koncepter		
Tykvægget materiale			
Stærkt materiale	Kompositter	Stål	Aluminium
	Kulfiber	Diamant	Titanium

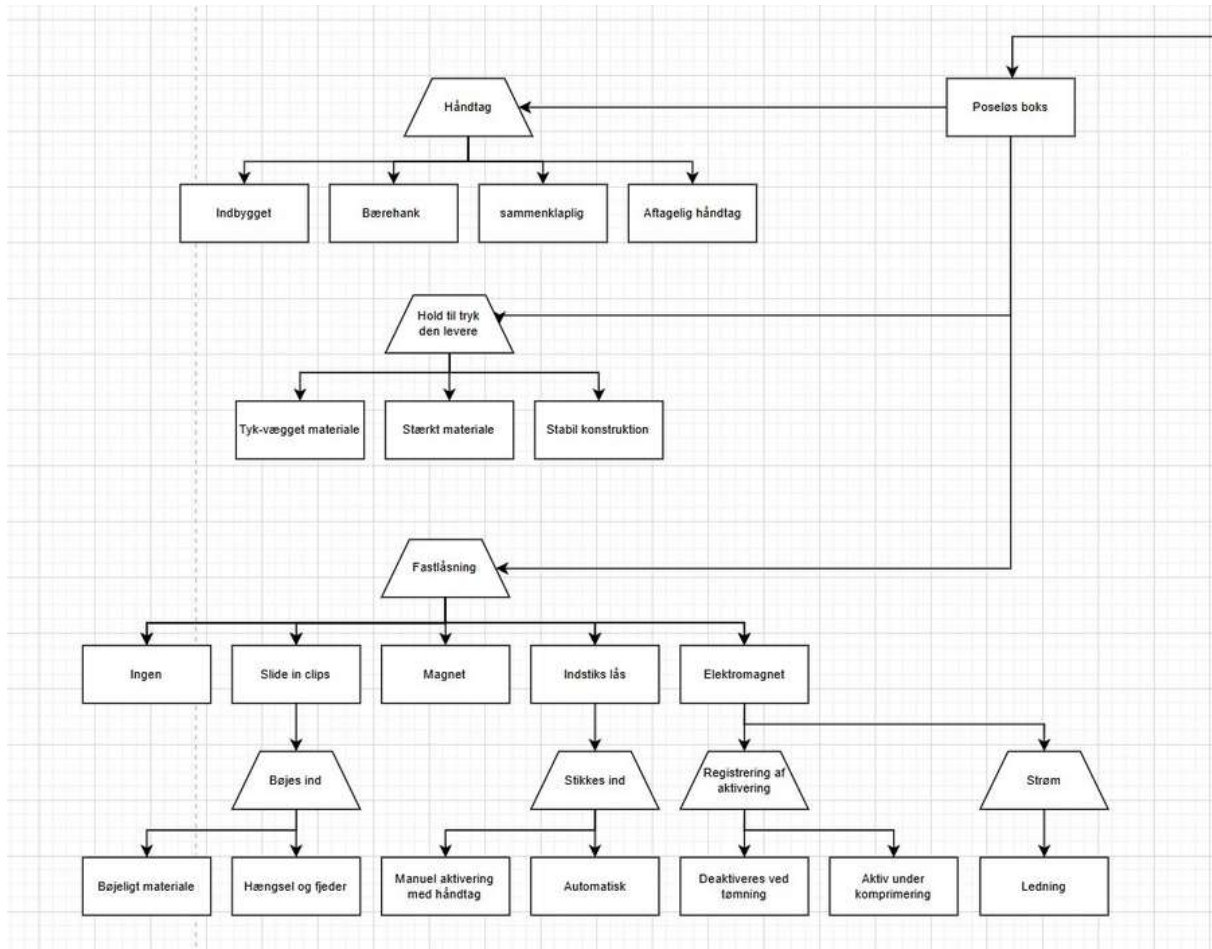
	Kobber	Plastik	
Styrkegivende struktur			
		 = support element X support	 = support element Support
Fastlåsning af beholder	Koncepter		
Modstands lås	 = Beholder = Ydre kasse = fjeder	 = Beholder = Ydre kasse = fjeder = Arm = Hjul2	Svag magnet

Selvlåsende clips			
Magnet			
Indstikslås			

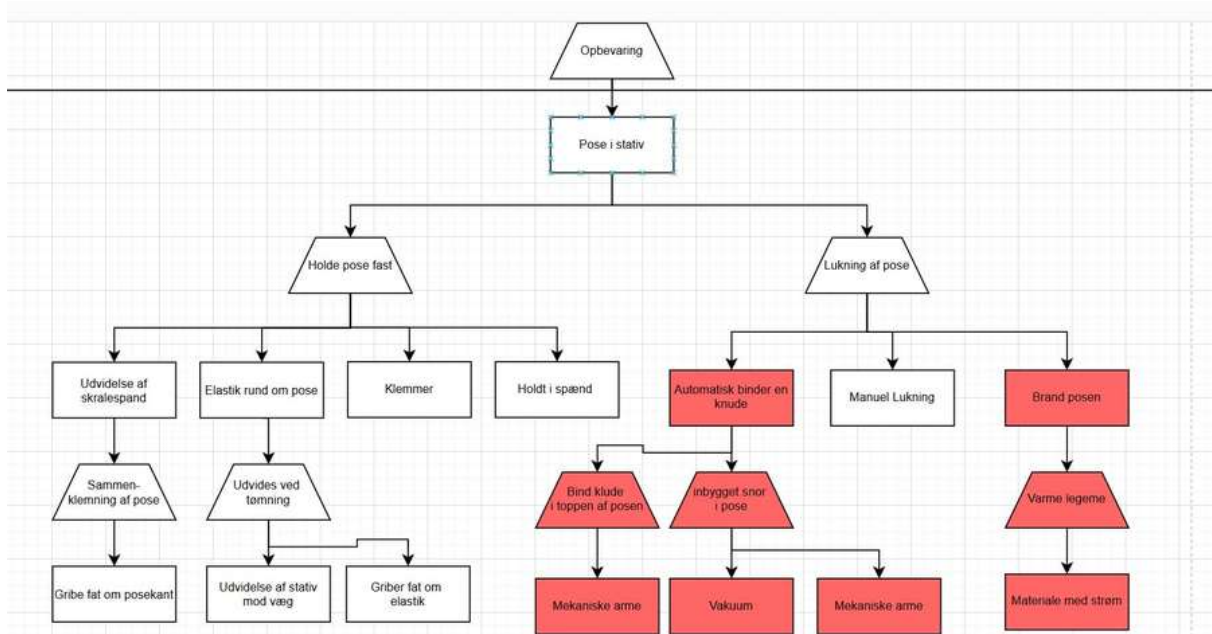
			
Elektromagnet			
Undgå sprængte poser	Koncepter		
Luft skal kunne slippe ud			
			
Fastgør posen	Koncepter		
Udvidelse af skraldespand			

Elastik rundt om pose			2 mindre elastikker = pose = Elastik
Klemmer			
Holdt i spænd			Pose der bliver strukket ud over kanten.
Lukning af pose	Koncepter		
Manuel lukning	Shore	Knude på pose	Zip tie

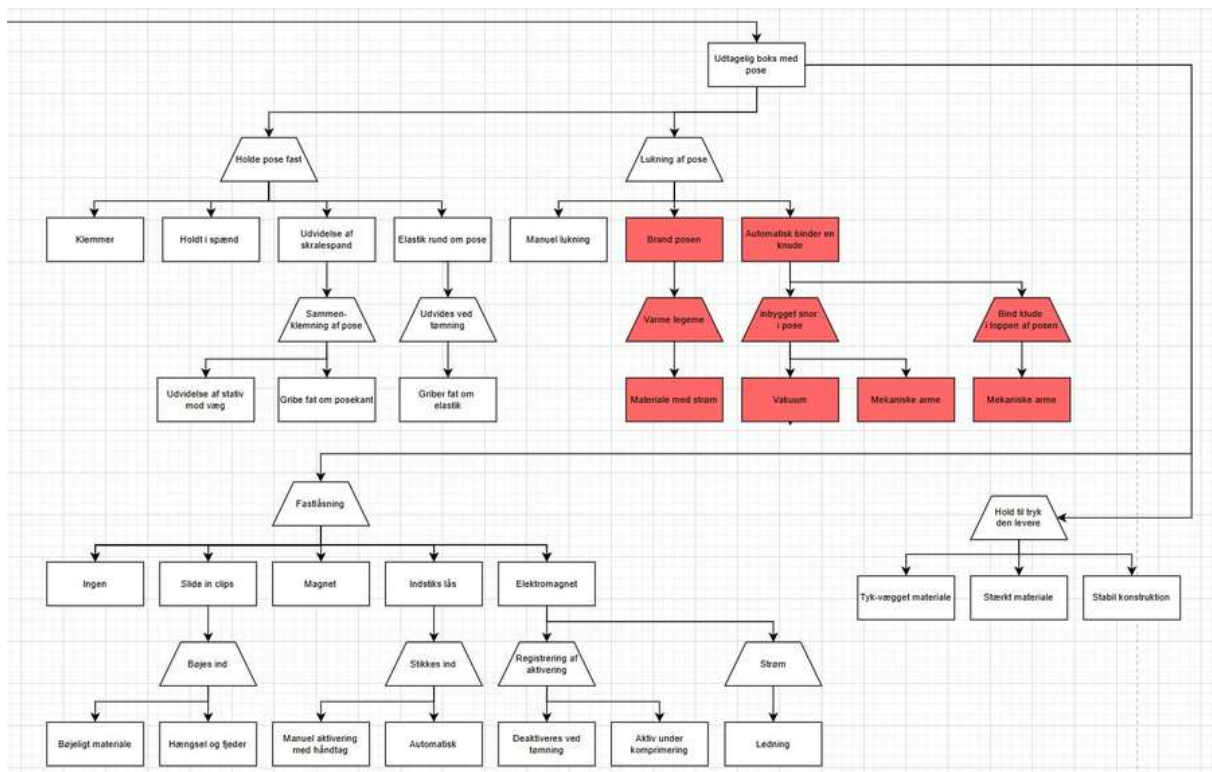
B. Træer for Funktioner/ midler



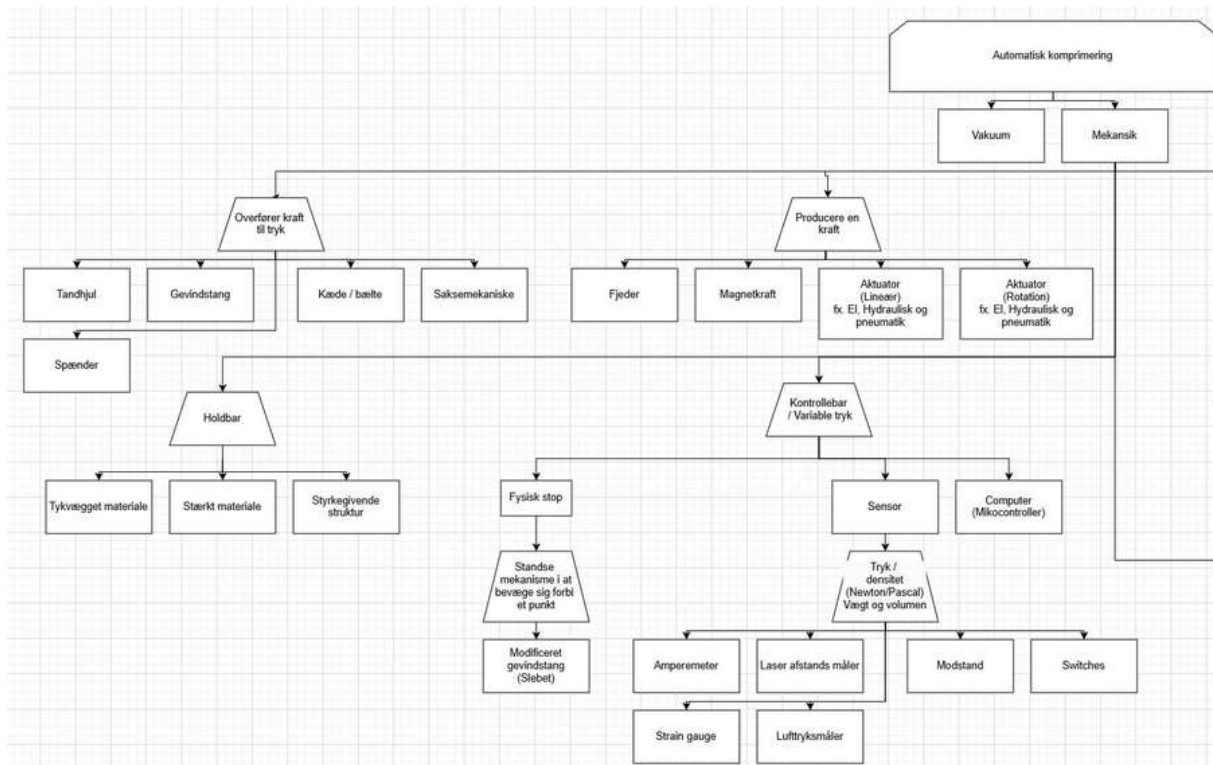
Figur B.1. Funktioner/midler træ Beholder 1



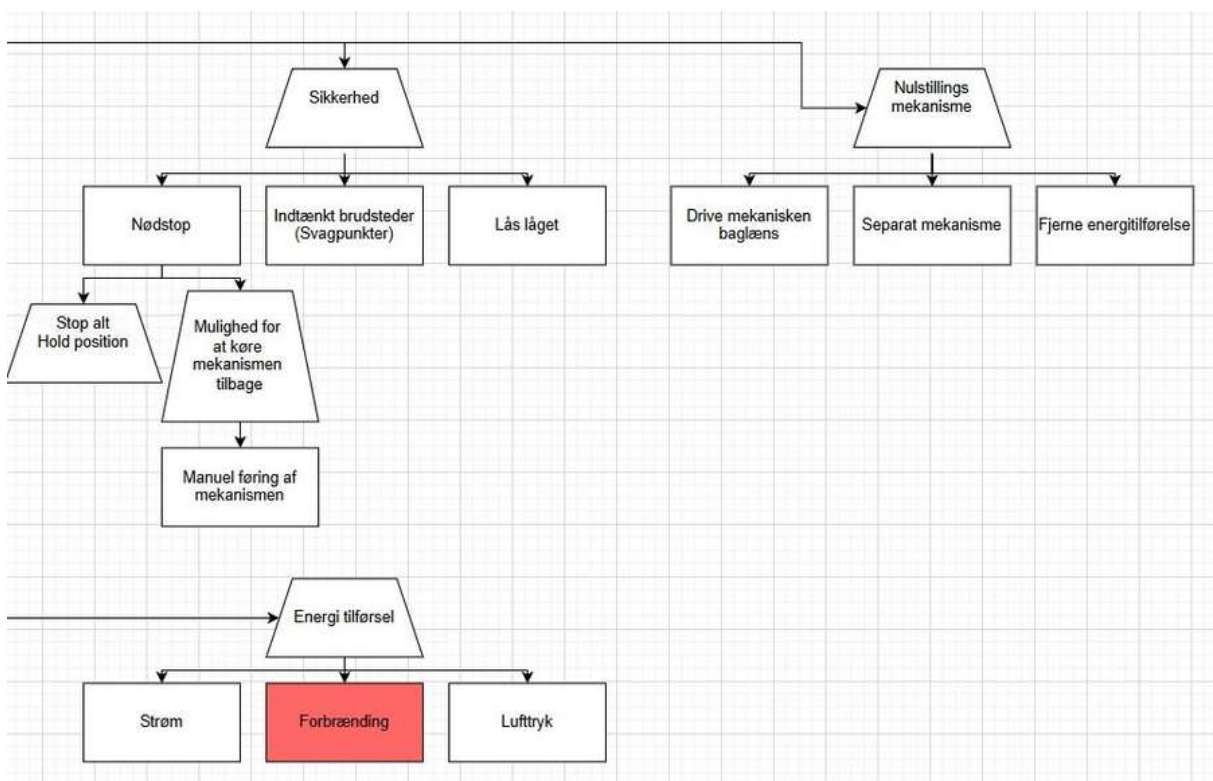
Figur B.2. Funktioner/midler træ Beholder 2



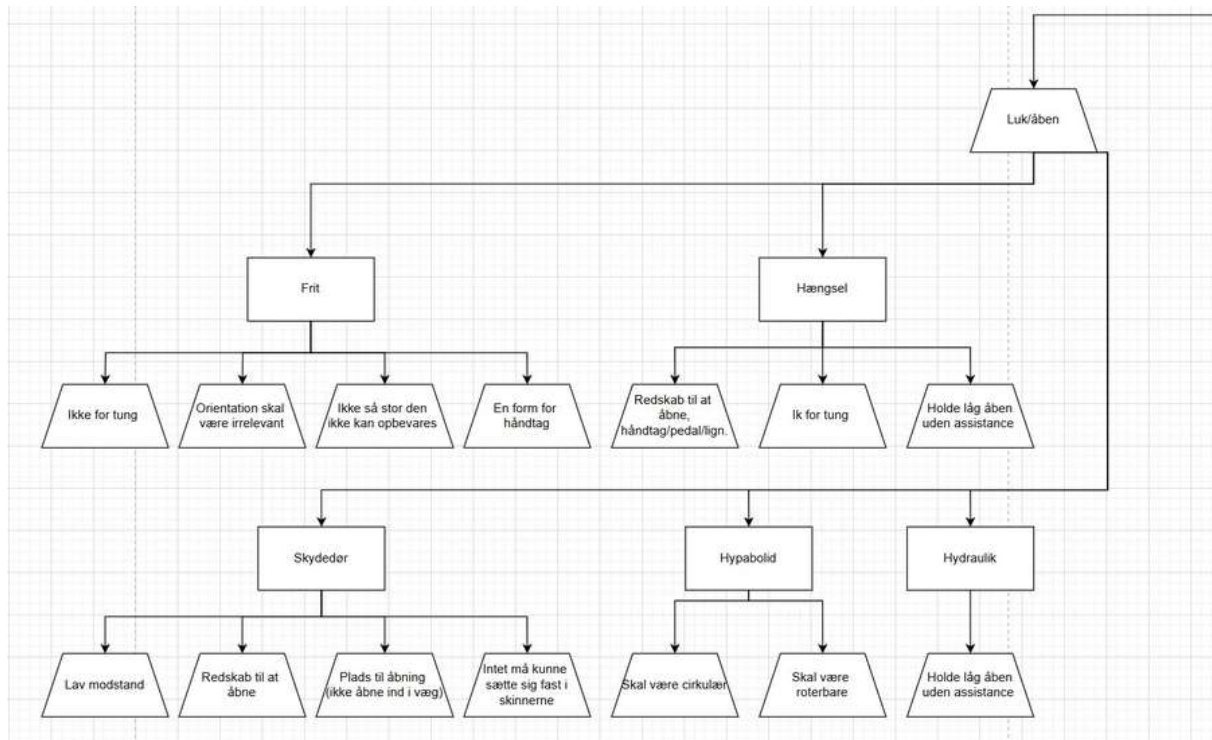
Figur B.3. Funktioner/midler træ Beholder 3



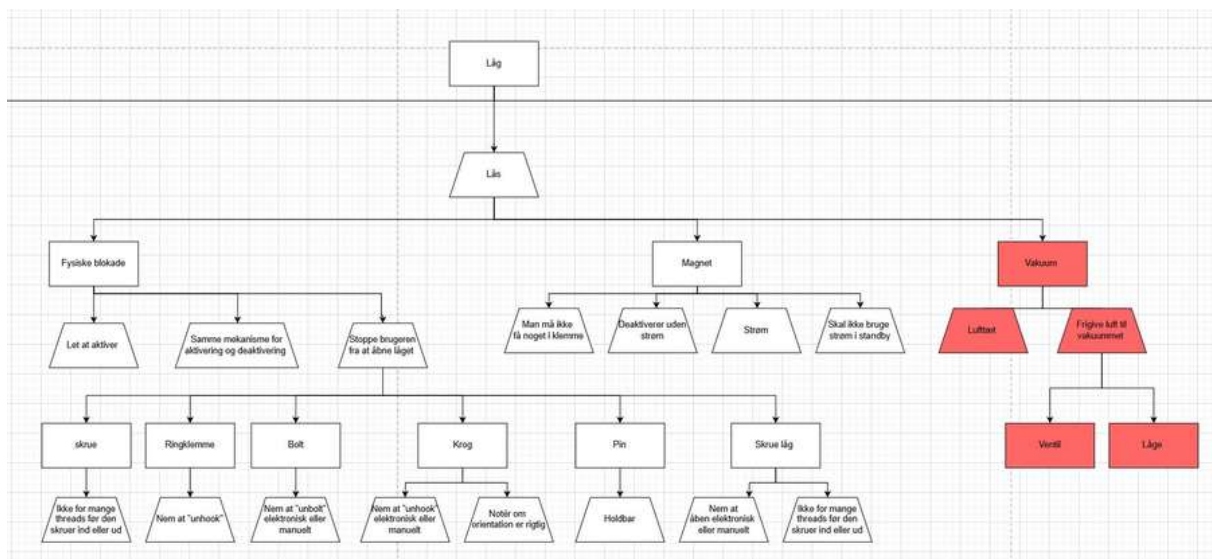
Figur B.4. Funktioner/midler træ komprimator 1



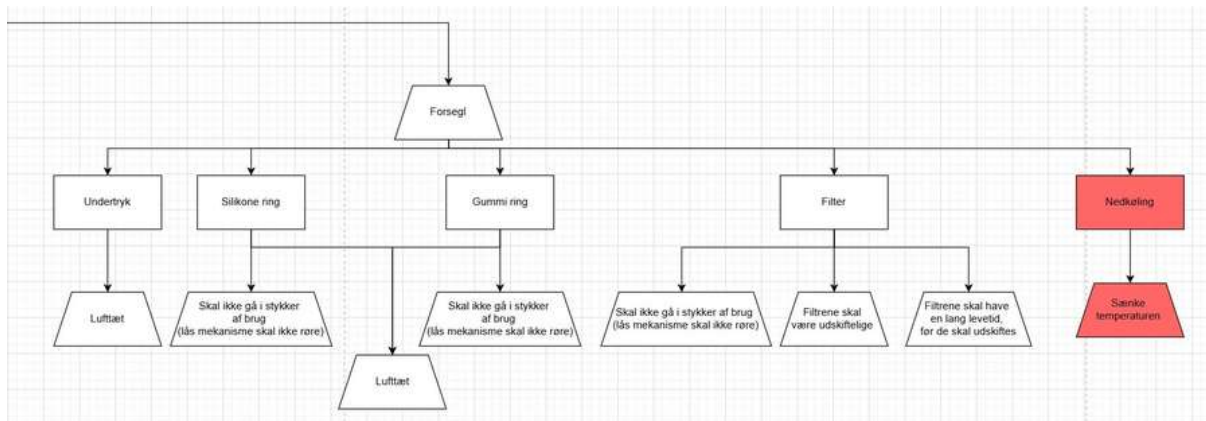
Figur B.5. Funktioner/midler træ komprimator 2



Figur B.6. Funktioner/midler træ låg 1



Figur B.7. Funktioner/midler træ låg 2



Figur B.8. Funktioner/midler træ låg 3

C. Email fra Nordværk

”Hej

Du får lige et par hurtige svar, håber det kan bruges.

- Hvis vi laver en affaldskompressor i hjemmet, er der en grænse for hvor meget den må presse affaldet sammen? Bliver det måske for svært for jer at adskille f.eks. Plastik og metal, ved jeres centre?
 - Ja, jo mere komprimering des svære er det at genanvende, da adskillelsen er svær. Jeg har ikke et tal på hvor meget affaldet må komprimeres. Men plast, metal og mad og drikkekartonner skal afleveres løst i containeren, så her bliver det en udfordring hvis det komprimeres.
- Hvor meget tryk bruger jeres skraldebiler til at komprimere affaldet når de kører rundt?
 - I Aalborg Kommune, hvor mad og restaffald afleveres i samme beholder, komprimeres affaldet til 300 kg/m^3 , ved højere tryk bliver affaldet most sammen, posenre går i stykker, og de kan efterfølges ikke udsorteres.
- Har i noget data eller information om hvor meget skrald folk smider ud, vægten af det, typen af skrald der bliver smidt ud, og evt hvor meget energi der skal til at for reducere volumen af skrald med en bestemt mængde?
 - Se nedenstående tabel, ellers søg på google ”typiske mængder affald miljøstyrelsen pr. bolig”

Venlig hilsen

Tobias Qvistorff Sidén
Afdelingsleder
Projekt & Udvikling”

TABEL 5. Affaldsmængde skaleret til landsplan på baggrund af affaldsanalyserne. Opgjort i hhv. ton pr. år og procent.

Fraktion	Enfami- lie- boliger	Etage- boliger	Alle boli- ger	Enfami- lie- boliger	Etage- boliger	Alle boliger
	Ton			Procent		
Haveaffald o.l.	9.164	4.722	13.886	1	1	1
Bleer	52.379	19.613	71.991	5	4	4
Kattegrus	4.339	7.722	12.061	<1	2	1
Andet øj brændbart affald	9.591	4.593	14.184	1	1	1
Affaldspose/biopose	23.727	10.174	33.901	2	2	2
Andet papir og pap	66.171	31.787	97.958	6	6	6
Andet brændbart affald	44.845	22.140	66.985	4	4	4
Madspild – Kød og kødprodukter	31.372	11.388	42.761	3	2	3
Madspild – Mejeriprodukter	12.669	4.844	17.513	1	1	1
Madspild – Bageriprodukter	60.078	23.078	83.156	5	5	5
Madspild – Langtidsholdbare fødevarer	35.408	13.340	48.749	3	3	3
Madspild – Frugt og grøntsager	76.886	23.569	100.455	7	5	6
Fødevarevæsker	2.256	2.121	4.377	<1	<1	<1
Øvrigt madaffald	222.171	89.721	311.893	20	18	19
Andet organisk affald	9.266	7.978	17.244	1	2	1
Hård plastemballage	49.256	19.724	68.980	4	4	4
Hård plast, andet	9.071	4.672	13.743	1	1	1
Andre plastholdige emballager	10.541	5.062	15.603	1	1	1
Blød plast	32.839	13.704	46.543	3	3	3
Metalemballage	16.248	5.860	22.108	1	1	1
Metal, andet	9.000	16.727	25.727	1	3	2
Genanvendeligt pap	69.432	26.077	95.509	6	5	6
Genanvendeligt papir	117.251	61.543	178.794	10	12	11
Glasemballage	107.458	33.934	141.392	10	7	9
Mad- og drikkekartoner	23.502	8.869	32.371	2	2	2
Tekstiler	10.872	11.342	22.214	1	2	1
Batterier	324	195	520	<1	<1	<1
Elektronik- og kabelaffald	2.163	7.920	10.083	<1	2	1
Andet farligt affald	6.165	5.616	11.781	1	1	1
Total	1.124.444	498.039	1.622.482	100	100	100

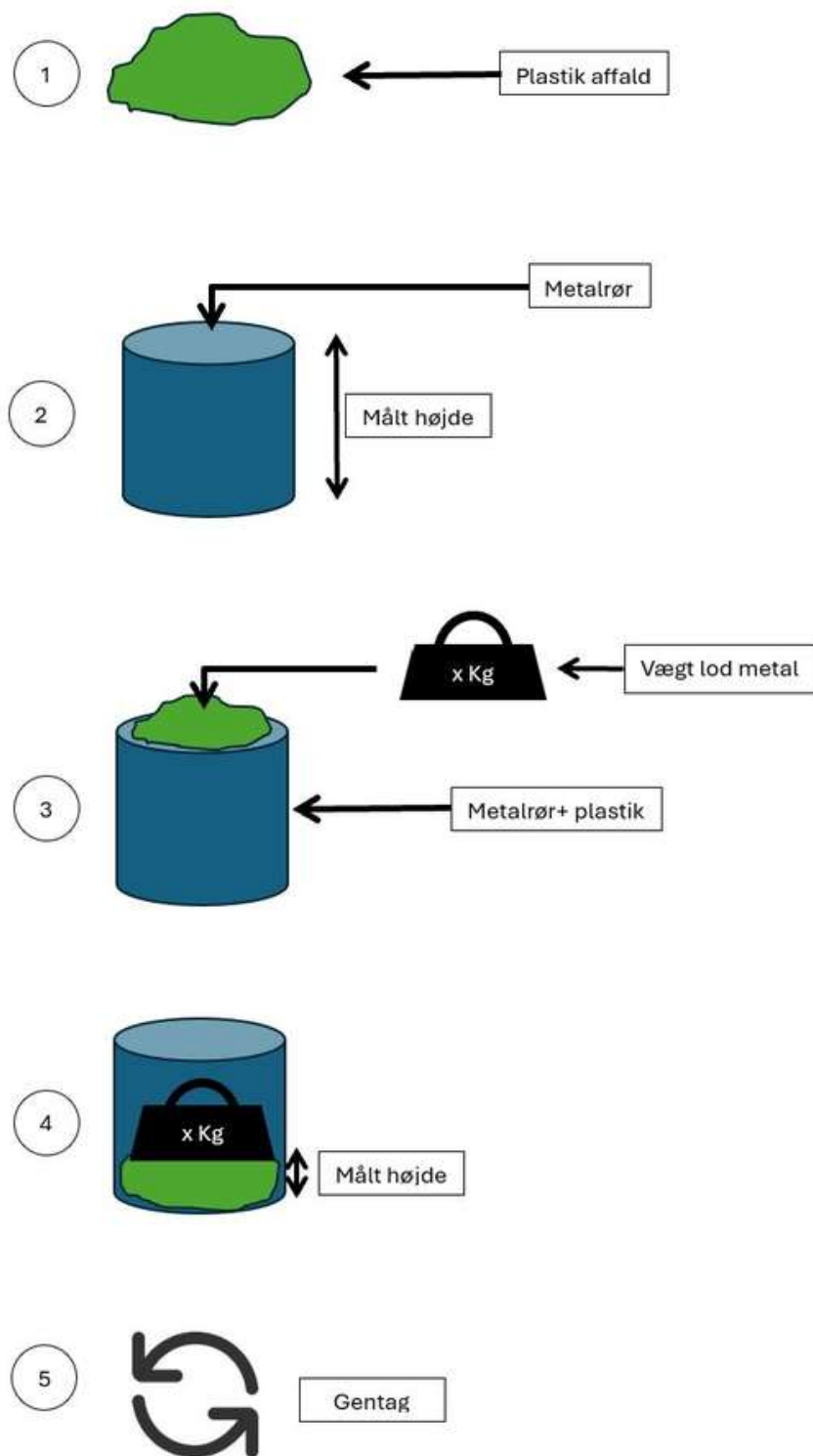
Baseret på affaldsanalyserne, så er den samlede mængde husstandsindsamlet affald via henteordninger fra enfamilieboliger og etageboliger godt 1,6 mio. ton pr. år. Heraf udgør affald fra etageboliger godt 1,1 mio. ton, mens der er ca. 0,5 mio. ton fra enfamilieboliger.

Figur C.1. Data på affaldsmængde fra nordværk

D. Eksperiment fremgangsmåde

For at finde ud af hvor meget tryk der skal bruges for at presse affaldet sammen til en ratio af 3:1, bliver der udørt et eksperiment. Eksperiment har haft følge fremgangsmåde:

1. Først tages en beholder med en åbning i toppen, i dette tilfælde en cylinder med en diameter på 11,1 *cm* og en højde på 21 *cm*, og placeres på et bord.
2. Plastikaffaldet vejes og noteres ned.
3. Affaldet placeres i cylinderen, så den er fyldt til toppen uden at blive komprimeret for meget, dog kan dette ikke undgås helt.
4. En plade, som har omtrent samme diameter som cylinderen, vejes, tykkelsen af pladen måles, og placeres oven på plastikaffaldet.
5. Et lod vejes, lægges på pladen fra punkt 4, og noteres ned (ses i Bilag E), og placeres oven på pladen.
6. Afstanden fra toppen af cylinderen til pladen måles, og pladens tykkelse lægges til, hvilket noteres ned ses i Bilag E.
7. Et tungere lod vejes og erstattes med det tidligere lod.
8. Punkt 6 gentages med det nye lod.
9. Punkt 7 og 8 gentages med 4 forskellige lodder.
10. Loddet, pladen og affaldet fjernes, hvorefter punkt 2-9 gentages 3 gange.



Figur D.1. Affaldskomprimering Eksperiment

E. Eksperiments data

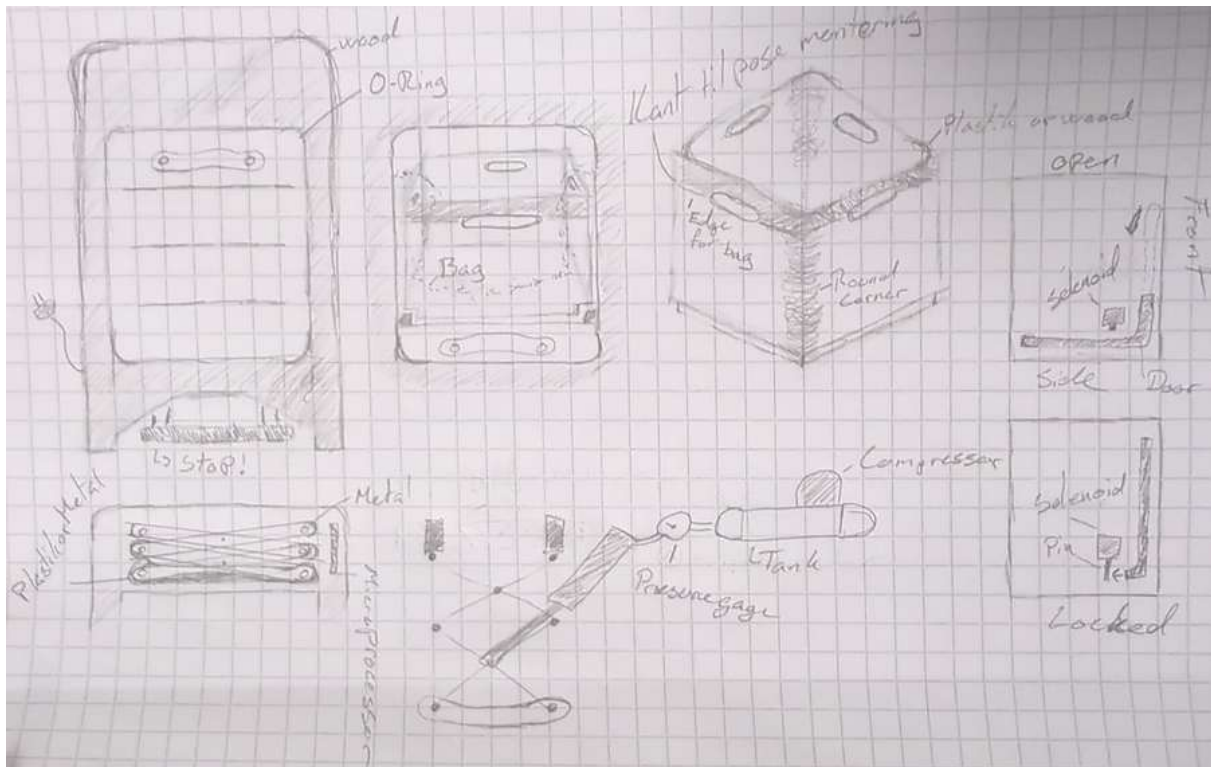
Plastik	Plastik 1	Plastik 2	Plastik 3	Plastik gennemsnit
Vægt af affald (kg)	0,02 kg	0,02 kg	0,02 kg	0,02 kg
Densitet kg/m ³	10,3 kg/m ³	10,33 kg/m ³	9,84 kg/m ³	10,17 kg/m ³
Sammenpræsning ved 0 Kg (m)	0,000 m	0,000 m	0,000 m	0,000 m
Sammenpræsning ved 0,3742 Kg (m)	0,060 m	0,101 m	0,031 m	0,064 m
Sammenpræsning ved 1,3002 Kg (m)	0,105 m	0,144 m	0,080 m	0,110 m
Sammenpræsning ved 2,0992 Kg (m)	0,137 m	0,155 m	0,118 m	0,137 m
Sammenpræsning ved 3,3872 Kg (m)	0,155 m	0,155 m	0,123 m	0,144 m
Densitet kg/m ³ ved 0 kg	10,3 kg/m ³	10,33 kg/m ³	10,33 kg/m ³	10,33 kg/m ³
Densitet kg/m ³ ved 0,3742 Kg	14,5 kg/m ³	19,91 kg/m ³	12,12 kg/m ³	15,50 kg/m ³
Densitet kg/m ³ ved 1,3002 Kg	20,7 kg/m ³	32,88 kg/m ³	16,69 kg/m ³	23,41 kg/m ³
Densitet kg/m ³ ved 2,0992 Kg	29,7 kg/m ³	39,46 kg/m ³	23,59 kg/m ³	30,93 kg/m ³
Densitet kg/m ³ ved 3,3872 Kg	39,5 kg/m ³	39,46 kg/m ³	24,94 kg/m ³	34,62 kg/m ³
Sammenpræsning ved 0 Kg (%)	0%	0%	0%	0%
Sammenpræsning ved 0,0112 Kg (%)	29%	48%	15%	30%
Sammenpræsning ved 1,3002 Kg (%)	50%	69%	38%	52%
Sammenpræsning ved 2,0992 Kg (%)	65%	74%	56%	65%
Sammenpræsning ved 3,3872 Kg (%)	74%	74%	59%	69%

Figur E.1. tabellen viser en tabel, som viser data fra forsøg, samt densiteten og den procent vise sammenpresning

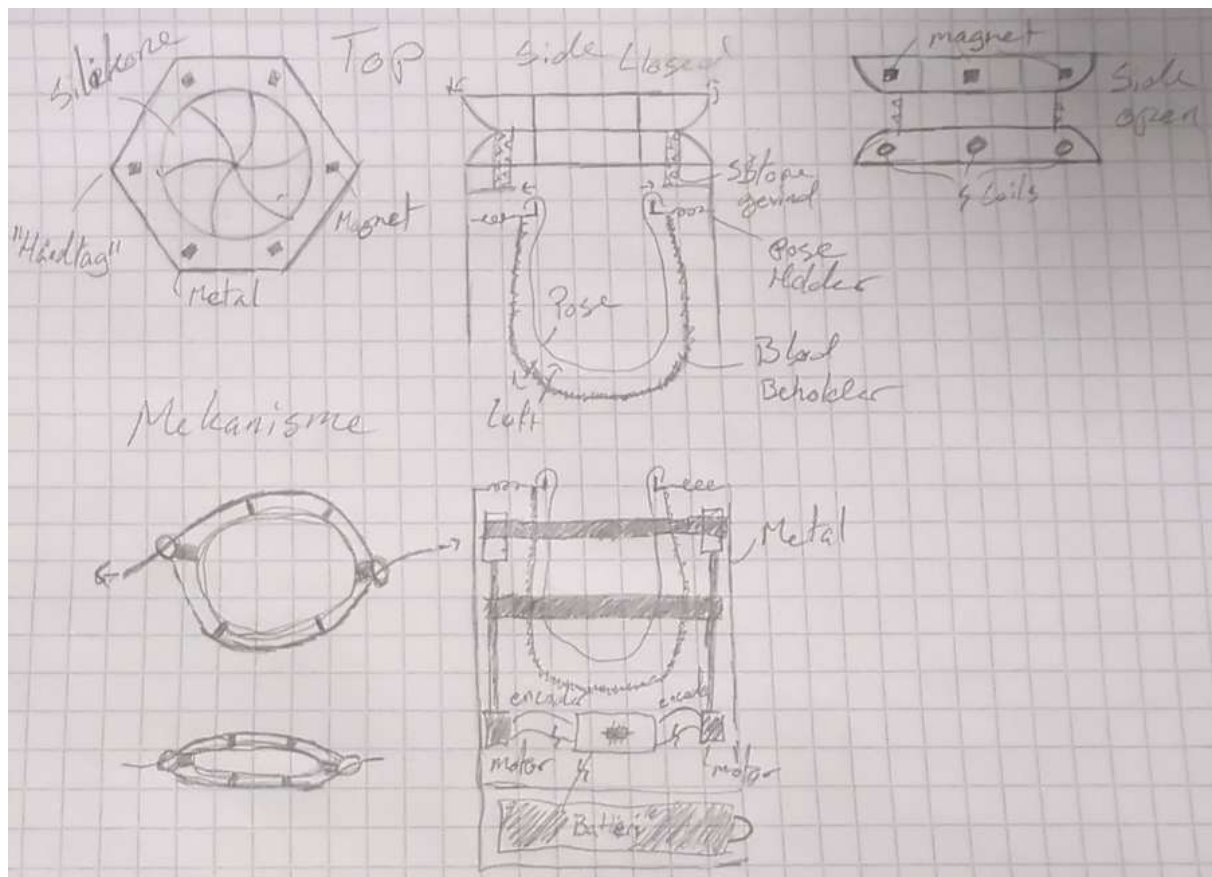
Vægt (kg)	Plastik tryk (Pa)
0,000 kg	0
0,374 kg	379,7451542
1,300 kg	1319,467262
2,099 kg	2130,307396
3,387 kg	3437,39387

Figur E.2. tabellen viser trykket de forskellige vægte påføre plastikken

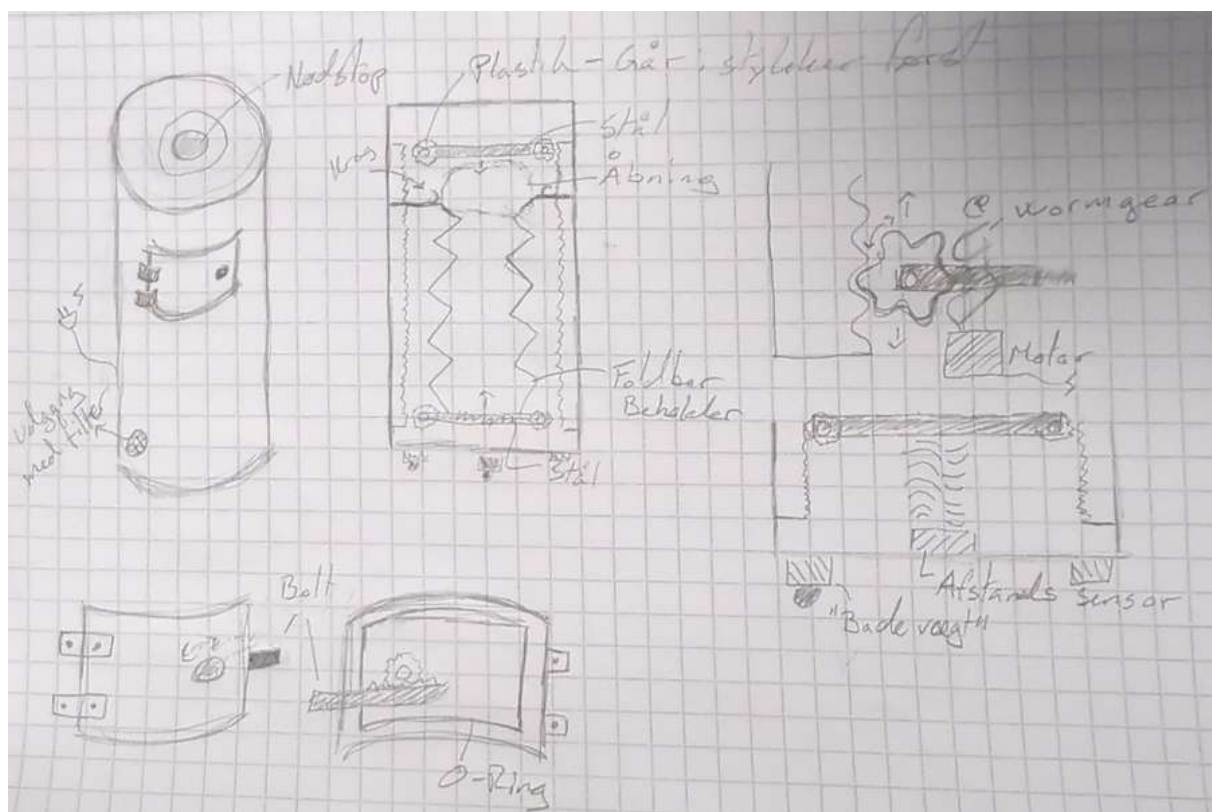
F. Koncepter



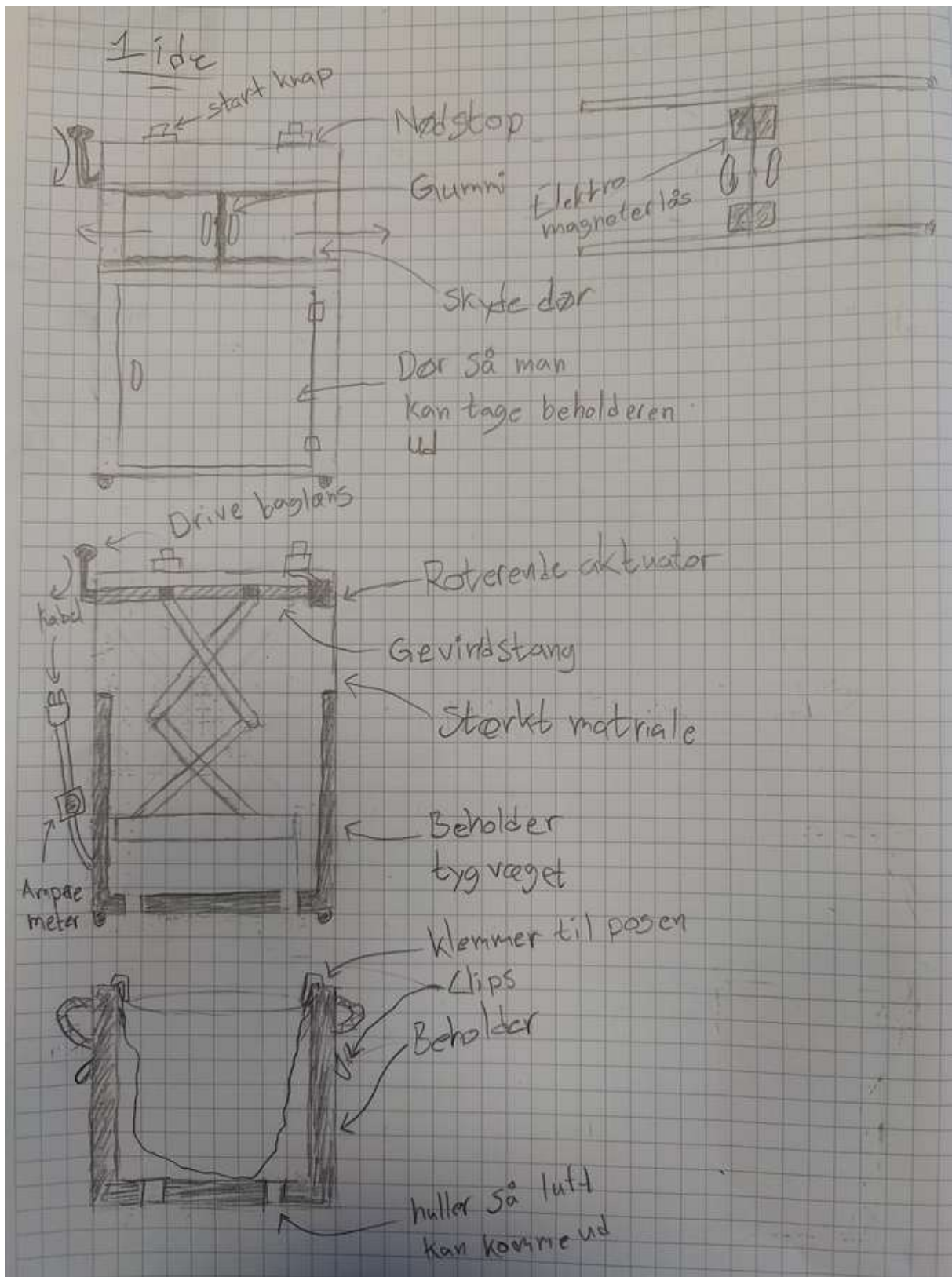
Figur F.1. Koncept #1



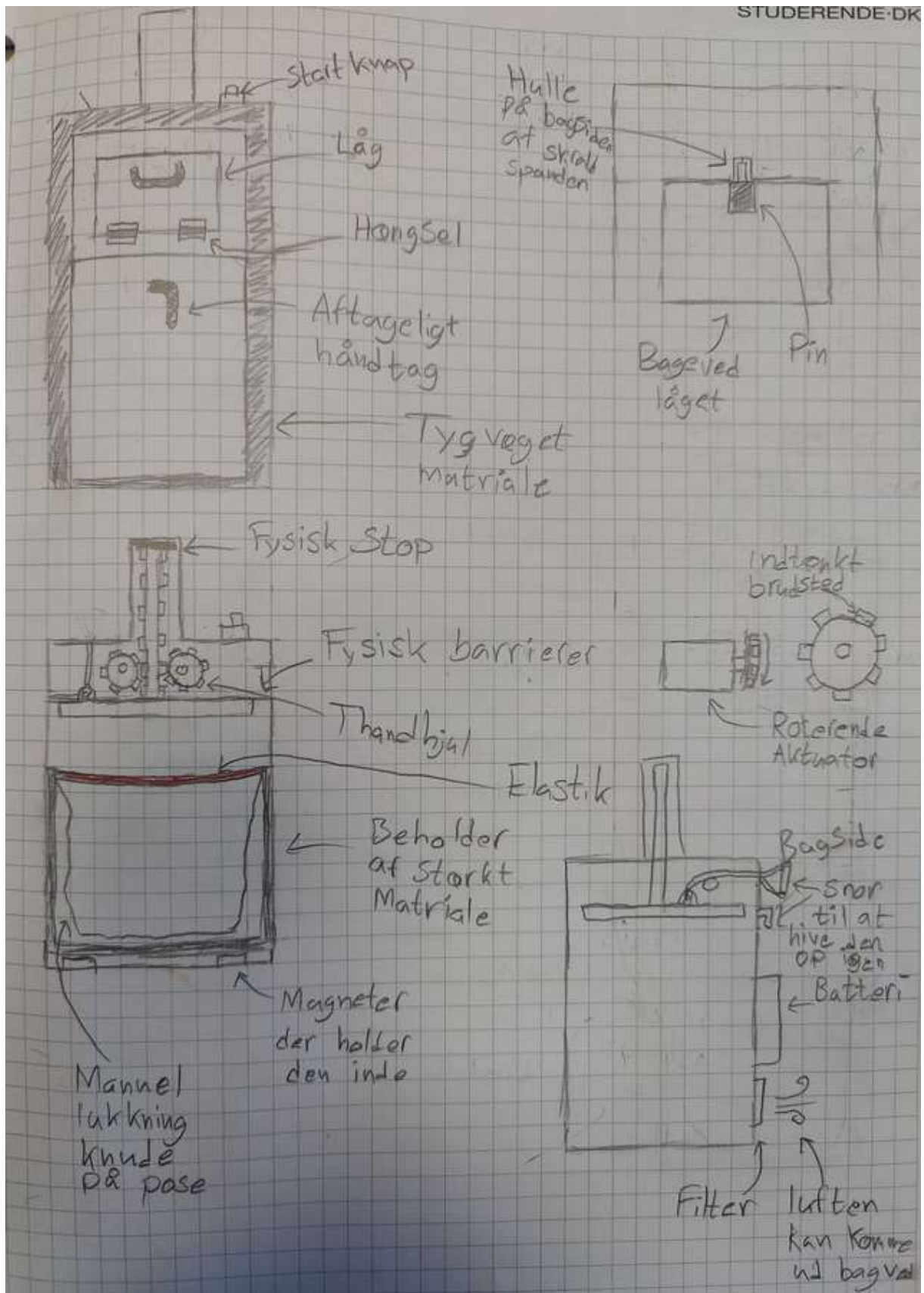
Figur F.2. Koncept #2



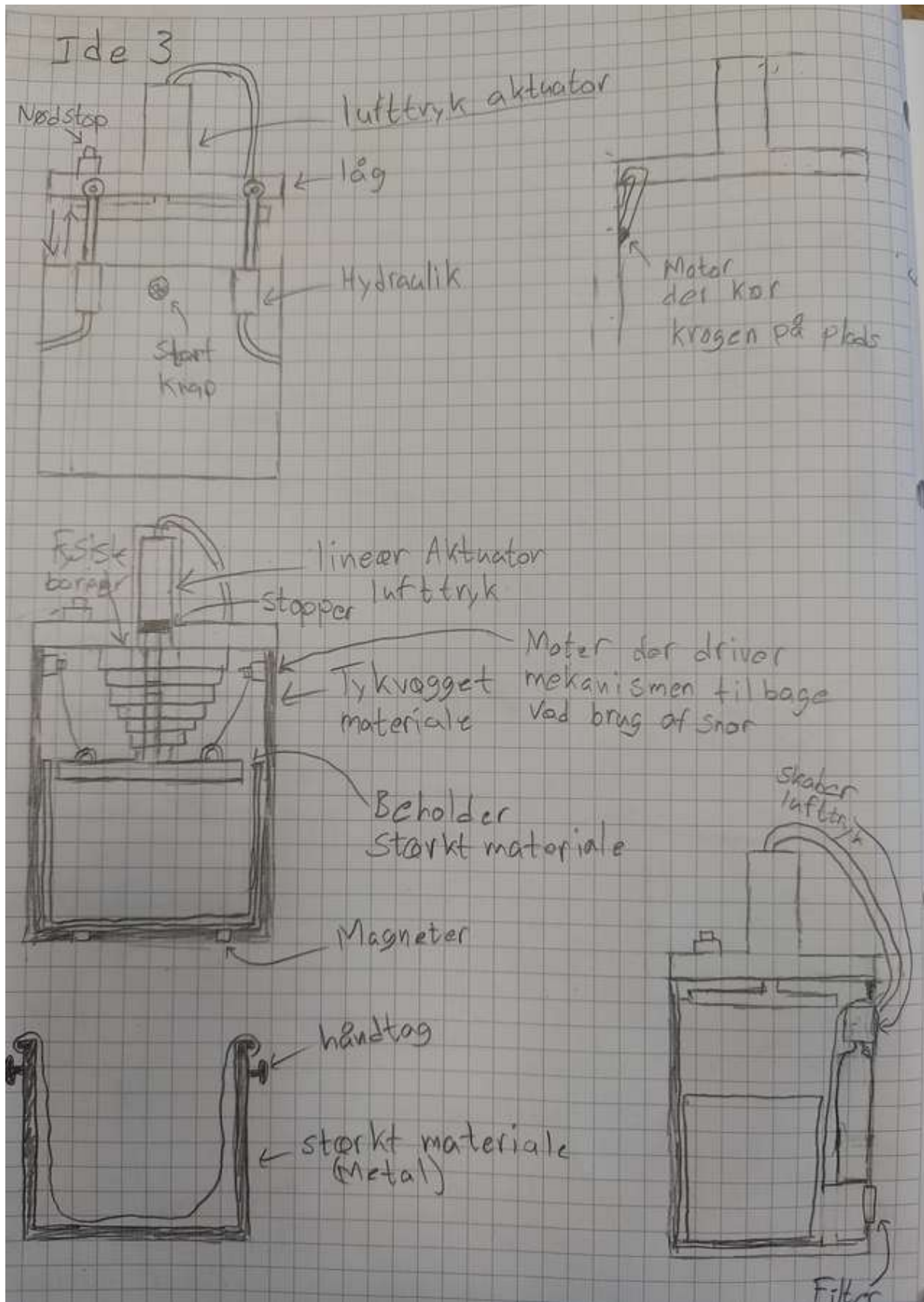
Figur F.3. Koncept #3



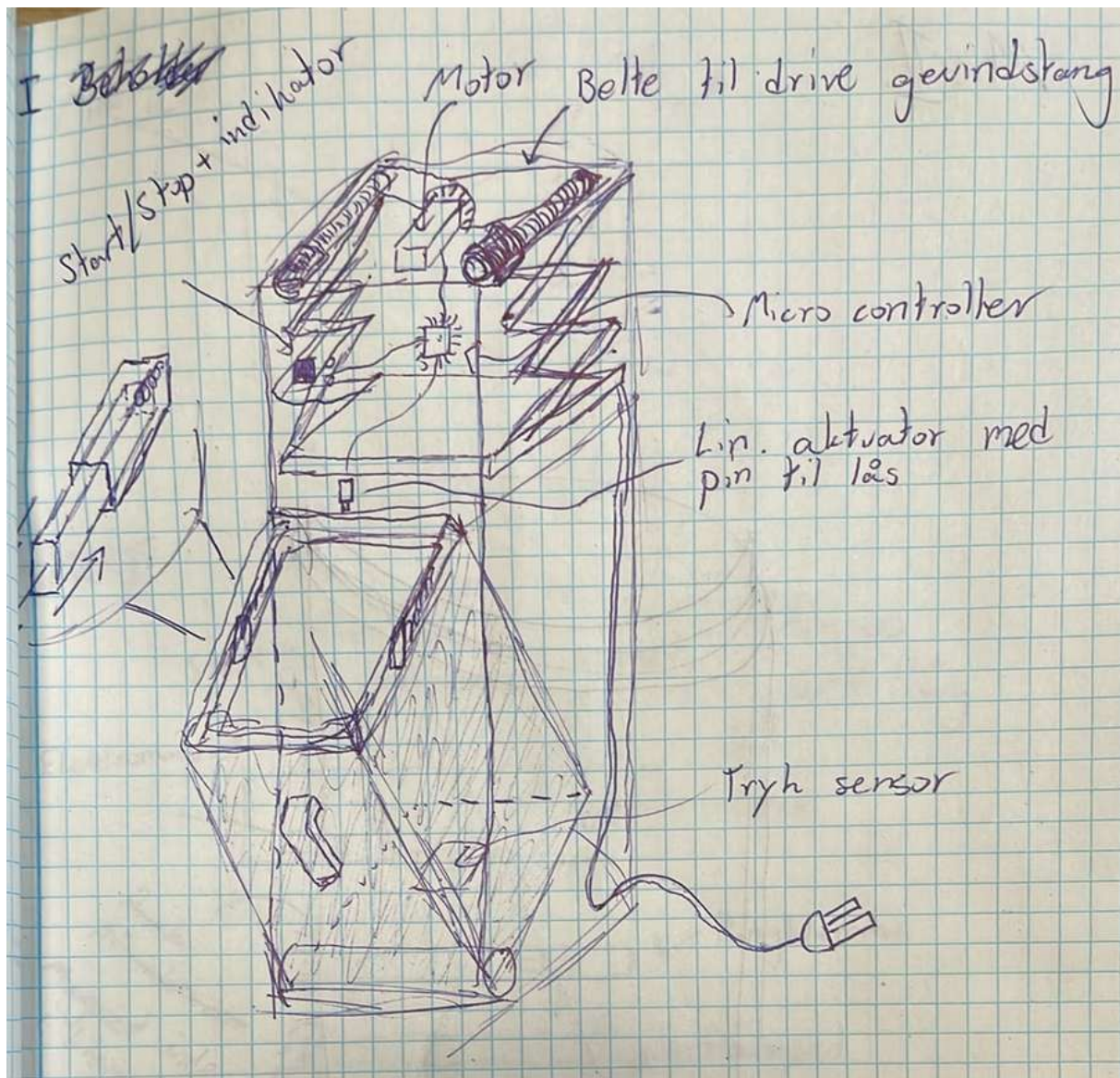
Figur F.4. Koncept #4



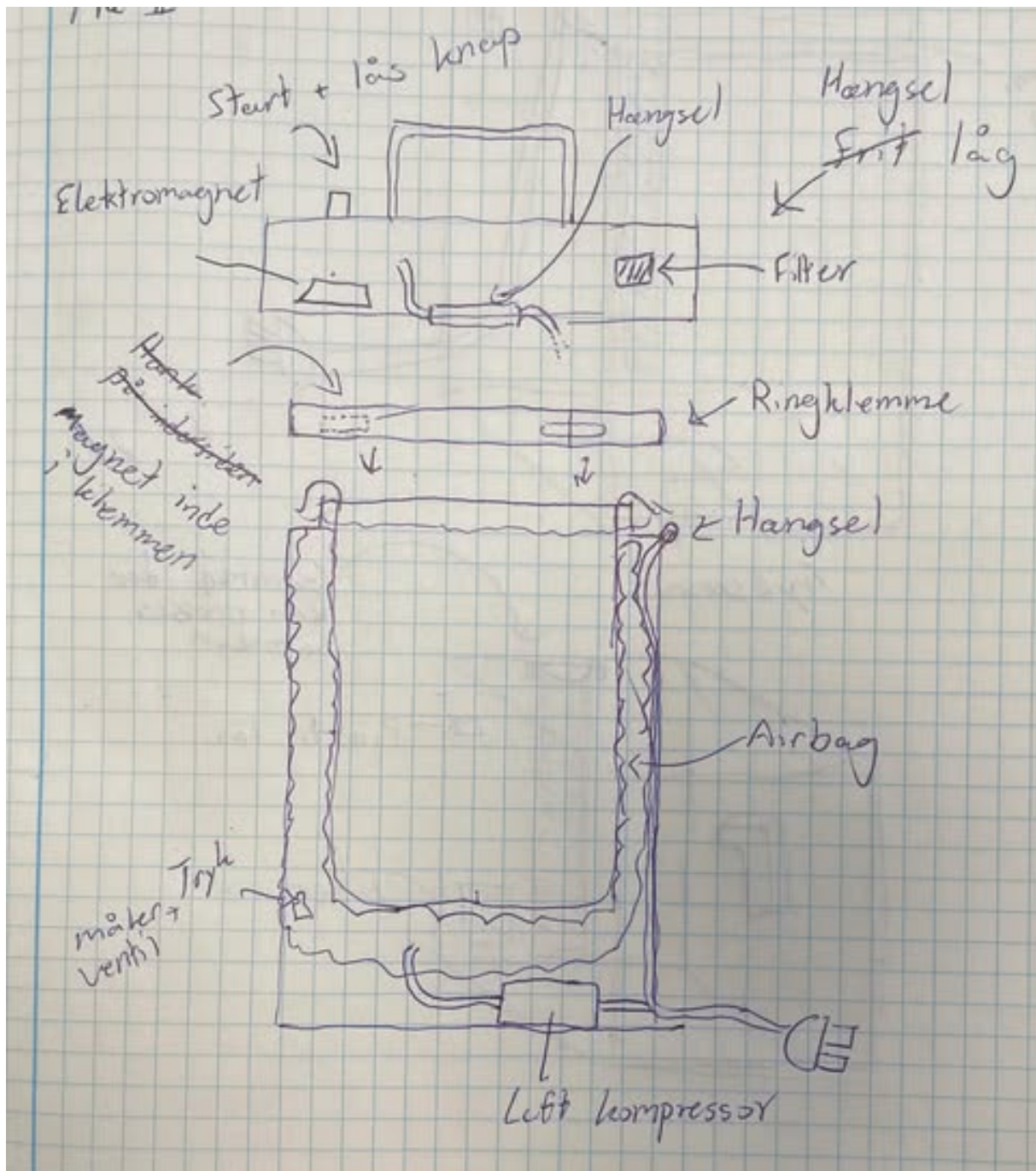
Figur F.5. Koncept #5



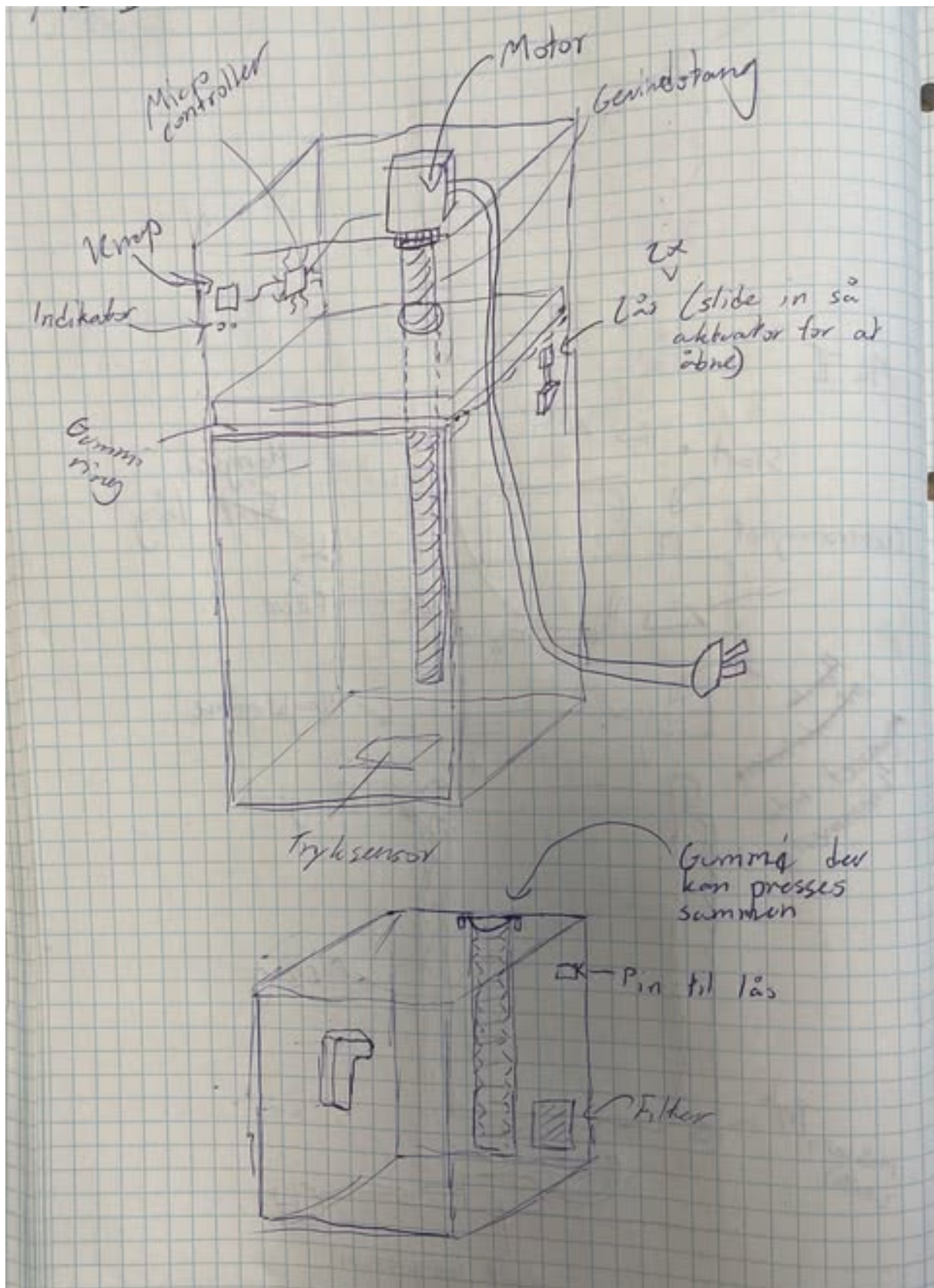
Figur F.6. Koncept #6



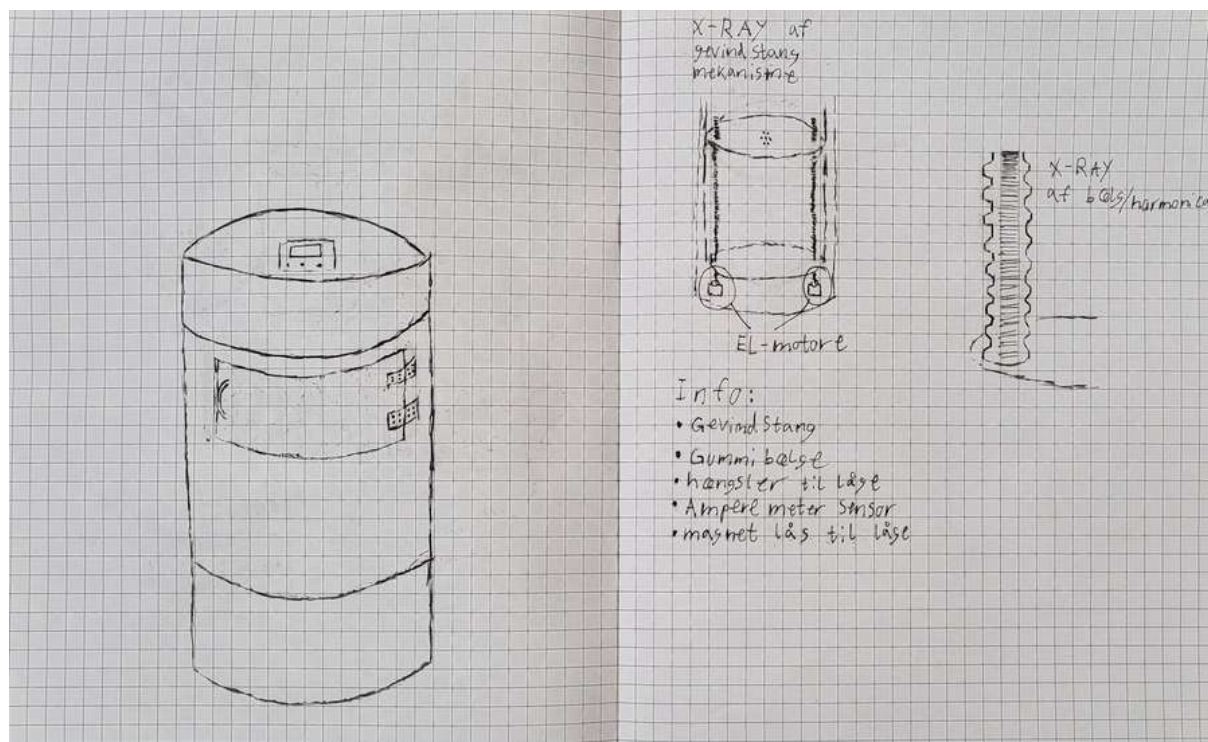
Figur F.7. Koncept #7



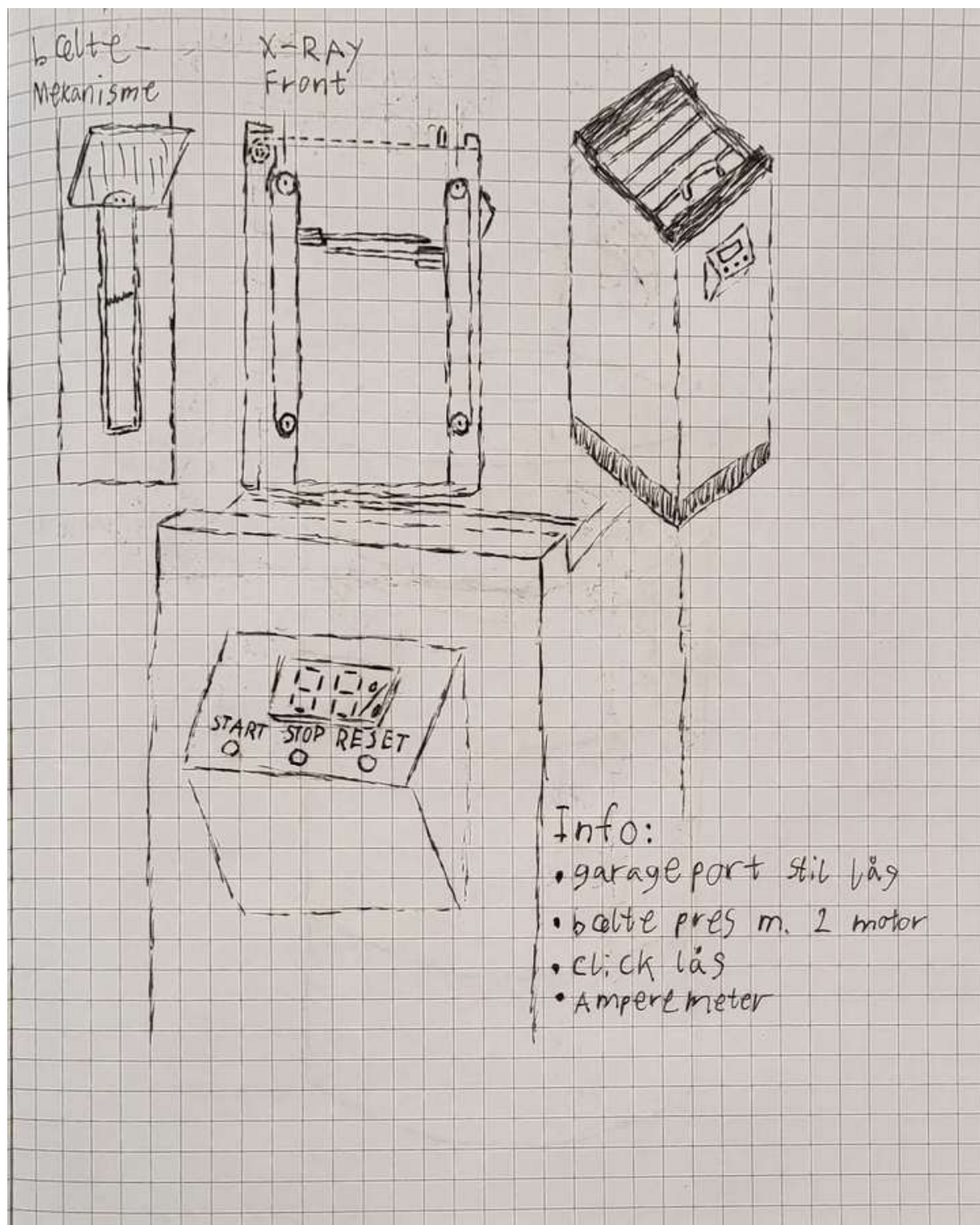
Figur F.8. Koncept #8



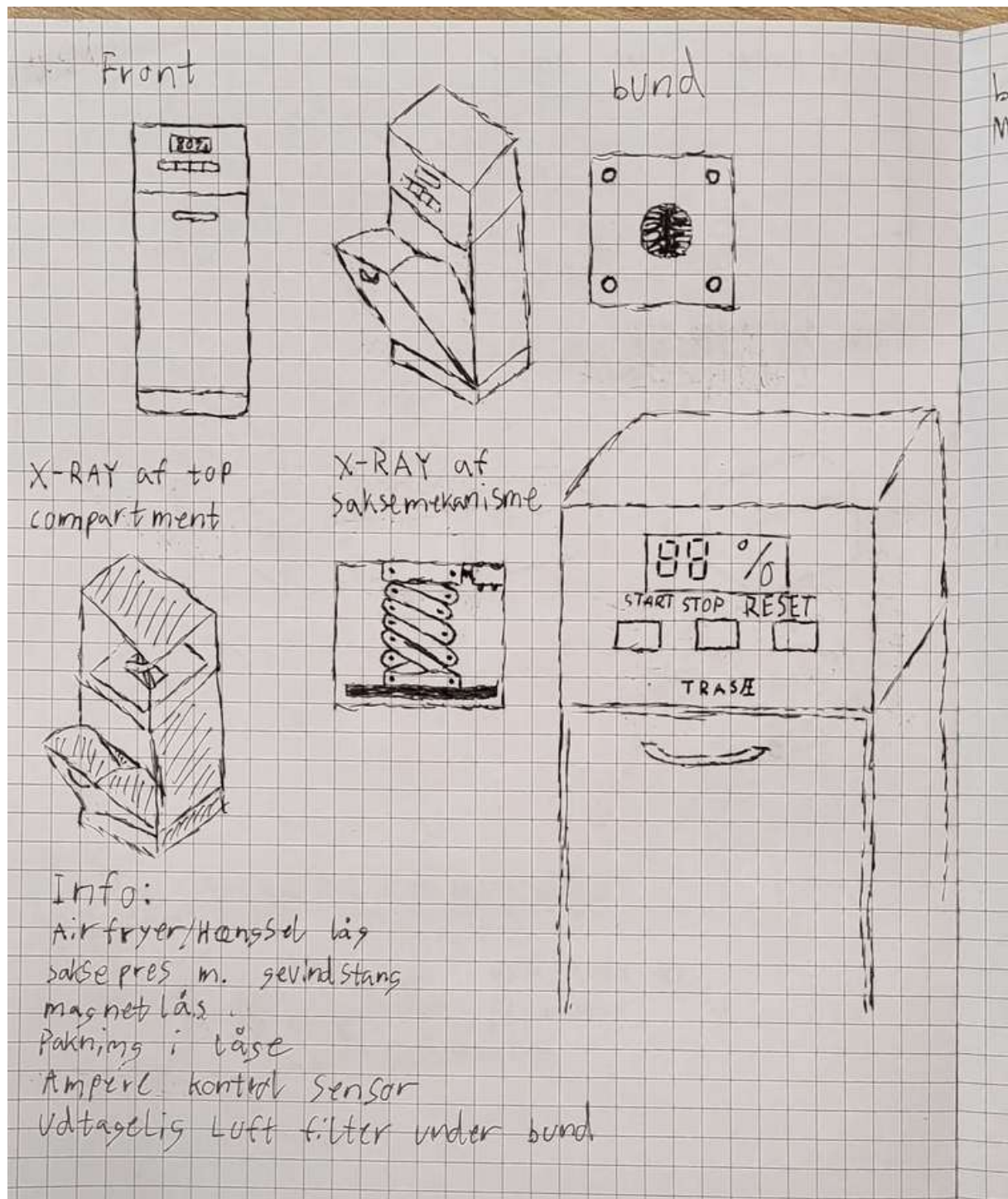
Figur F.9. Koncept #9



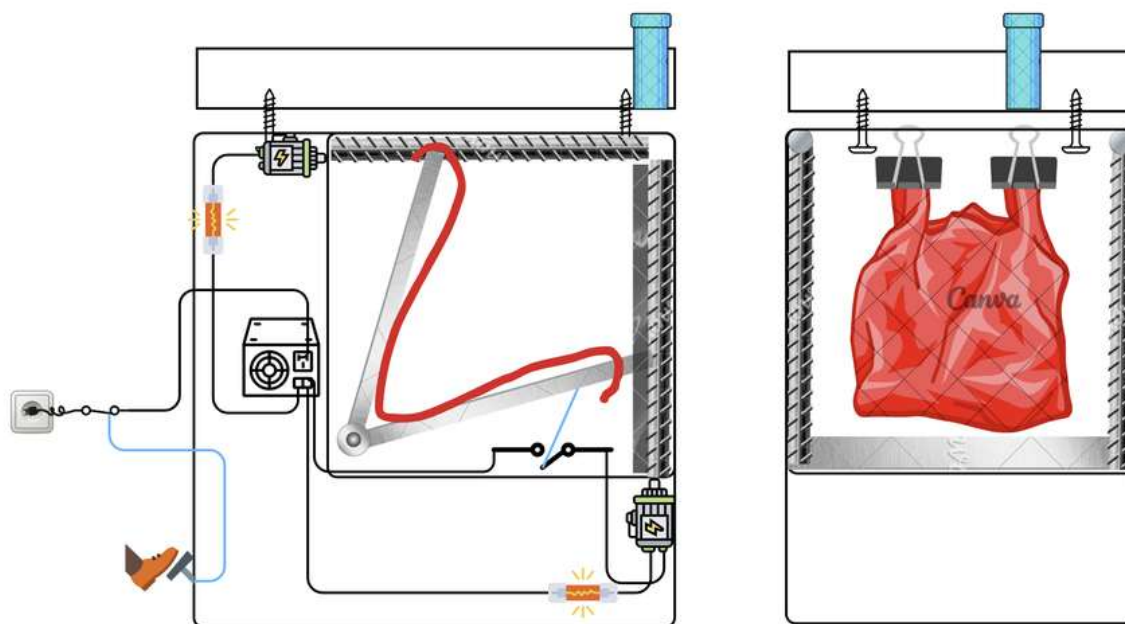
Figur F.10. Koncept #10



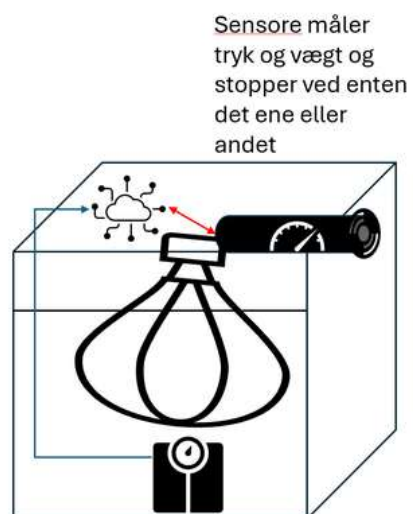
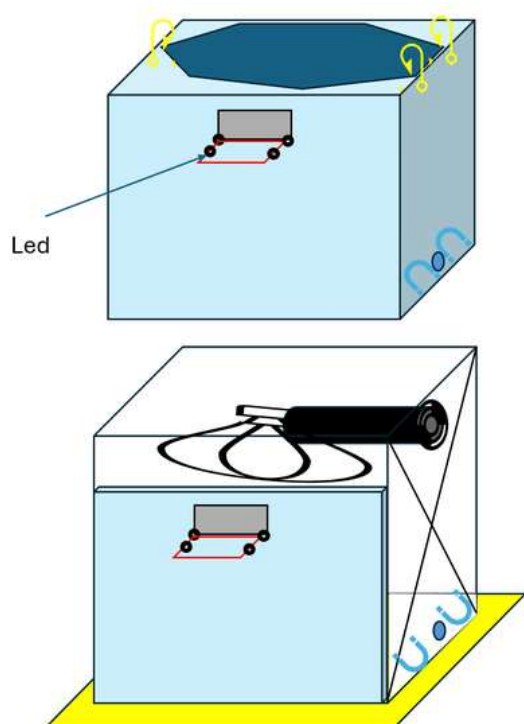
Figur F.11. Koncept #11



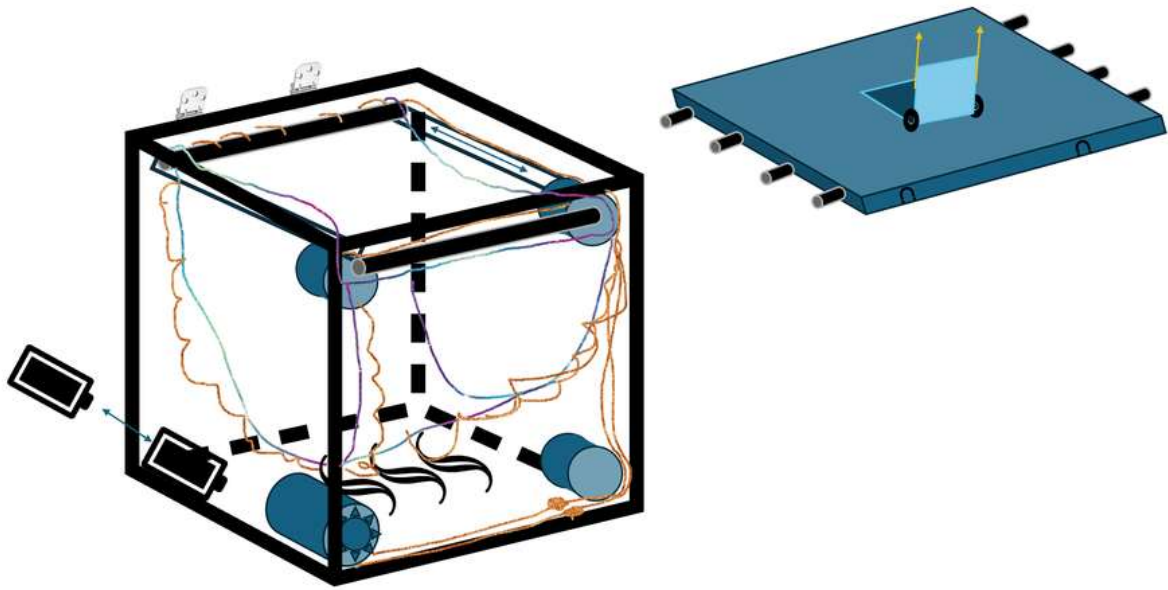
Figur F.12. Koncept #12



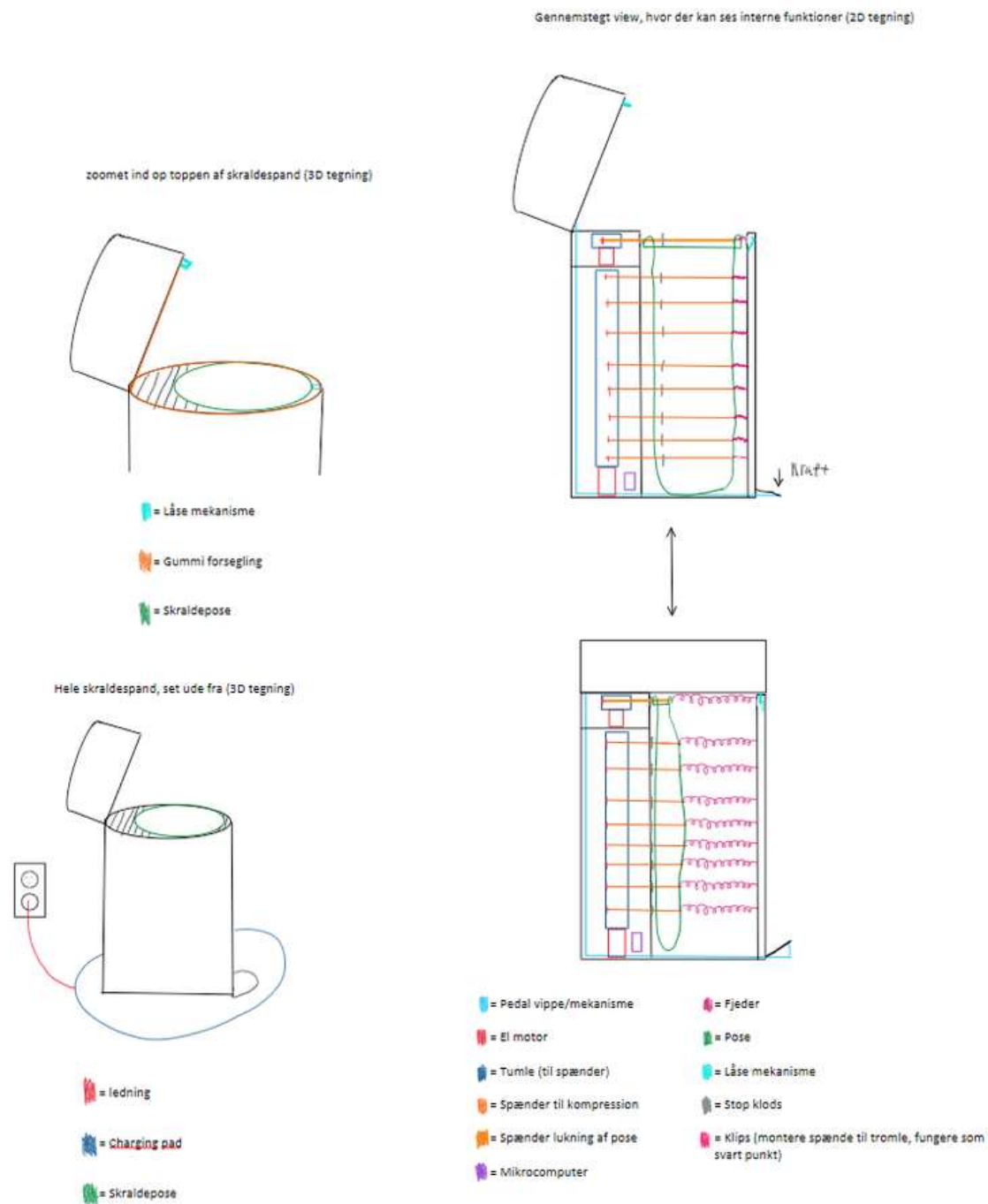
Figur F.13. Koncept #13



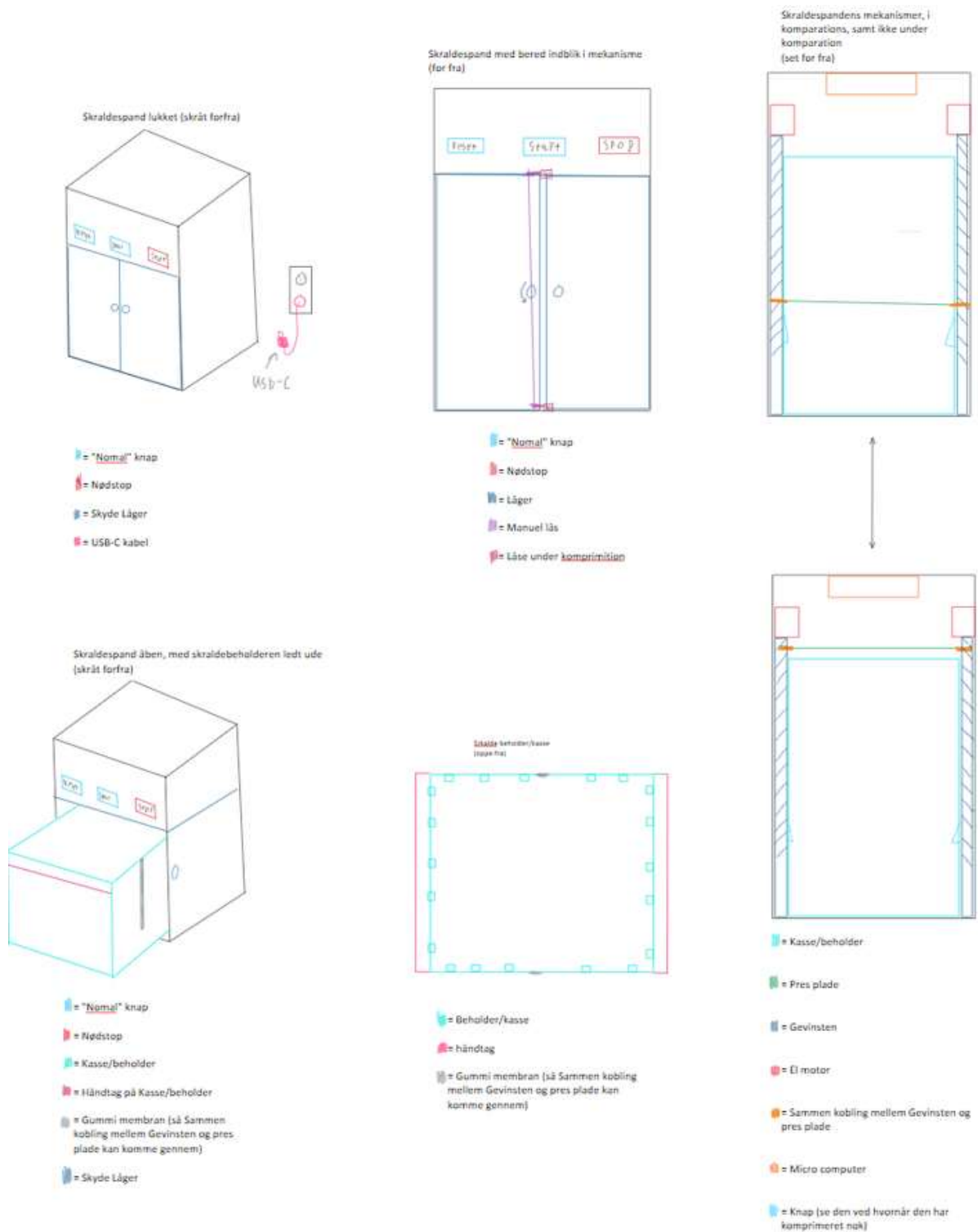
Figur F.14. Koncept #14



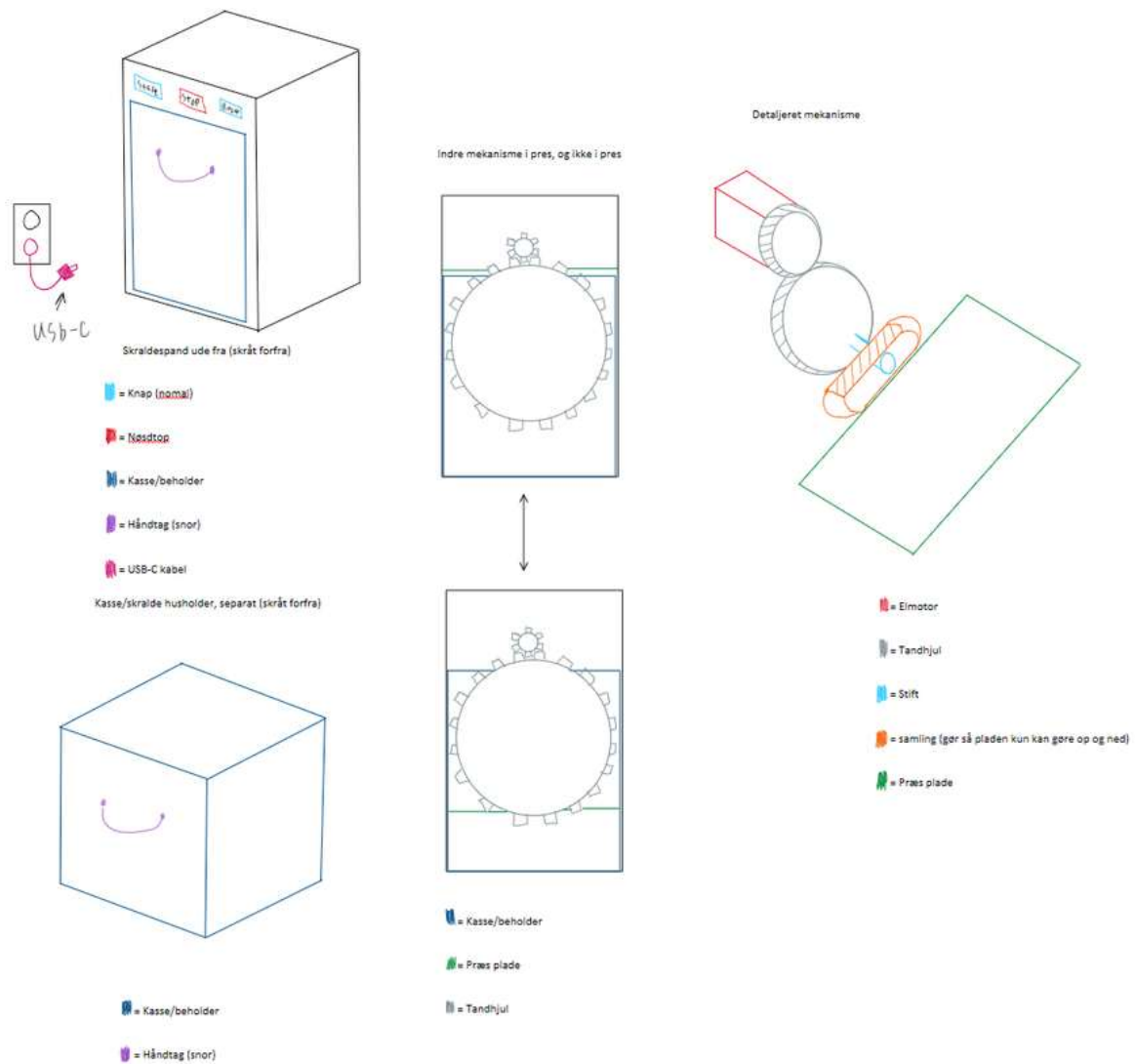
Figur F.15. Koncept #15



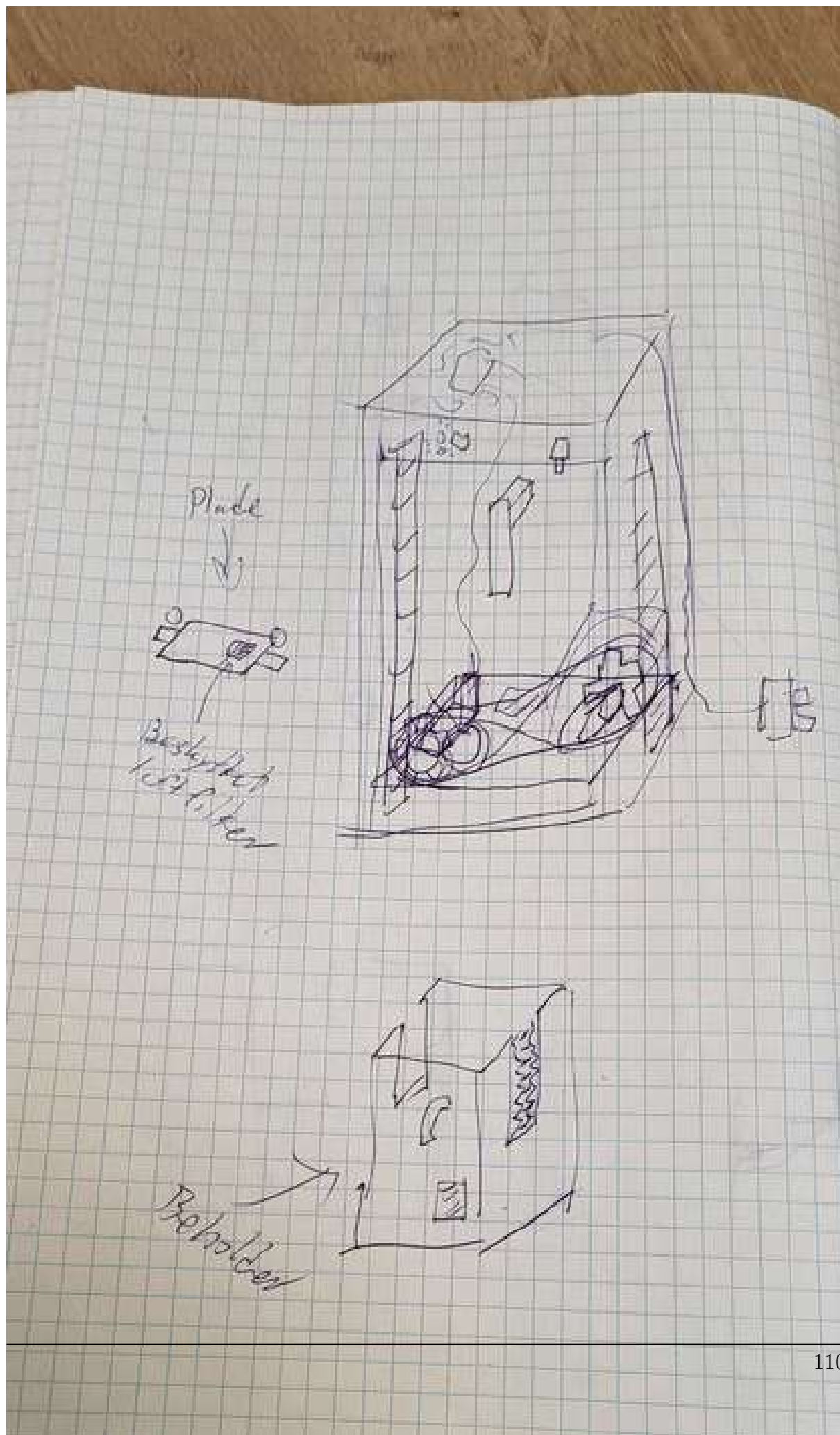
Figur F.16. Koncept #16

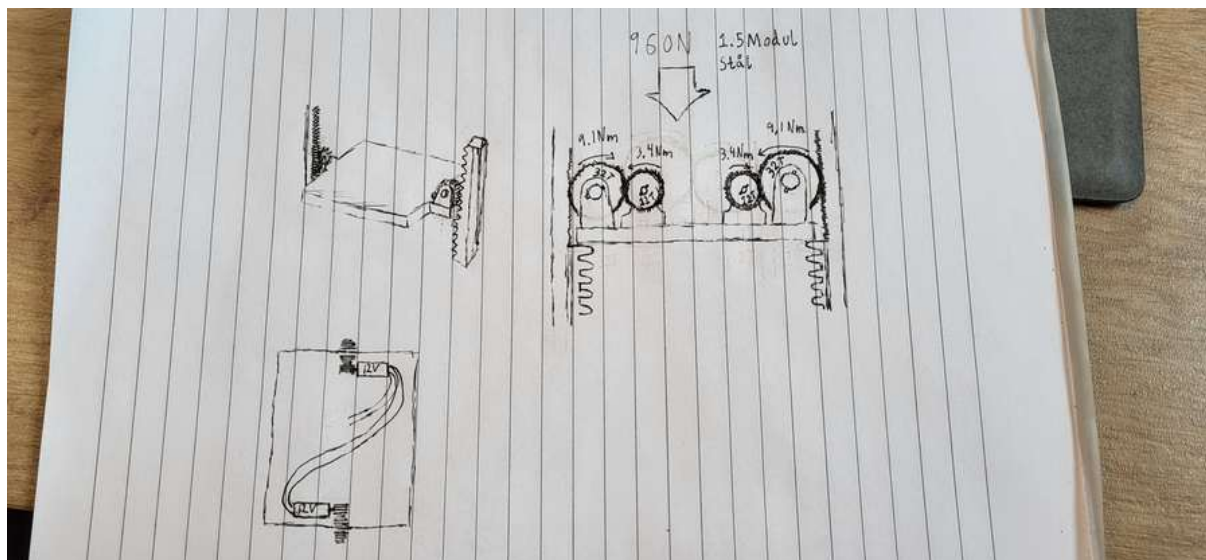


Figur F.17. Koncept #17

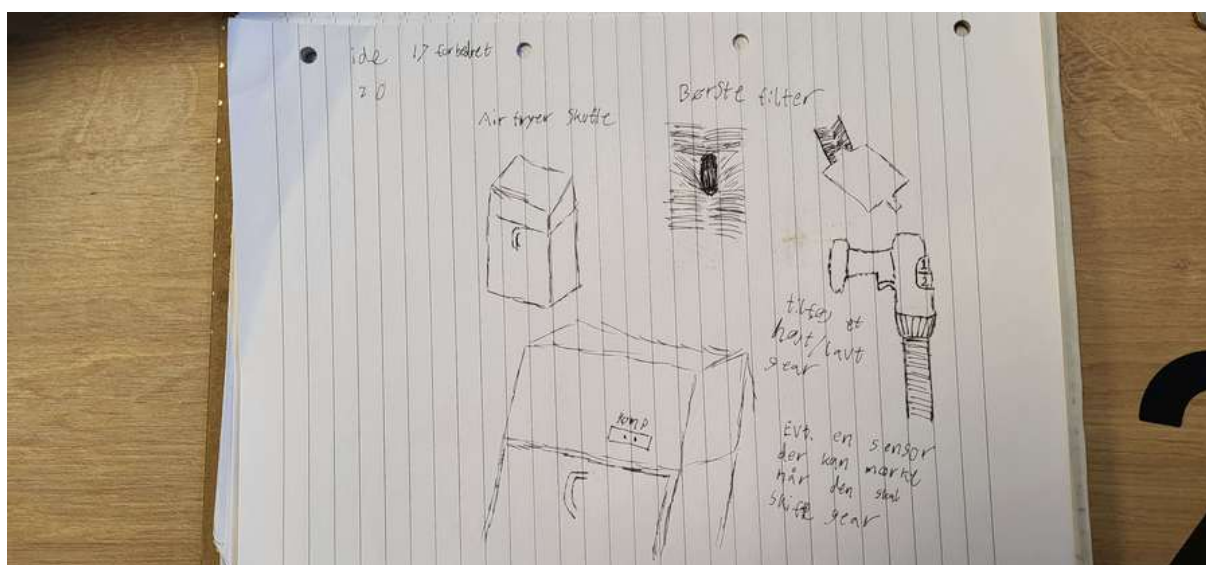


Figur F.18. Koncept #18





Figur F.20. Koncept #19 mekanisme



Figur F.21. Koncept #20

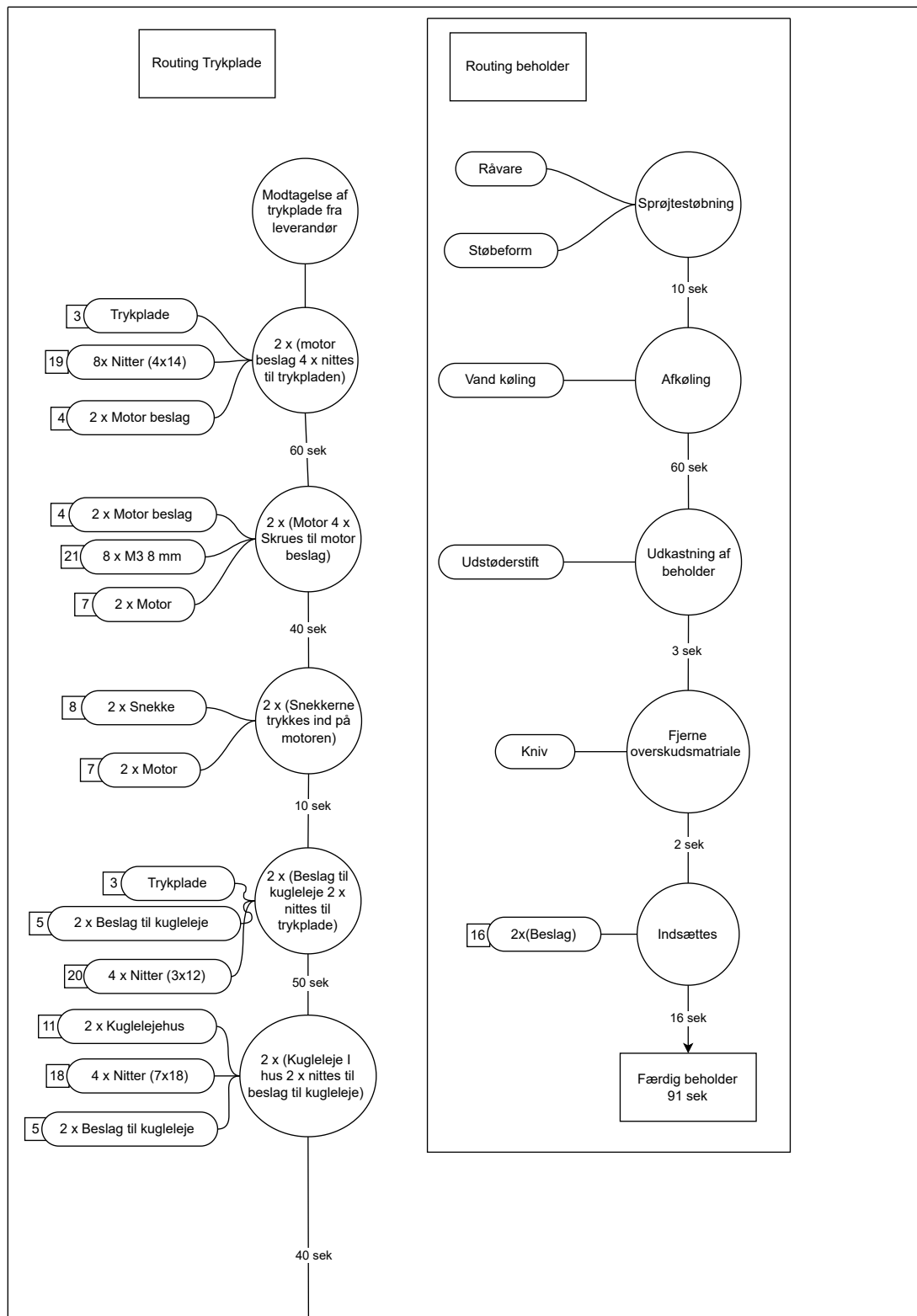
G. Plastik priser

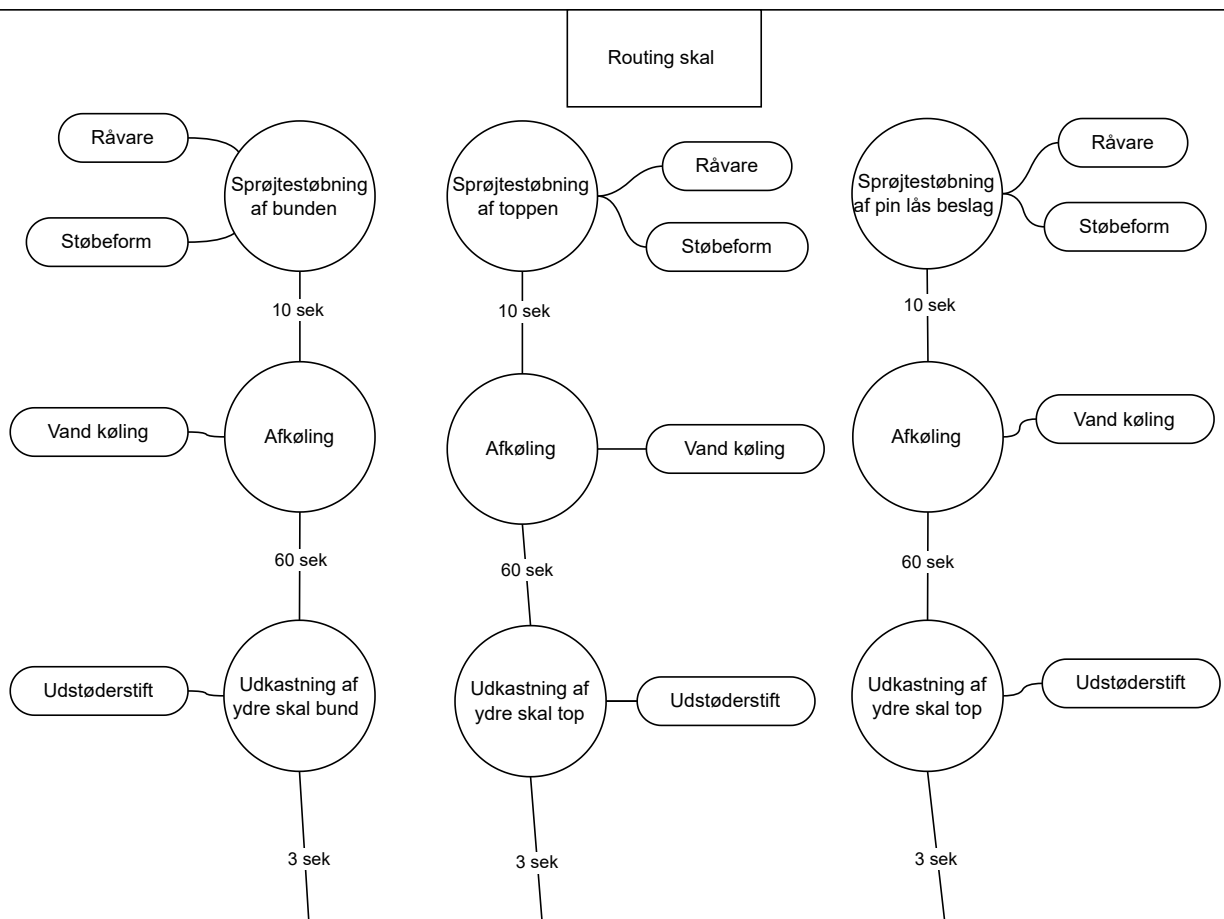
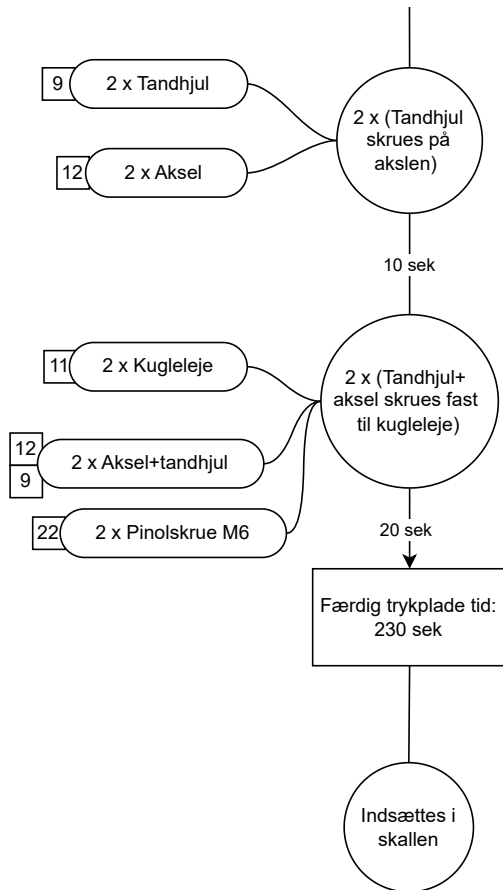
Kolonne 1	Navn	Stk	Info	Pris enkelt	Pris pr. enhed	Links
Mekanisme	Worm Drive Gear	2	30 mm	19,12kr	38,24kr	https://www.alibaba.com/product-detail/Small-Ste
	tandstang	1	Mængde rabbat	11,90kr	11,90kr	https://www.alibaba.com/product-detail/Helical-Ge
	El-motor(e)	2	3,4Nm	124kr	248,72kr	https://www.aliexpress.com/item/1005006214110
	Harmonika bælg(e)	1	30mm	24kr	24,00kr	https://www.aliexpress.com/item/1005006633666
	Controller	1	Kineser Audino	45kr	45,26kr	https://www.aliexpress.com/item/1005006141687
	AC til DC powersupply	1	12v AC-DC 15A	95kr	95,00kr	https://www.aliexpress.com/item/33051556213.ht
	Kugleleje	2	KP000 10x30x9	7kr	13,32kr	https://ae01.alicdn.com/kf/Hafab8e634ffa4e8cad
Styrestrom	- Gul/Grøn	0,0025	Pris for 200m - 0,75mm*2	441,94kr	1,10kr	https://bels.dk/prysmian-h05z-k-1q0-75-gron-gul-3
	- Brun	0,005	Pris for 200m - 0,75mm*3	441,94kr	2,21kr	https://bels.dk/prysmian-h05z-k-1x0-75-brun-300-5
	- Lyser blå	0,005	Pris for 200m - 0,75mm*4	448,79kr	2,24kr	https://bels.dk/prysmian-h05z-k-1x0-75-lysebla-300
	PDS cat5e	0,002	Pris for 305m	1.250kr	2,50kr	https://elektronik-lavpris.dk/p111572/w68940-netv
Forsyning	- 3g1,5mm*2 downlight	1	Pris pr meter	8,22kr	8,22kr	https://bels.dk/kabel-3g1-5-downlight-90gr-sort-r10
	Stikprp m. Jord	1	Mængde rabat	8kr	8,00kr	https://www.greenline.dk/schuko-stikprop-lige-545
Små ting	Bolte	0,5	Pris for 50	7kr	3,50kr	https://www.aliexpress.com/item/32810872544.ht
	Møtrikker	0,25	Pris for 50	7kr	1,75kr	https://www.aliexpress.com/item/1005007593861
	Kabelsko	0,15	Pris for 100	5kr	0,75kr	https://www.aliexpress.com/item/1005008397791
	Anker til kabelbindere	4		2kr	8,00kr	https://www.matronics.dk/kategori/el-materiel/fas
	Strips	0,01	Pris for 500	11kr	0,11kr	https://www.aliexpress.com/item/1005007803996
Display	LED indikator lys	1		7kr	7,00kr	https://www.aliexpress.com/item/1005007478253
	Push NO knap(per)	3		11kr	33,00kr	https://www.aliexpress.com/item/4000888856096
	Nødstop knap NC knap	1		13kr	13,00kr	https://www.aliexpress.com/item/4001013608458
Total:					567,83kr	

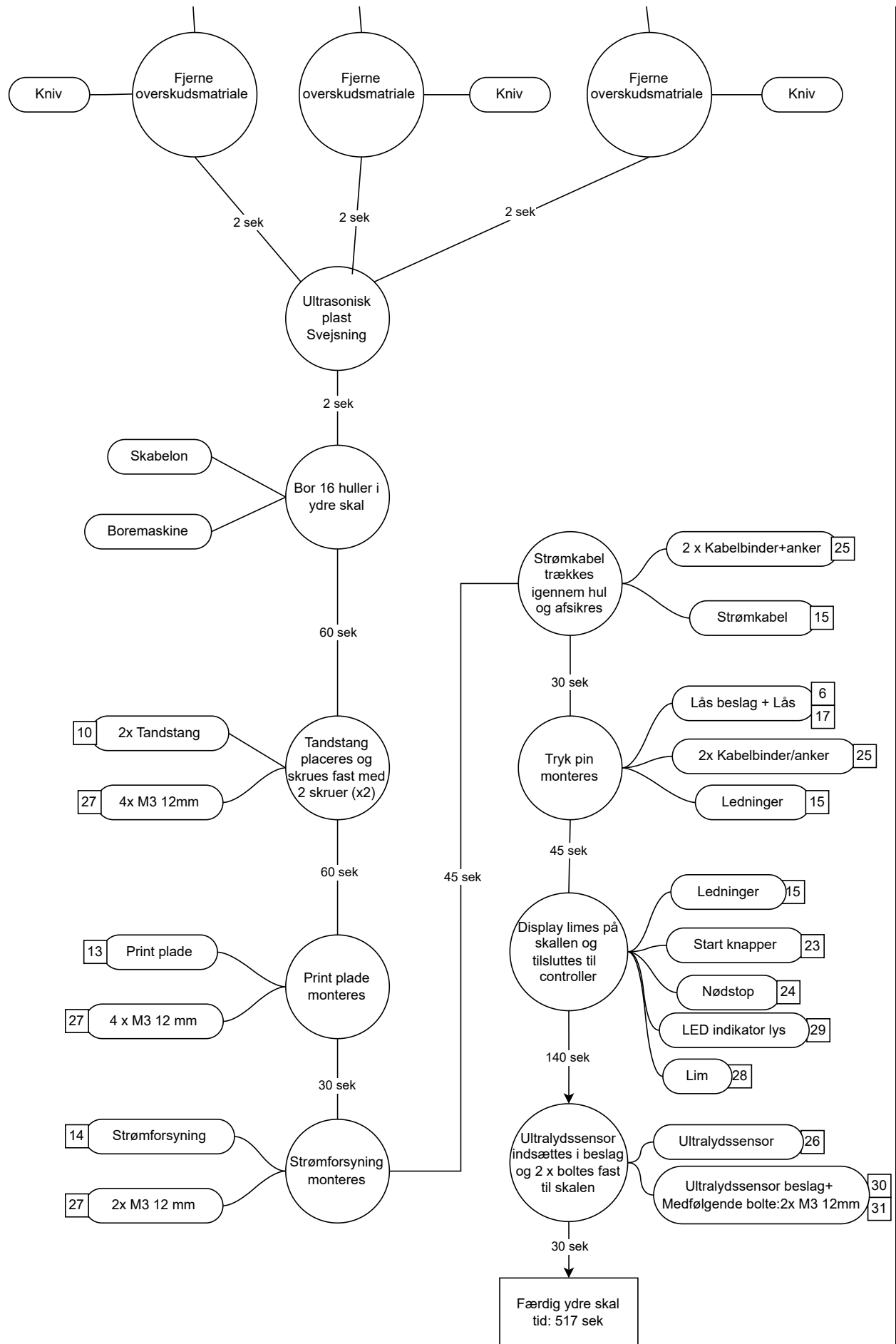
Figur G.1. Bill of Materials

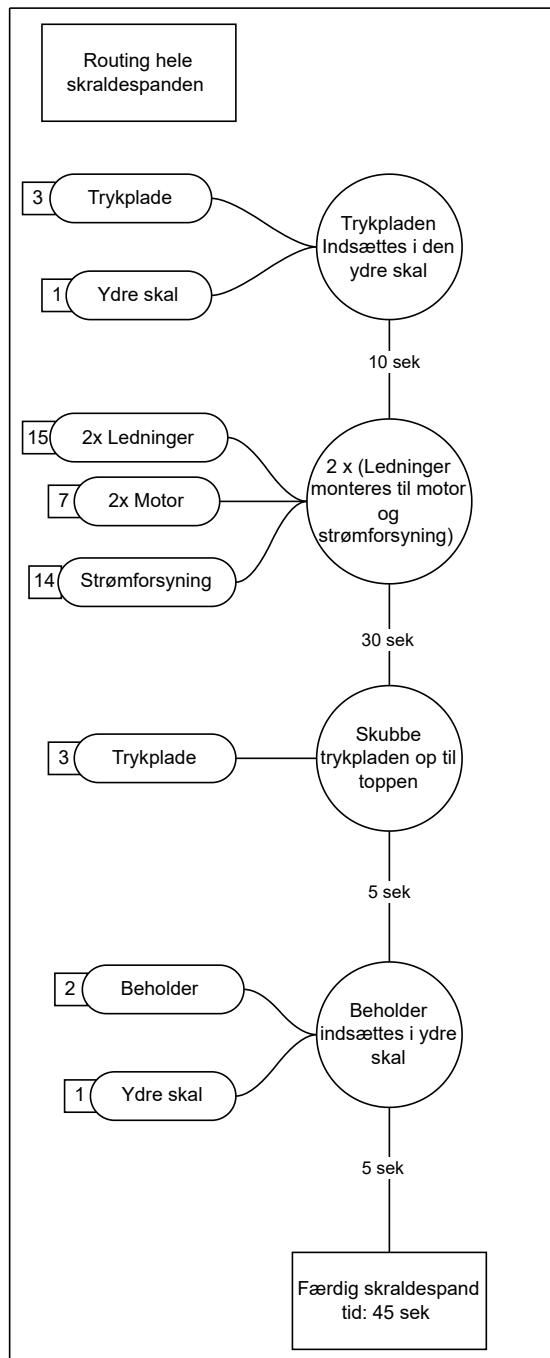
Mekanisme	Worm Drive Gear	2	30 mm	kr 19,12	kr 38,24
	tandstang 16x20x500mm)	1	Mængde rabbat	kr 11,90	11,90kr
	El-motor(e)	2	3,4Nm 296RPN	kr 124,36	248,72kr
	Harmonika bælg(e)	1	30mm	kr 24,00	24,00kr
	Controller	1	Kineser Audino	kr 45,26	45,26kr
	AC til DC powersupply	1	12v AC-DC 15A	kr 95,00	95,00kr
	Kugleleje	2	KP000 10x30x9	kr 6,66	13,32kr
	Pin Lås	1	12v	kr 5,00	5kr
	Ultralydssensor	1	HCSR04	kr 6,53	6,53kr
	Ultralydssensor beslag	1	Medfølgende bolte: M3 12mm	kr 2,75	kr2,75
Styrestrøm	- Gul/Grøn	0,5	Pris for 200m - 0,75mm^2	kr 441,94	1,10kr
	- Brun	1	Pris for 200m - 0,75mm^3	kr 441,94	2,21kr
	- Lyser blå	1	Pris for 200m - 0,75mm^4	kr 448,79	2,24kr
	PDS cat5e	0,61	Pris for 305m	kr 1.250,00	3,81kr
Forsyning	- 3g1,5mm^2 downlight	1	Pris pr meter	kr 8,22	8,22kr
	Stikprp m. Jord	1	Mængde rabat	kr 8,00	8,00kr
Små ting	Samle skruer	8	Pris for 50 - M3 8mm	kr 12,82	2,05kr
	Samle skruer	10	Pris for 50 - M3 12mm	kr 12,82	2,56kr
	Møtrikker	6	Pris for 50 - M3	kr 9,82	1,18kr
	Kabelsko	15	Pris for 100	kr 5,00	0,75kr
	Anker til kabelbindere	4		kr 2,00	8,00kr
	Strips	5	Pris for 500	kr 11,00	0,11kr
	Aksel til gear	2	M10	kr 2,77	kr 5,54
	Ringlås	2	M10	kr 0,06	kr 0,12
	Popnitter	16	Pris for 20 - 4mm	kr 15,21	kr 12,17
	Lim	0,1	Pris for 20g	kr 26,46	kr 2,65
Display	LED indikator lys	1	12-48v	kr 7,00	7,00kr
	Knapper	1	Push NO	kr 11,00	11,00kr
	Nødstop	1	Push NC med selvhold	kr 8,91	8,91kr
Total:					kr 578,35

H. Routing

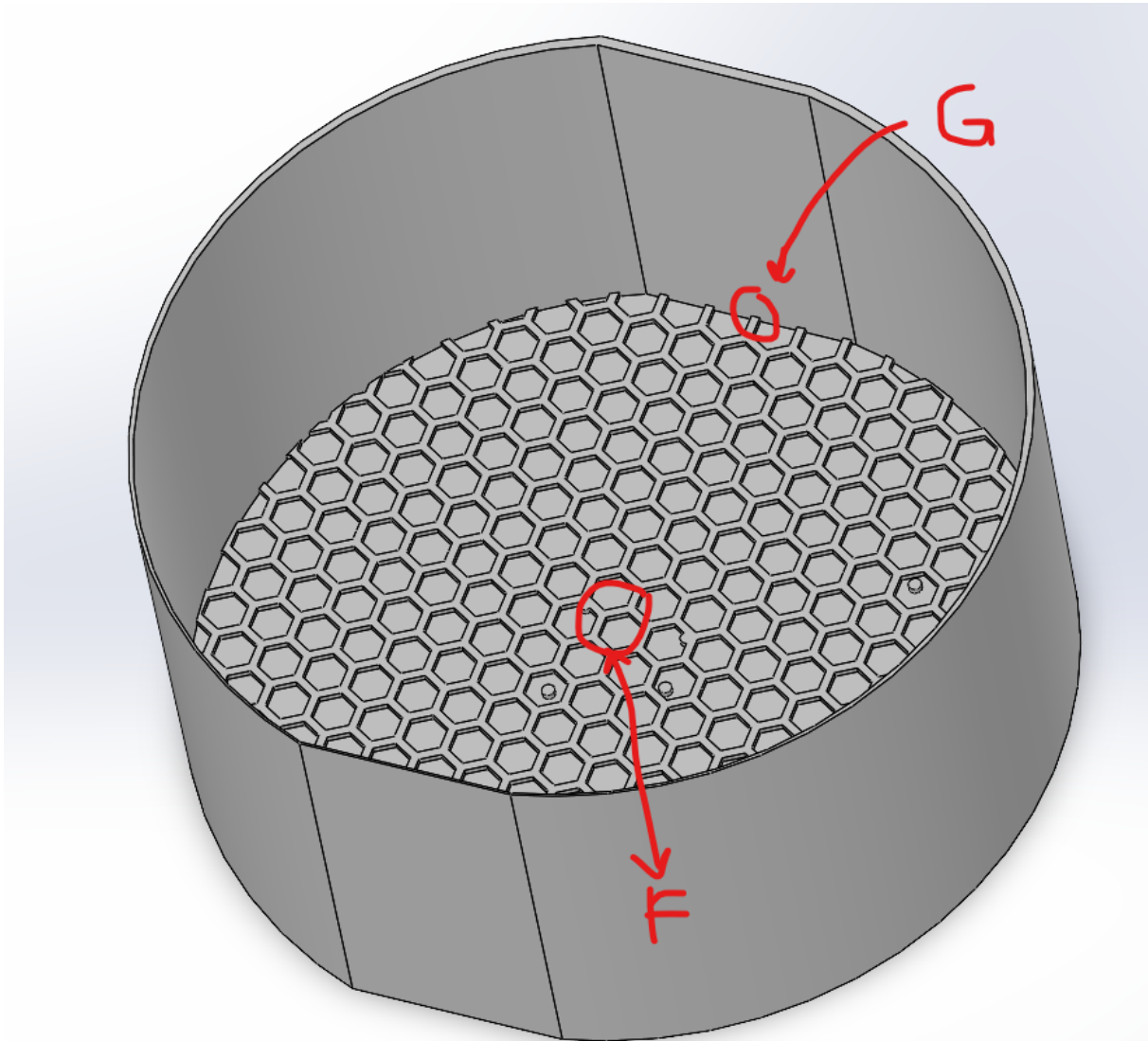




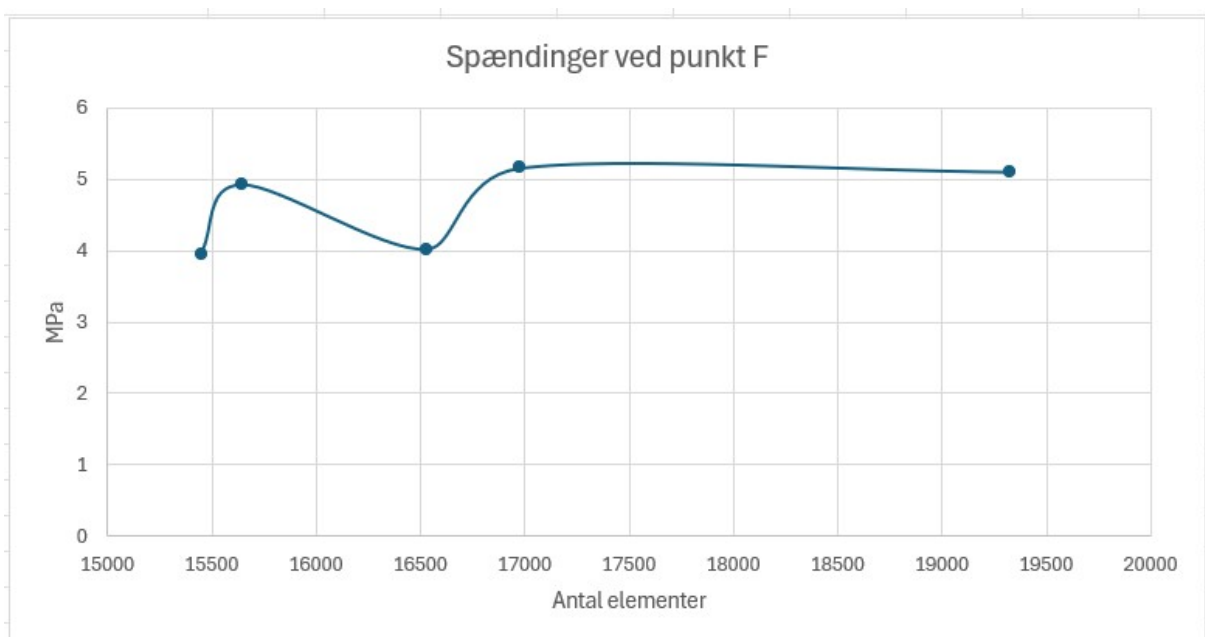




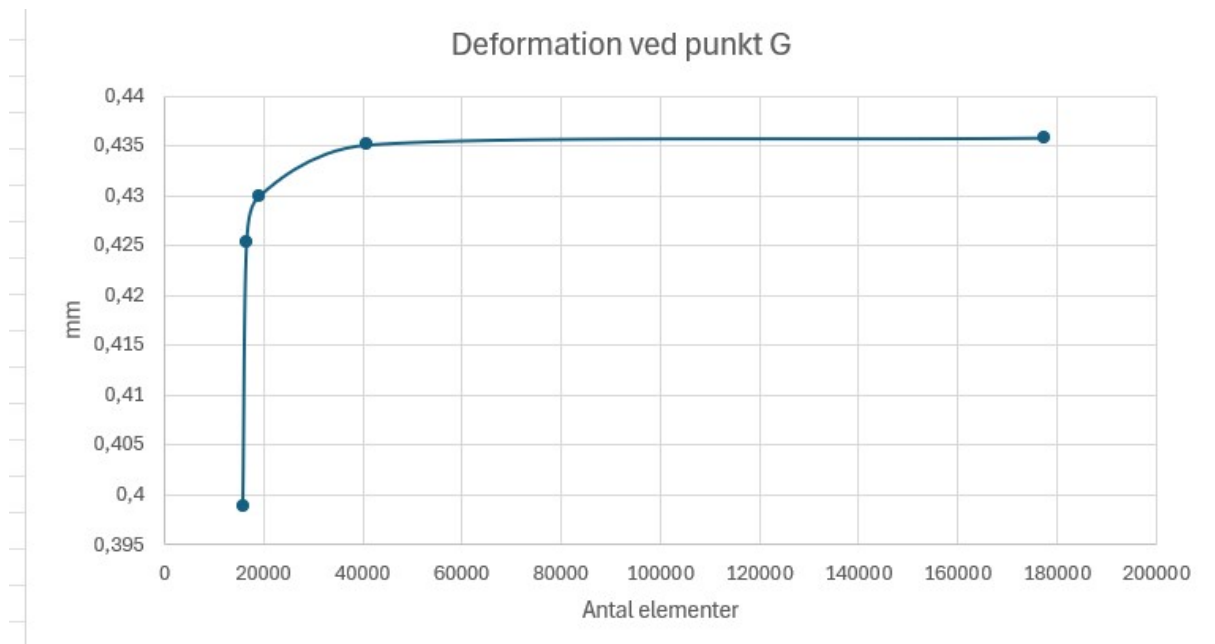
I. Konvergenzanalyse



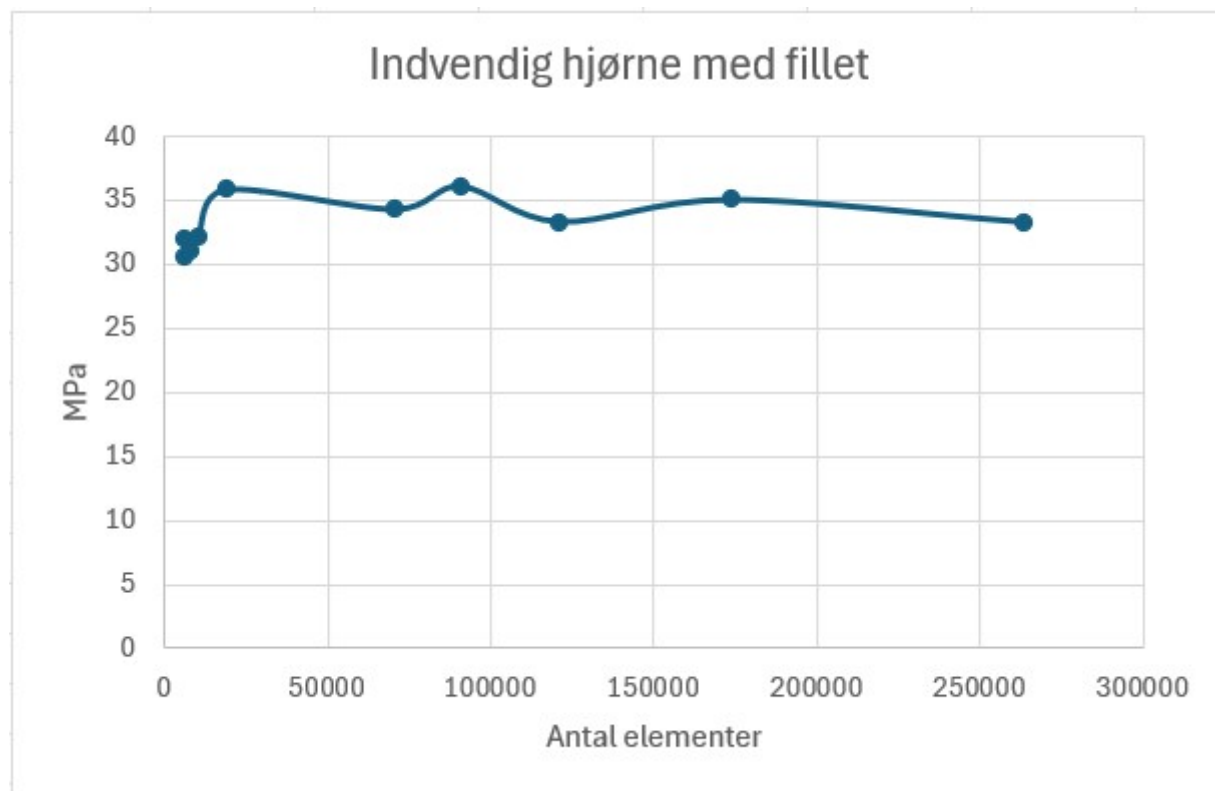
Figur I.1. Placering af punkt F og G



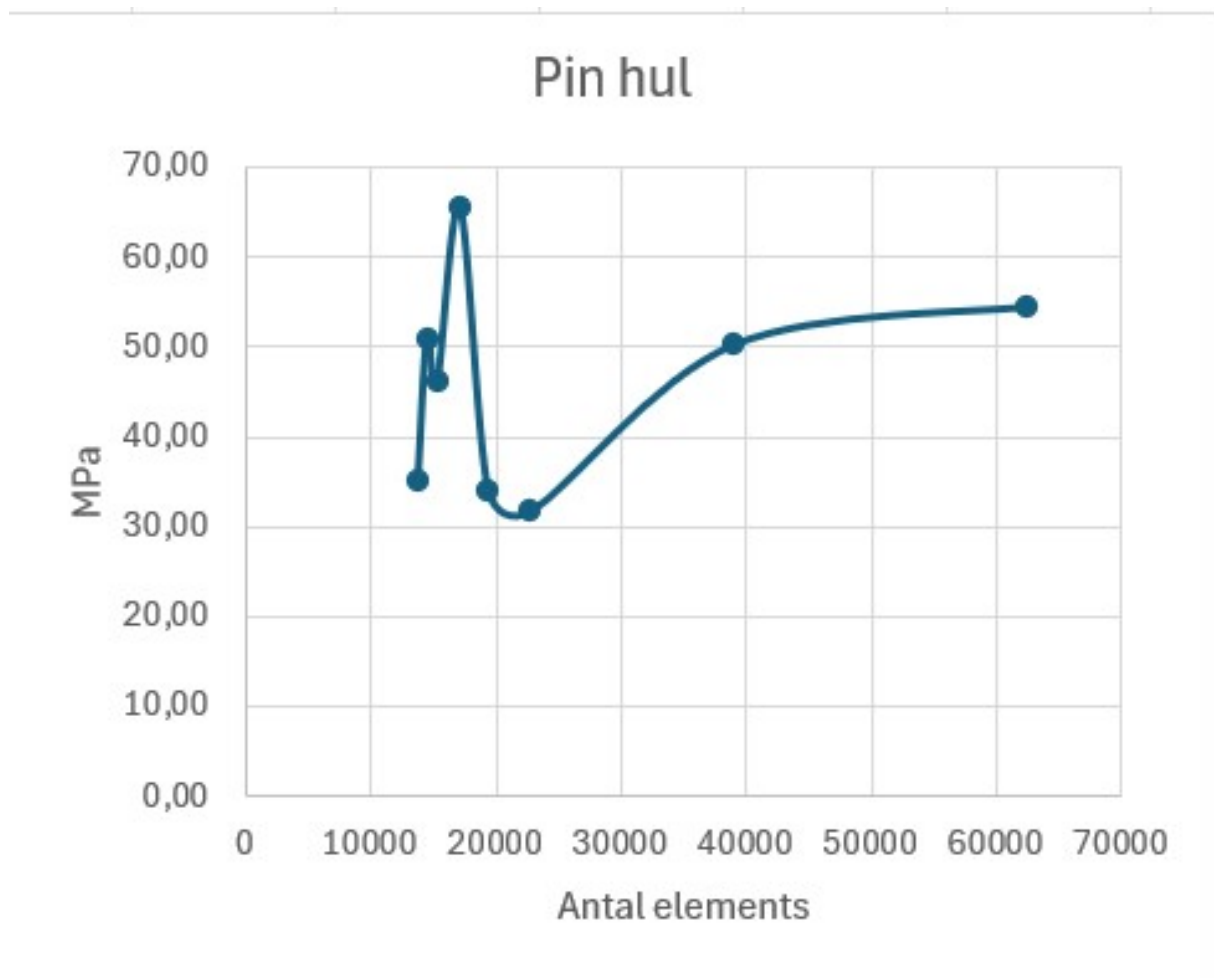
Figur I.2. Spændinger ved punkt F



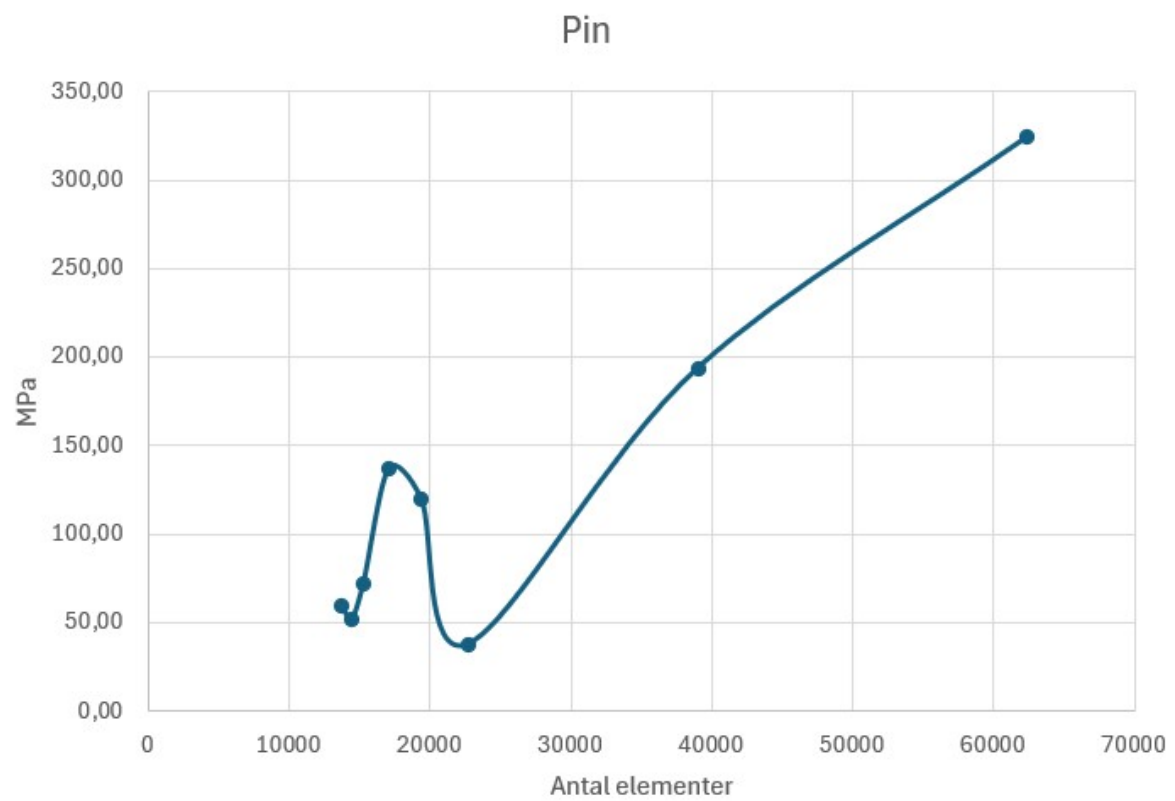
Figur I.3. Deformation ved punkt G



Figur I.4. Spændinger ved punkt C



Figur I.5. Spændinger ved punkt E



Figur I.6. Spændinger ved punkt D