



# HOLDOT

Hull- og lekkasje deteksjons teknologi

Bachelorprosjekt  
utført av

Andri Vidar Tryggvason  
Produktutvikling

Eskild Svenningsen  
Cyber Physical Systems

Javier Alvarez Sossa  
Kybernetikk

Dag Henning Halvorsen  
Produktutvikling

Kristoffer Solheim  
Cyber Physical Systems

Mehdi Chamran  
Kybernetikk

Universitetet i Sørøst-Norge  
Fakultet for teknologi, naturvitenskap og maritime fag  
Institutt for realfag og industrisystemer

2023

## Sammendrag

Tronrud Engineering har over 40 års erfaring med å levere sekundære pakkeløsninger verden over. De tar for seg hele ingeniørprosessen i produktene de leverer, og har gitt oss mulighet til å ta for oss oppgaven å lage en modul. Denne modulen skal kunne monteres på samlebånd som frakter chipsposer inn til siste fase i pakkeprosessen. Målet er å utforske om det finnes en mer effektiv måte å detektere lekkasje i chipsposene.

Denne rapporten er dokumentasjon for bachelorprosjektet som ble utført. Den inneholder prosjektets planlegging og utførelse. Alle tester utført av gruppen er lagt til som vedlegg og er en viktig del av innholdet i rapporten, se vedleggs kapittel D for disse.

Starten av rapporten inneholder prosjektets faser som omhandler planlegging, forskning og testing hvor det også ble laget en preliminær prototype.

Slutten av rapporten omhandler utviklinga av en funksjonell prototype som ble utviklet i samarbeid med produksjonsavdelinga i Tronrud Engineering. Denne prototypen ble utstilt på USNExpoen 2023 i Kongsberg.

# INNHold

---

<b>Innhold</b>	<b>i</b>
<b>Figurer</b>	<b>vii</b>
<b>Tabeller</b>	<b>x</b>
<b>Nomenklatur</b>	<b>xi</b>
<b>1 Introduksjon</b>	<b>1</b>
<b>2 Bakgrunn</b>	<b>2</b>
2.1 Tronrud Engineering . . . . .	2
2.2 Problemstilling . . . . .	2
2.3 Kravspesifikasjoner . . . . .	3
<b>3 Planlegging av prosjektet</b>	<b>5</b>
3.1 Overordnet prosjektplan . . . . .	5
3.2 PUKK-hjulet . . . . .	5
3.3 Ukesplanlegging og sprinter . . . . .	6
3.4 Test og analyse . . . . .	7
<b>4 Risikoanalyse</b>	<b>8</b>
4.1 Risikomatrise . . . . .	8
4.2 Prosjektrisiko . . . . .	10
4.3 Teknisk risiko . . . . .	11
<b>5 Teknikker for å identifisere og kvantifisere lekkasjer</b>	<b>12</b>
5.1 Trykkruller . . . . .	12
5.1.1 Verifiseringskategorier . . . . .	12
5.2 Gassmåling . . . . .	14
5.2.1 Verifiseringskategorier . . . . .	14
5.2.2 Monteringstid . . . . .	15
5.3 Schlieren metoden . . . . .	16
5.3.1 Opptikkbasert Schlieren . . . . .	16
5.3.2 Bakgrunnsorientert Schlieren (BOS) . . . . .	16
5.3.3 Verifiseringskategorier for optikkbasert Schlieren . .	17
5.3.4 Verifiseringkategorier for bakgrunnsorientert Schlieren	19
5.4 Ultrasoniske sensorer . . . . .	20
5.4.1 Verifiseringkategorier ultrasoniske sensorer . . . . .	20

5.4.2	Arealbruk . . . . .	20
5.4.3	Virkningsgrad . . . . .	20
5.4.4	Pris . . . . .	20
5.4.5	Produserbarhet . . . . .	20
5.4.6	Monteringstid . . . . .	21
5.4.7	Vedlikehold . . . . .	21
5.5	Røykmaskin . . . . .	22
5.5.1	Verifiseringskategorier . . . . .	22
5.6	Termisk kamera . . . . .	23
5.6.1	Verifiseringskategorier . . . . .	24
5.7	Karusell . . . . .	25
5.7.1	Forhåndsidentifiserte problemer . . . . .	25
5.7.2	Konklusjon . . . . .	27
5.7.3	Verifiseringskategorier . . . . .	27
5.8	Bildegjenkjenning . . . . .	28
5.8.1	Faster R-CNN . . . . .	29
5.8.2	YOLO . . . . .	30
5.8.3	Konklusjon . . . . .	32
<b>6</b>	<b>Sammenligning</b>	<b>33</b>
6.1	Pugh matrise . . . . .	33
6.2	Vurderingspunkter . . . . .	34
6.2.1	Utnyttelsesgrad av areal . . . . .	34
6.2.2	Virkningsgrad . . . . .	34
6.2.3	Pris . . . . .	34
6.2.4	Produserbarhet . . . . .	34
6.2.5	Monteringstid . . . . .	34
6.2.6	Vedlikehold . . . . .	34
6.3	Oppdatert matrise . . . . .	35
<b>7</b>	<b>Test- og verifiseringsprosess</b>	<b>36</b>
7.1	Oversikt . . . . .	36
7.2	Testanalyse . . . . .	36
7.2.1	Kravanalyse . . . . .	37
7.3	Testplan . . . . .	37
7.4	Verifisering og validering . . . . .	38
7.5	Testhierarki . . . . .	39
7.6	Test Dokument . . . . .	42
7.6.1	Enhetstesting . . . . .	42
7.6.2	Integrasjonstesting . . . . .	50
7.6.3	Systemtesting . . . . .	54

<b>8</b>	<b>Utvikling av modul for lekkasjedeteksjon</b>	<b>56</b>
8.1	Trykkrullesystem . . . . .	56
8.2	Innløpsbane for prototypetesting . . . . .	57
8.3	Sensor for datainnsamling . . . . .	59
8.3.1	Høydemåler . . . . .	59
<b>9</b>	<b>Prototype</b>	<b>60</b>
9.1	Krav til prototype . . . . .	60
9.2	Valg av metode . . . . .	61
9.3	SRRP Konseptet . . . . .	62
9.3.1	Første steg: Måling av utgangspunkt . . . . .	62
9.3.2	Andre steg: Press . . . . .	62
9.3.3	Tredje steg: Måling av høydeforskjell . . . . .	62
9.3.4	Posens vei videre . . . . .	63
9.3.5	Systemarkitektur . . . . .	63
9.4	Mekanisk konstruksjon . . . . .	64
9.4.1	Produksjon . . . . .	64
9.4.2	Løftemekanisme . . . . .	65
9.4.3	Bein . . . . .	77
9.4.4	Trykk-modulene . . . . .	78
9.4.5	Høydemåling . . . . .	91
9.4.6	Overflatebehandling . . . . .	97
9.4.7	Deksel . . . . .	98
9.4.8	Produktkalkyle . . . . .	101
9.5	Elektrisk installasjon . . . . .	103
9.5.1	Koblings skjema . . . . .	103
9.5.2	Høydejustering . . . . .	104
9.5.3	Fotocelle . . . . .	106
9.5.4	Høydemåler . . . . .	106
9.5.5	Luftsystem . . . . .	108
9.5.6	Relé til luftsystem . . . . .	110
9.5.7	Solenoidventiler . . . . .	111
9.5.8	Nød knapp . . . . .	112
9.6	Styring av enhet . . . . .	113
9.6.1	GUI . . . . .	114
9.6.2	ROCK PI . . . . .	116
9.6.3	Arduino . . . . .	116
9.6.4	Fotocelle . . . . .	117
9.6.5	Relé . . . . .	117
9.6.6	Pressestyring . . . . .	117
9.6.7	Høydemåling . . . . .	119

9.7	Oppnådde mål i henhold til reviderte krav . . . . .	123
9.7.1	Krav ID 1 . . . . .	123
9.7.2	Krav ID 2 . . . . .	123
9.7.3	Krav ID 3 . . . . .	123
<b>10</b>	<b>Konklusjon</b>	<b>124</b>
10.1	Gruppearbeidet . . . . .	124
10.2	Forskning . . . . .	124
10.3	Prototypen . . . . .	124
10.4	Løsningen . . . . .	125
10.5	Videre arbeid . . . . .	126
10.5.1	Mulige justeringer . . . . .	126
10.5.2	Andre målemuligheter av høyden . . . . .	127
	<b>Referanser</b>	<b>128</b>
<b>A</b>	<b>Risikoanalyse</b>	<b>133</b>
<b>B</b>	<b>Test Plan</b>	<b>136</b>
<b>C</b>	<b>Verifiseringsmatrisen</b>	<b>142</b>
<b>D</b>	<b>Test dokumenter</b>	<b>146</b>
D.1	ID 2 - OSP M1 Oksyngengass sensor . . . . .	146
D.2	ID 3 - SRP Funksjonstest . . . . .	153
D.3	ID 4 - QT brukergrensesnitt . . . . .	163
D.4	ID 5 - Schlieren metoden . . . . .	168
D.5	ID 6 - Forbedre SRP-A1 og D1 til rev A2 og D2 . . . . .	174
D.6	ID 7 - SBG . . . . .	199
D.7	ID 8 - OSP M2 Oksyngengass-sensor med vifte . . . . .	205
D.8	ID 9 - Potensiometer, høydemålingsensor . . . . .	211
D.9	ID 10 - Tids beregninger (massetrykk) . . . . .	222
D.10	ID 11 - Linearitet og hysteresetest til høydemålinger med potmeter . . . . .	237
D.11	ID 12 - Funksjonstest av potmeter med SRP . . . . .	249
D.12	ID 13 - Bor innstilling . . . . .	258
D.13	ID 14 - Lineært potmeter . . . . .	264
D.14	ID 16 - Posetesting i SRP med linært potentiometer . . . . .	273
D.15	ID 17 - Bildegjenkjenning . . . . .	293
D.16	ID 18 - Motor fra Tronrud engineering . . . . .	301
D.17	ID 19 - Dreiemoment for SRRP . . . . .	308
D.18	ID 20 - Aluminiums eloksering . . . . .	313

<b>E</b>	<b>2D tegninger av prototype</b>	<b>319</b>
E.1	Løftemekanisme . . . . .	319
E.2	Trykk mekanisme . . . . .	331
E.3	Vippearm og høydemåler feste . . . . .	336
E.4	Bein . . . . .	348
<b>F</b>	<b>Koblingskjema av prototype</b>	<b>350</b>
F.1	Koblingskjema til systemet med ROCK PI 4 . . . . .	350
F.2	Høydejustering . . . . .	352
F.3	Fotocelle . . . . .	354
F.4	Høydemåler . . . . .	356
F.5	Luftsystem . . . . .	358
F.5.1	Relé . . . . .	360
F.5.2	Solenoid Ventil . . . . .	362
<b>G</b>	<b>Arbeidsmetodikk</b>	<b>364</b>
G.1	Roller . . . . .	364
G.1.1	Andri Viðar Tryggvason . . . . .	364
G.1.2	Dag Henning Halvorsen . . . . .	364
G.1.3	Eskild Svennungsen . . . . .	364
G.1.4	Kristoffer Solheim . . . . .	364
G.1.5	Mehdi Chamran . . . . .	364
G.1.6	Javier Alvarez Sossa . . . . .	364
G.2	Arbeidsfordeling . . . . .	365
G.3	Prosjektverktøy . . . . .	368
G.3.1	Clockify . . . . .	368
G.3.2	Kanboard . . . . .	368
G.3.3	Microsoft Teams . . . . .	368
G.3.4	Facebook . . . . .	368
G.3.5	Mail . . . . .	368
G.3.6	Solidworks . . . . .	368
G.3.7	OrCAD Cadence PCB Solutions . . . . .	368
G.3.8	Github . . . . .	368
G.3.9	Overleaf . . . . .	368
G.3.10	Invoice Ninja . . . . .	369
<b>H</b>	<b>Programmerings dokumentasjon</b>	<b>370</b>
H.1	GUI . . . . .	370
H.2	Presse-styring . . . . .	394
H.3	Høydemåling . . . . .	414

<b>I</b>	<b>Datablader</b>	<b>424</b>
I.1	Datablad for lineær posisjonssensor-potensiometer fra Miran	424
I.2	Datablad for fotocelle fra SICK . . . . .	427
I.3	Datablad for ventil fra Festo . . . . .	436
I.4	Datablad for pneumatisk trykksylinder fra SMC . . . . .	439



## FIGURER

---

2.1	Nådagens oppsett . . . . .	2
3.1	Overordnet prosjektplan . . . . .	5
3.2	PUKK-hjulet . . . . .	7
4.1	Risikomatrise . . . . .	9
4.2	Risikograd . . . . .	9
4.3	Definisjon på sannsynlighetsgrad . . . . .	9
4.4	Definisjon på konsekvensgrad . . . . .	9
4.5	Prosjektrisiko . . . . .	10
4.6	Teknisk risiko . . . . .	11
5.1	Bakgrunnsmonster opptak a) før og b) like etter en tetthetsvariasjon ble brakt inn i strømmen ved hjelp av plasma tenning; c) vektorplott av forskyvningskorrelasjonen mellom begge innspillingene; grå skalaer representerer den radiale komponenten av forskyvningsvektoren [Raffel et al., 2011]. . . . .	17
5.2	BOS testet med en laptop som bakgrunn. Canon EOS550D ble brukt til å ta videoen som deretter ble prosessert i python ved hjelp av OpenCV pakken. . . . .	18
5.3	Karusell som gir mer tid til å teste posene. . . . .	25
5.4	Karusell som gir mer tid til å teste posene med et annet oppsett av førebånd. . . . .	26
5.5	Oppsett . . . . .	28
5.6	Strukturen til Faster R-CNN [Ren et al., 2015] . . . . .	29
5.7	Klassifisering [Redmon et al., 2015] . . . . .	31
5.8	YOLO sammenligning [meituan, 2023] . . . . .	31
5.9	YOLOv6 i aksjon [meituan, 2023] . . . . .	32
6.1	Pugh Antatt . . . . .	33
6.2	Pugh etter informasjons innhenting . . . . .	35
7.1	Diagram for test analyse[Walden et al., 2015] . . . . .	36
7.2	Diagram for testplan.[Hamilton, 2023] . . . . .	38
7.3	Testhierarkiet og ulike nivåer i fasen . . . . .	40
7.4	Testhierarki og oversikt av alle testene som ble utført til prototypen. . . . .	41
8.1	Innløpsbane som ble lånt fra Tronrud. . . . .	57
8.2	Målesystem for høydemåling. . . . .	59

9.1	Prototypen slik den ble utstilt på USNExpo 2023. . . . .	62
9.2	Overordnet systemarkitektur. . . . .	63
9.3	Løftemekanisme med mulighet for separat motor . . . . .	65
9.4	Løftemekanisme med manuell sveiv . . . . .	66
9.5	Løftemekanisme med to lineære aktuatorer . . . . .	67
9.6	Lineær aksling og hus med to lineære lagre . . . . .	70
9.7	Siste versjon av løftemekanismen . . . . .	70
9.8	Plassering av nedre aktuator støttepinne . . . . .	71
9.9	Fem analyse . . . . .	73
9.10	Plassering aktuator støttefeste . . . . .	73
9.11	Illustrasjon av spenningskonsentrasjoner i L-profil . . . . .	74
9.12	Spenningsstabell . . . . .	74
9.13	Plassering av modul innfestingsprofil . . . . .	75
9.14	Fem analyse av modul innfestingsprofil . . . . .	76
9.15	Bein for samleband. . . . .	77
9.16	Fem Trykk-moduler . . . . .	78
9.17	Press av tre poser . . . . .	78
9.18	Illustrasjon av flere trykkmekanisme . . . . .	79
9.19	Sylinder inne . . . . .	81
9.20	Sylinder ute . . . . .	81
9.21	Ventil stengt . . . . .	83
9.22	Ventil åpen . . . . .	83
9.23	Skjem en ventil . . . . .	84
9.24	Skjema tre ventiler . . . . .	85
9.25	Trykkmekanismens første konsept . . . . .	85
9.26	Fast del . . . . .	86
9.27	Bevegelig del . . . . .	86
9.28	Trykk modul . . . . .	88
9.29	Trykkluft sylinder . . . . .	89
9.30	Styrke beregning aluminium . . . . .	90
9.31	Styrke beregning Stål . . . . .	90
9.32	Feste sylinder . . . . .	91
9.33	Endeledd . . . . .	91
9.34	Del-systemene i høydemåleren . . . . .	92
9.35	Deformasjon i akslingen i 125 ganger større skala . . . . .	92
9.36	Spenningsstabell for akslingen . . . . .	93
9.37	Bøyningstabell for akslingen . . . . .	93
9.38	Vippearm med ny avstiver for akslingskobling . . . . .	94
9.39	FEM analyse av kobling mot endeledd . . . . .	94
9.40	Bøyetabell for kobling mot endeledd . . . . .	95
9.41	FEM analyse av avstiver akslinger . . . . .	95

9.42	Bøyetabell for avstiver akslinger . . . . .	96
9.43	Design studie av avstiver aksling . . . . .	96
9.44	Design av Deksel . . . . .	99
9.45	Alternativ-deksling . . . . .	99
9.46	Deksel for produksjon . . . . .	100
9.47	Koblingsskjema for systemet. Vedlegg: [F]. . . . .	103
9.48	Høydejustering. Vedlegg: [F.2]. . . . .	105
9.49	Fotocelle. Vedlegg: [F.3]. . . . .	105
9.50	Høydemåler. Vedlegg: [F.4]. . . . .	108
9.51	Luftsystem. Vedlegg: [F.5]. . . . .	109
9.52	Luftsystem relé. Vedlegg: [F.5.1]. . . . .	110
9.53	Luftsystem solenoid vifte. Vedlegg: [F.5.2]. . . . .	111
9.54	Koblingsskjema av nødknappen . . . . .	113
9.55	General . . . . .	114
9.56	History . . . . .	115
9.57	Settings . . . . .	115
9.58	Egendefinert poseinnstilling . . . . .	116
10.1	SRRP . . . . .	125

## TABELLER

---

2.1	Krav versjon 1.0 . . . . .	3
2.2	Krav versjon 1.1 . . . . .	3
5.1	The mAP(%) of R-CNN, Fast R-CNN and Faster R-CNN on three datasets . . . . .	29
5.2	The test time per image of R-CNN, Fast R-CNN and Faster R-CNN . . . . .	30
7.1	Kvantifisering av akseptkriterier . . . . .	53

## NOMENKLATUR

---

*A* Areal

*BOS* Background Oriented Schlieren

*CNC* Computer Numerical Control

*CNN* Convolutional neural network

*OSP* Oxygen Sensor Prototype

*PUKK* Planlegge, utføre, kontrollere og korrigere

*RPN* Region Proposal Network

*SRP* Super Rulle Prototype

*SRRP* Super Robust Rulle Prototype

*V* Volum

*v* Hastighet

## INTRODUKSJON

---

Under dette bachelorprosjektet har studentene utviklet en modul som kan monteres på innløpsbanen til oppdragsgiver. Denne modulen skal kunne avdekke lekkasjer i snackposer for å sikre at kvaliteten er slik kundene deres forventer.

Studentene har undersøkt ulike potensielle teknikker for å finne lekkasjer under pakking av snacksposer. Dette har omfattet, men har ikke vært begrenset til trykk-, gass- og infrarøde sensorer. Fordeler og ulemper med hver teknikk har blitt veid opp mot hverandre og hvordan de kan settes sammen for å spille hverandre gode.

Heretter har det blitt designet og utviklet en prototype som inneholder de funksjonene gruppen har sett som hensiktsmessige for å avdekke hull i snacksposene som skal pakkes av maskinene til oppdragsgiver.

## BAKGRUNN

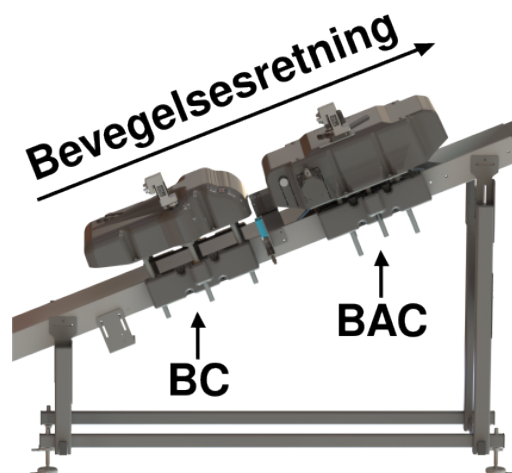
---

### 2.1 TRONRUD ENGINEERING

Tronrud Engineering har i lang tid innovert og produsert sekundære pakkeløsninger for matindustrien. Blant produktene de leverer, er potetgull en stor sektor. Vi ble introdusert til dem i vinter da vi var på lokalene deres på Eggemoen for å diskutere en eventuell oppgave. Det viste seg at de var på jakt etter en ny teknologi for å detektere om det er lekkasje i potetgullposer som reiser på innløpsbanen på vei mot pakkemaskinen. Dette er for å sikre høy kvalitet av produktet de leverer.

### 2.2 PROBLEMSTILLING

Dagens toppmoderne produkt er ordnet slik at man har to moduler installert på innløpsbanen. BC (Bag conditioner) og BAC (Bag Airfill Checker). BC gjevner ut posen slik at innholdet blir godt distribuert i posen. Dette fører til at innholdet holdes vedlike når den beveger seg igjennom BAC. BAC påfører et jevnt trykk på posen, trykket BAC påfører varierer utifra posens dimensjoner. Dette er for å få en nøyaktig måling av høyden. I posens reise mellom BAC blir det gjennomsnittlig gjort 60 målinger. Dette er for å se om det er varians fra da posen går inn i BAC til den går ut. Viser det seg å være en tydelig differanse i høyde, blir posen blåst av samlebåndet slik at den ikke blir inkludert i pakkemaskinen. Dette har BAC omlag 0.5 sekunder på å gjennomføre. Virkningsgraden til dagens løsning går i parallell med posens størrelse, jo større posen er, desto mer nøyaktig resultater gir BAC. Jo mindre posen blir, desto mindre nøyaktig resultater blir produsert.



Figur 2.1: Nådagens oppsett

## 2.3 KRAVSPESIFIKASJONER

Gruppen startet tidlig med å gjennomgå hva slags krav Tronrud Engineering har til produktet som skal leveres. Kravene til modulen dreier seg mye om prestasjon og design. I samarbeid med ekstern veileder kom gruppen frem til disse kravene.

- Modulen **bør** klare å analysere 120 poser i minuttet for lekkasje.
- Modulen **bør** klare å detektere lekkasje på minimum 2mm på baksiden av posen.
- Modulen **skal** kunne håndtere alle type snacksposer ut ifra spesifikasjonene til Tronrud.
- Modulen **bør** kunne monteres på eksisterende samleband som er 305mm bred.

Tabell 2.1: Krav versjon 1.0

Etter første presentasjon fikk gruppen mye god tilbakemelding og innså at disse kravene ikke er tilstrekkelige. For å effektivt kunne teste produktet opp mot kravene i senere tid er det viktig at kravene er spesifikke og kvantifiserbare.

ID	Beskrivelse	Grad	Mål
1	Modulen skal klare å analysere 120 snacksposer per minutt på samleband i kontinuerlig bevegelse.	A	$\geq 120$ p/min
2	Analysen skal detektere om det finnes lekkasje i sømmsiden av snacksposer med hull som har en minimum diameter på 2mm.	A	2% feilmargin
		B	1% feilmargin
3	Modulen skal ha egenskapen til å analysere lekkasje i alle pose-størrelser i henhold til Tronrud sine spesifikasjoner.	A	En pose
		B	Alle poser

Tabell 2.2: Krav versjon 1.1

I første utkast av kravene, som man ser i figur 2.1 mangler gruppen kvantifisering av hvert punkt. Det er spesielt vanskelig å måle seg opp til krav når man ikke har noen spesifikke tall å henvende seg til. Av denne grunn har gruppen valgt å revidere kravene om til noe man kan jobbe mer konkret mot.



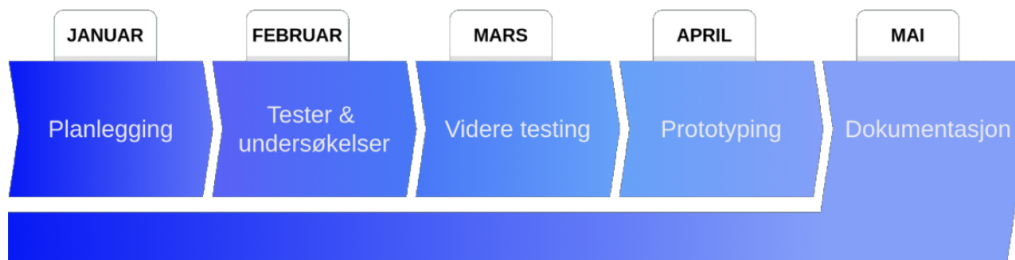
### Beskrivelse

- **A:** Krav for minste brukbare produkt.
- **B:** Kravet er tilfredstilt i høyeste grad.
- **p/min:** poser per minutt, antall poser som modulen analyserer og validerer i løpet av ett minutt.

## PLANLEGGING AV PROSJEKTET

---

### 3.1 OVERORDNET PROSJEKTPLAN



Figur 3.1: Overordnet prosjektplan

Gruppen delte opp prosjektarbeidet i månedlige faser med klare rammer for hva som skulle gjøres. Januar ble satt til planlegging, februar og mars til testing og undersøkelser, april til prototyping og mai til dokumentasjon. Som man kan se i figur 3.1, har dokumentasjonsblokka en hale som strekker seg bakover til starten av prosjektet for å demonstrere at det ble gjort dokumentering underveis under hele prosjektet. I tillegg til dette ble PUKK-hjulet anvendt underveis i hver av fasene.

### 3.2 PUKK-HJULET

Innad i gruppen ble det fulgt en modell som kalles PUKK-hjulet på norsk som kalles PDCA på engelsk (Plan, Do, Check, Act). Dette er en iterativ prosjektmodell [Mette Holan, 2016] hvor enn følger prosessen i PUKK-hjulet for så å kunne gå tilbake til første del av modellen for å videreutvikle eller starte en ny prosess. Dette er hensiktsmessig ettersom det tilrettelegger for kontinuerlig forbedring av prosesser eller systemet til det oppfyller eller overgår forventningene.

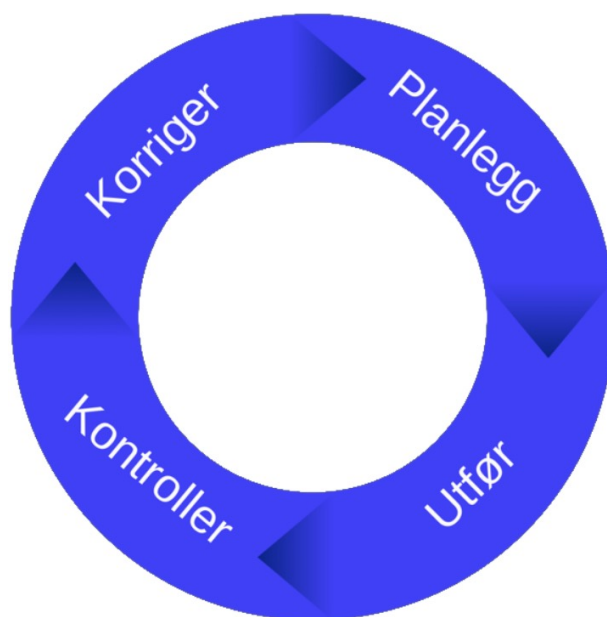
PUKK-hjulet består av fire stadier, hver med sine egne sett med aktiviteter:

1. Planlegg: I denne fasen definerer du problemet, samler inn data og utvikler en plan for forbedring. Denne planen bør inneholde spesifikke mål, tidsplaner og målbare mål. Det er viktig å involvere alle interessenter i planleggingsprosessen for å sikre at alle er samstemte og engasjert i forbedringsarbeidet.
2. Utfør: I denne fasen iverksetter du planen du utviklet i planleggingsfasen. Dette kan innebære testing av den nye prosessen eller systemet, opplæring av ansatte eller å gjøre andre endringer i måten arbeidet utføres på. Det er viktig å dokumentere endringene som blir gjort og logge fremdriften som blir gjort.
3. Kontroller: I denne fasen vurderer du resultatene av forbedringsarbeidet ditt. Dette kan innebære å måle fremgang mot målene du etablerte i planleggingsfasen, samle tilbakemeldinger fra kunder eller ansatte, eller gjennomføre en revisjon for å vurdere overholdelse av standarder. Det er viktig å bruke data for å objektivt kunne evaluere om endringene som ble gjort hadde ønsket effekt.
4. Korriger: I denne fasen handler man basert på resultatene av evalueringen. Hvis resultatene var positive, kan du bestemme deg for å standardisere den nye prosessen eller systemet og rulle den ut i hele organisasjonen. Hvis resultatene var negative, kan du bestemme deg for å finpusse planen og prøve igjen, eller forkaste planen. Det er viktig å dokumentere hva du lærte av prosessen og bruke den kunnskapen i fremtidig arbeid.

### 3.3 UKESPLANLEGGING OG SPRINTER

Måten PUKK modellen ble fulgt i gruppen var at hver dag i uken hadde en fastsatt del av PUKK prosessen.

- Tirsdag: Møter
- Onsdag: Planlegge
- Torsdag: Utføre
- Fredag: Kontrollere og korrigere



Figur 3.2: PUKK-hjulet

Ettersom gruppen hadde møter med både intern og ekstern veileder en gang i uken ble tirsdagen satt til å ta disse og følge opp eventuelle ting som ble tatt opp i løpet av møtene. På onsdagen ble det satt i gang med arbeid som fulgte PUKK modellen. På slutten av uken under kontroller- og korrigerfasene ble det tatt en konklusjon på om arbeidet skulle videreføres til neste uke eller om det kunne ferdigstilles som en delrapport. Dersom videreutvikling måtte til, ble prosessen repetert.

### 3.4 TEST OG ANALYSE

Ved å følge prosjektmodellen ble det gjort totalt 20 tester og analyser (se vedlegg D) som et forarbeid til prototypen, både for å undersøke løsninger til problemstillingen i tillegg til å luke ut eventuelle problemer i forkant av utviklingen. Mer om test og hvordan test fasen ble gjennomført blir forklart i kapittel 7 (Test og verifisering).

## RISIKOANALYSE

---

Risikoanalyse er prosessen med å identifisere, vurdere og prioritere potensielle risikoer som kan påvirke et prosjekt, organisasjon eller system. Et vanlig verktøy som brukes i risikoanalyse er en risikomatrise, som er en visuell representasjon av sannsynligheten og konsekvensen av en risikohendelse. Det er to primære typer risikoer som må vurderes prosjektrisiko og teknisk risiko.

Både prosjektrisiko og teknisk risikoanalyse er viktig for å styre et prosjekt vellykket. Prosjektrisikoanalyse fokuserer på å administrere prosjektledelsesprosessen, mens teknisk risikoanalyse fokuserer på å administrere de tekniske aspektene ved prosjektet. Ved å identifisere og administrere potensielle risikoer, kan prosjektledere minimere risikoens innvirkning på prosjektets suksess, og øke sannsynligheten for å levere prosjektet i tide, innenfor budsjett og til de nødvendige kvalitetsstandardene.[Institute, 2017]

### 4.1 RISIKOMATRISSE

En risikomatrise består typisk av et rutenett med en horisontal akse som representerer sannsynligheten for at en risikohendelse inntreffer, og en vertikal akse som representerer konsekvensen eller virkningen av hendelsen. Sannsynligheten og konsekvensen er ofte rangert som i numerisk skala. Deretter representert i matriseform i underkategorier. I vårt tilfelle: lav(grønn), midt(orange) og høy(rød).

Ved å plote risikoer på matrisen kan organisasjoner identifisere hvilke risikoer som krever mest oppmerksomhet og prioritere risikostyringsarbeid deretter. Risikoer som faller i øvre høyre kvadrant av matrisen (dvs. høy sannsynlighet og høy konsekvens) anses vanligvis som høyeste prioritet og krever umiddelbar handling.

Det er imidlertid viktig å merke seg at risikomatriser bare er ett verktøy i risikoanalyseprosessen og bør brukes sammen med andre risikovurderingsmetoder, som prosjektrisiko og teknisk risiko. I tillegg kan bruken av risikomatriser være subjektiv og avhenge av erfaringen og kunnskapen til de involverte i risikoanalyseprosessen. Bilde under er risikomatrisen:

Konsekvens: Sannsynlighet:	1: Ubetydelig	2: Mindre alvorlig	3: Betydelig	4: Alvorlig	5: Svært alvorlig
5: Svært sannsynlig	5	10	15	20	25
4: Meget sannsynlig	4	8	12	16	20
3: Sannsynlig	3	6	9	12	15
2: Mindre sannsynlig	2	4	6	8	10
1: Lite sannsynlig	1	2	3	4	5

Figur 4.1: Risikomatrise

Høy risiko	Risikoreducerende tiltak skal iverksettes
Medium risiko	Risikoreducerende tiltak skal vurderes
Lav risiko	Risikoreducerende tiltak ikke påkrevd

Figur 4.2: Risikograd

Sannsynlighet på en risikomatrise refererer til hvor sannsynlig det er at en spesifikk risiko vil inntreffe. Dette kan være basert på historiske data, statistikk, ekspertvurderinger eller andre relevante faktorer. Bilde under viser definisjonene på sannsynligheten.

Definisjon av sannsynlighetsgrad	
Sannsynlighetsgrad	
5: Svært sannsynlig	Skjer ukentlig
4: Meget sannsynlig	Skjer månedlig
3: Sannsynlig	Skjer årlig
2: Mindre sannsynlig	Kjenner 1 tilfelle i løpet av en 10-års periode.
1: Lite sannsynlig	Kjenner ingen tilfeller

Figur 4.3: Definisjon på sannsynlighetsgrad

Konsekvenser på en risikomatrise refererer til omfanget av potensielle skader eller tap dersom en risiko inntreffer. Konsekvensene kan inkludere økonomisk tap, skade på omdømme, personskade eller andre negative utfall. Bilde under viser definisjonene på konsekvensgrad.

Definisjon av konsekvensgrad	
Konsekvensgrad	Utfall
5: Svært alvorlig	Prosjektet rakner. Alle tiltak må innføres for å forsette.
4: Alvorlig	Prosjektet stopper. Kritiske løsninger må på plass for å forsette.
3: Betydelig	Prosjektet stagnerer. Tiltak må oppdrives for å fortsette.
2: Mindre alvorlig	Prosjektet blir litt forsinket men minimal innvirkning på sluttresultatet.
1: Ubetydelig	Påvirker ikke prosjektets fremgang

Figur 4.4: Definisjon på konsekvensgrad

## 4.2 PROSJEKTRISIKO

Prosjektrisiko er assosiert med selve prosjektledelsesprosessen, og kan inkludere ting som forsinkelser, kostnadsoverskridelser, omfangskrypning eller feilstyring av interessenter. Prosjektrisikoen analyse innebærer å identifisere potensielle risikoer som kan påvirke prosjektets suksess, vurdere sannsynligheten og den potensielle effekten av disse risikoene, og utvikle planer for å redusere eller håndtere dem.

Risiko ID	Risikoer	Mulig årsak	S	K	R	Risikoreducerende tiltak
PR-	Prosjekt risiko					
PR-001	Planlegg forsinkelse	Uforutsette hendelser, mangelfull planlegging, mangel på ressurser	1	4	4	Implementer en robust prosjektplan, gjennomgå og oppdater den jevnlig, allokere tilstrekkelige ressurser.
PR-002	Kostnadsoverskridelse	Uforutsette hendelser, mangelfull kostnadsestimering, endringer i omfang	1	2	2	Gjennomfør en detaljert kostnadsanalyse, ha en beredskapsplan på plass, gjennomgå og oppdater budsjettet regelmessig.
PR-003	Teknisk feil	Mangel på kompetanse, mangelfull testing, defekt utstyr	2	4	8	Gjennomfør grundige tester, ha backup-planer på plass,
PR-004	Kvalitetsproblemer	Mangelfull opplæring, mangel på ressurser, dårlig utførelse	2	4	8	Iverksette kvalitetskontrolltiltak
PR-005	Helsetilstand og sikkerhetsfare	Mangel på riktige sikkerhetsprosedyrer, utilstrekkelig opplæring, defekt utstyr	2	5	10	Implementer sikkerhetsprosedyrer, gi opplæring, regelmessig inspisere og vedlikeholde utstyr.
PR-006	Kvalitetsrisikoer	Dårlig kvalitet, utilstrekkelig kvalitetskontroll, utilstrekkelig kvalitetsplanlegging	2	5	10	Planlegg for kvalitetskontroll gjennomgå og vurder kvalitetsrisikoer.
PR-007	Ressursmangel	Utilstrekkelige ressurser, utilgjengelighet av nøkkelpersonell	3	4	12	Planlegg ressurskrav på forhånd, allokere backupressurser, involver nøkkelpersonell tidlig i prosjektet.
PR-008	Avhengighetsrisiko	Avhengighet av eksterne faktorer, leverandører eller entreprenører	2	4	8	Identifisere og vurder avhengighetene, etablere beredskapsplaner, overvåke fremdrift av eksterne faktorer regelmessig.
PR-009	Budsjett risikoer	Kostnadsoverskridelser, utilstrekkelig budsjettering, utilstrekkelig finansiering	1	3	3	Planlegg for et realistisk budsjett, gjennomgå og vurder regelmessig budsjettets risiko, ha beredskapsplaner på plass.
PR-010	Planlegge risikoer	Forsinkelser, forlenkede tidslinjer, tapte tidsfrister	1	4	4	Planlegg for en realistisk tidsplan, gjennomgå og vurder regelmessig tidsplanrisiko, ha beredskapsplaner på plass.
PR-011	Prosjektledelsesrisiko	Mangelfull prosjektledelse, dårlig prosjektplanlegging, kryp i prosjektomfang	1	4	4	Planlegg for prosjektledelse, jevnlig gjennomgå og vurder prosjektledelsesrisikoer.

Figur 4.5: Prosjektrisiko

## 4.3 TEKNISK RISIKO

Teknisk risiko er knyttet til de tekniske aspektene ved et prosjekt, for eksempel design, utvikling og implementering av et nytt produkt eller system. Teknisk risikoanalyse innebærer å identifisere potensielle tekniske risikoer som kan påvirke prosjektets suksess, for eksempel designfeil, teknologiske begrensninger eller problemer med leverandører eller entreprenører. Teknisk risikoanalyse innebærer også å vurdere sannsynligheten og den potensielle effekten av disse risikoene, og utvikle planer for å håndtere eller redusere dem. Hoveddokument for teknisk risiko ligger vedlagt i appendix A.

Risiko ID	Risikoer	Mulig årsak	S	K	R	Risikoreducerende tiltak
TR-	Teknisk risiko					
TR-001	Utbrent motor	Overoppheting	2	4	8	Implementer termiske beskyttelsesenheter, overvåk jevnlig ytelsesmålinger.
TR-002	Overdreven vibrasjon	Mekaniske eller elektriske problemer	2	4	8	Inspiser og vedlikehold motorkomponenter regelmessig, bruk vibrasjonsdempende materialer.
TR-003	Motorfeil	Siltasje, utilstrekkelig smøring	1	5	5	Følg anbefalte vedlikeholdsplaner, overvåk ytelsesmålene.
TR-004	Elektrisk sjokk	Feilfungerende elektriske komponenter eller eksponert ledning	1	4	4	Sørg for riktig jording, regelmessig inspeksjon og vedlikehold av ledninger og elektriske komponenter.
TR-005	Brann på motor	Kortslutning, overoppheting	1	5	5	Implementer termisk beskyttelsesutstyr, regelmessig inspeksjon og vedlikehold av elektriske systemer.
TR-006	Motor støvforurensning	Vibrasjon, utilstrekkelige støvreduserende tiltak	1	4	4	Bruk vibrasjonsdempende materialer, implementer lydisoleringsiltak.
TR-007	Motorfeiljustering	Utilstrekkelig installasjon eller dårlig vedlikehold	1	5	5	Bruk presisjonsjusteringsverktøy og -teknikker, regelmessig inspeksjon og vedlikehold av justering.
TR-008	Motor Forurensning	Støv, smuss eller avfallsakkumulering	1	4	4	Regelmessig inspeksjon og rengjøring av motorkomponenter, bruk av beskyttelsesdeksler når det er mulig.
TR-009	Strømvavbrudd	Strømbrydd, spenningsfluktasjoner	1	5	5	Implementer backup-strømkilder, bruk spenningsstabilisatorer.
TR-010	Overbelastning	Strømsjokk eller spenningsspikes	1	5	5	Bruk spenningsregulatorer eller overspenningsvern, implementer backup-strømkilder.
TR-011	Elektrisk interferens	Elektriske signaler fra andre utstyr eller kilder	1	4	4	Implementer avskjermingsteknikker, følg anbefalte plasserings- og avstandskrav.
TR-012	Vannskade	Inntrenging av vann i motorområdet	1	5	5	Beskytt motoren med vannette deksler eller kabinetter, regelmessig inspeksjon og vedlikehold.
TR-013	Elektrisk støt	Kontakt med levende elektriske deler, skadet ledningsnett eller utstyr, eller feilaktig ledningsnett.	1	4	4	Riktig jording og isolasjon, bruk av beskyttelsesutstyr, jevnlig inspeksjon og vedlikehold av elektrisk utstyr og ledningsnett.
TR-014	Elektriske branner	Overbelastning av elektriske kretser, skadet ledningsnett eller isolasjon, eller bruk av brennbare materialer nær elektrisk utstyr.	1	5	5	Riktig utforming og installasjon av elektriske kretser, jevnlig inspeksjon og vedlikehold av elektrisk utstyr og ledningsnett, bruk av ikke-brennbare materialer nær elektrisk utstyr.
TR-015	Kabelskade	Fysisk skade eller siltasje, eksponering for elementene, eller feil installasjon.	1	5	5	Riktig kabelinstallasjon og ruting, jevnlig inspeksjon og vedlikehold, bruk av kabelbeskyttere og strekkavlastning.

Figur 4.6: Teknisk risiko



## TEKNIKKER FOR Å IDENTIFISERE OG KVANTIFISERE LEKKASJER

---

Evnen til å nøyaktig detektere og måle luftlekkasjer i snacksposer er viktig for å opprettholde kvaliteten til produktet. I dette kapitlet vil gruppen utforske de ulike metodene som for øyeblikket er tilgjengelige for å detektere og måle luftlekkasjer i snacksposer.

Det finnes flere teknikker som kan brukes til dette formålet, inkludert trykksensorer, visuell inspeksjon, ultralydsensorer, gassensorer og infrarøde sensorer. Hver av disse teknikkene har sine egne fordeler og ulemper, og den spesifikke teknikken eller teknikkene som brukes, vil avhenge av kravene og begrensningene til systemet.

Gruppen vil begynne med å diskutere prinsippene bak hver av disse teknikkene og hvordan de kan brukes til å detektere og måle luftlekkasjer i snacksposer. Deretter vil gruppen undersøke styrkene og begrensningene til hver teknikk, samt forholdene der de er mest effektive.

### 5.1 TRYKKRULLER

Konseptet er å bruke ruller for å skape trykk på snacksposene. Dagens løsning bruker et bånd som presser ned på posene. Ett problem med dette er at det er fare for å forsegle eventuelle hull med båndet. Ved å bruke ruller har man ikke dette problemet da man har et mellomrom mellom rullene.

#### 5.1.1 Verifiseringskategorier

##### 5.1.1.1 Arealbruk

Dette konseptet vil ta minimalt med plass i bredden, da det kan bli montert over eller på innløpsbåndet. Lengden av dette systemet kan variere men det baserer seg på kontinuerlig trykk, så det er fare for at systemet blir langt.

##### 5.1.1.2 Virkningsgrad

Dette systemet er et enkelt konsept da ideen går ut på at man trykker med vekt. Om trykk er nok vil dette systemet ha en høy virkningsgrad.

Virkningsgraden som ble gjort tester av kan ses i vedlegg D.14.

### 5.1.1.3 Pris

En enkel ide men for å få det til å fungere optimalt, er det en fare for at det blir mange deler. Flere deler og økende kompleksitet kan gjøre at dette systemet blir dyrt.

### 5.1.1.4 Produserbarhet

Designet er tenkt at man har det så enkelt som mulig men at funksjonen kommer først. Igjen så vil dette systemet kreve en del bevegelige deler som kan bli krevende å produsere.

### 5.1.1.5 Monteringstid

Mange deler kan føre til at dette systemet vil få en lengre monteringstid. Men med et smart design kan dette reduseres. Dette vil igjen kreve endel utvikling.

### 5.1.1.6 Vedlikehold

Systemet består av mange ruller og bevegelige deler som vil bli slitt med tiden. Det er et høyt volum av poser som skal igjennom maskinen. Dette krever at det er jevnlig service på maskinen.

## 5.2 GASSMÅLING

Sensorene kan plasseres utenfor pakken, i omgivelsene. Hvis det er en lekkasje i posen, vil gassen inni posen slippe ut i omgivelsene, og gass-sensoren vil detektere dette. Igjen, ved å analysere dataene fra sensoren, er det mulig å bestemme om det er lekkasje på posen.

Sensorene kan brukes i kombinasjon med andre teknikker, som høydemåling eller andre metoder. For eksempel, hvis høyden på posen er betydelig utenfor normal høyde, kan dette være et tegn på at det er et hull i pakken. Ved å analysere dataene fra gasssensoren i kombinasjon med dataene fra høydemåling, kan det være mulig å nøyaktig bestemme om posen er defekt eller ikke.

For å bruke gassensorer i detektering av lekkasjer i snackspakking er det viktig å kalibrere sensorene nøye og sørge for at de fungerer korrekt. Det kan også være nødvendig å velge sensorer som er sensitive nok til å detektere den spesifikke typen gass som brukes i pakkingen.

### 5.2.1 Verifiseringskategorier

#### 5.2.1.1 Arealbruk

Elektrokjemiske oksygensensorer er mye brukt på grunn av kompakte størrelse og høye følsomhet, noe som gjør dem ideelle for en rekke bruksområder. Disse sensorene brukes vanligvis i bærbare enheter og stasjonære systemer for å oppdage tilstedeværelsen av oksygen.

#### 5.2.1.2 Virkningsgrad

Elektrokjemiske oksygensensorer er svært effektive og nøyaktige når det gjelder å oppdage oksygenkonsentrasjoner. De har en rask responstid og kan oppdage oksygenkonsentrasjoner så lave som 0,1% opp til 100%.

#### 5.2.1.3 Pris

Kostnaden for elektrokjemiske oksygensensorer varierer avhengig av faktorer som design, nøyaktighet, følsomhet og holdbarhet. elektrokjemiske oksygensensorer er relativt kostnadseffektive.

### 5.2.1.4 Produserbarhet

Å produsere elektrokjemiske oksygensensorer er en relativt enkel prosess, men kvaliteten på materialene og produksjonsprosessen kan påvirke sensorytelsen og påliteligheten. Det er viktig å samarbeide med en anerkjent produsent for å sikre best mulig kvalitet.

### 5.2.2 Monteringstid

Monteringstiden for elektrokjemiske oksygensensorer er vanligvis kort og grei, selv om kvaliteten på monteringen kan påvirke sensorytelsen og påliteligheten.

#### 5.2.2.1 Vedlikehold

Vedlikehold er nødvendig for å sikre nøyaktigheten og påliteligheten til elektrokjemiske oksygensensorer. Kalibrering kan være nødvendig for å sikre nøyaktige avlesninger. Det er viktig å følge produsentens retningslinjer for vedlikehold og kalibrering for å sikre optimal sensorytelse.

## 5.3 SCHLIEREN METODEN

Schlieren-metoden [Harvard, 2023] er en teknikk som brukes for å visualisere små endringer i brytningsindeksen til et medium. Den brukes ofte for å visualisere fluidstrøm, tetthetsgradienter og temperaturgradienter.

I Schlieren-metoden sendes en lysstråle gjennom det mediumet som undersøkes, og et kamera brukes for å ta et bilde av lyset mens det går gjennom mediumet. Endringer i brytningsindeksen til mediumet vil føre til at lyset deflekteres, noe som resulterer i en forvrengning av bildet. Ved å analysere forvrengningen, er det mulig å trekke slutninger om egenskapene til mediumet.

Schlieren-metoden har flere anvendelser, inkludert visualisering av fluidstrøm i ulike ingeniør- og vitenskapelige sammenhenger. Den har også blitt brukt i studiet av atmosfæriske fenomener, som dannelse av skyer og refraksjon av lys i atmosfæren.

### 5.3.1 Opptikkbasert Schlieren

Denne teknikken anvender et konkavt speil med lang brennvidde for å fokusere en lyskilde på en lysblokk ( gjerne et barberblad). Rett bak lysblokket står et kamera som ser på objekter rett foran speilet i testområdet. Ved endringer på brytningsindeksen på luften i testområdet bøyes lyset som treffer kameraet. Lyset som bøyes mot lysblokket blir mørkere i kameraet og visa versa.

En annen måte man kan konsentrere lyset på er ved hjelp av konvekse linser. Ved bruk av disse bøyes lyset sånn at det går rett frem og gjennom en ny linse for å konsentrere det på et lysblokk likt som ved bruk av speil.

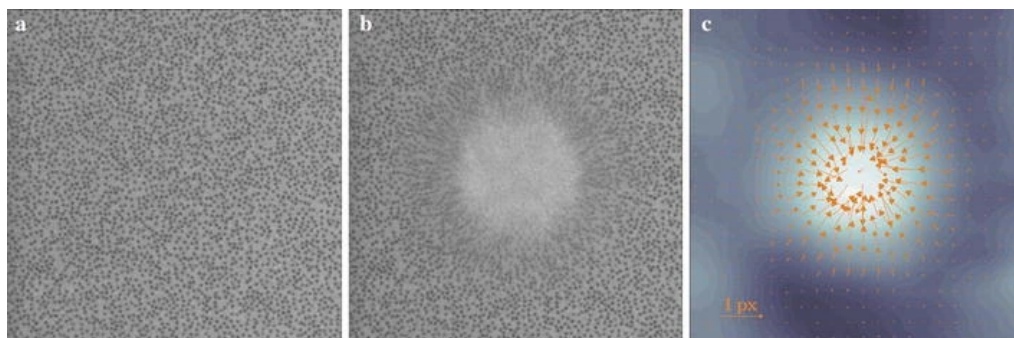
I stedet for lysblokk kan man også bruke lysfiltre med forskjellige farger. Når dette blir brukt vil lyset endre farge utifra hvilken retning lyset bøyes. Dette kan også kombineres med lysblokk hvor da filmen settes opp like etter lyskilden i systemet.

### 5.3.2 Bakgrunnsorientert Schlieren (BOS)

Denne teknikken kan anvendes uten speil og ble først beskrevet i publiseringer fra år 2000, den ble da kalt “syntetisk schlieren” [Dalziel et al., 2000].

Den bakgrunnsorienterte schlieren teknikken er basert på relasjonen mellom den refraktive indeksen av en fluid og dens densitet, gitt av Lorentz-Lorenz ligningen [Raffel, 2015].

Små blenderåpninger brukes vanligvis til BOS opptak. Dette øker behovet for bakgrunnsbelysning, men forminsker avbildningsproblemer som sfæriske og kromatiske objektiv-avvik [Raffel, 2015].



Figur 5.1: Bakgrunnsmonster opptak a) før og b) like etter en tetthetsvariasjon ble brakt inn i strømmen ved hjelp av plasma tenning; c) vektorplott av forskyvningskorrelasjonen mellom begge innspillingene; grå skalaer representerer den radielle komponenten av forskyvningsvektoren [Raffel et al., 2011].

### 5.3.2.1 Fordeler

En slipper å bruke speil.

### 5.3.2.2 Ulemper

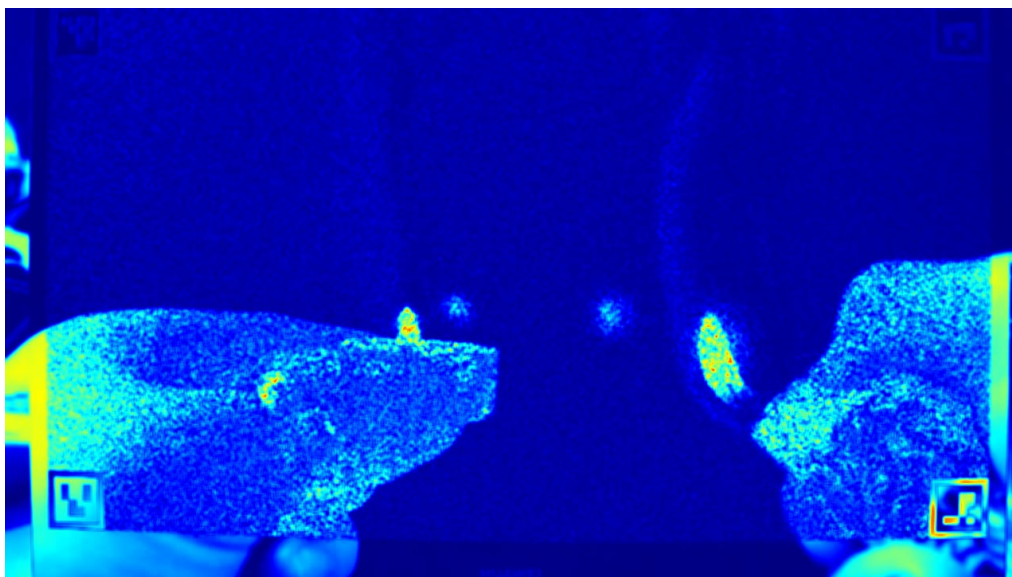
Den største ulempen med denne teknikken i forhold til den speilbaserte er at prosesseringsbehovet er en del høyere.

I tillegg er bildefokuset alltid på bakgrunnen og motivet vil dermed alltid ha en viss uklarhet.

## 5.3.3 Verifiseringskategorier for optikkbasert Schlieren

### 5.3.3.1 Arealbruk

Dette systemet vil mest sannsynlig bli ganske stort. Dette er fordi man bruker optiske avstander som man må stille opp etter et kamera.



Figur 5.2: BOS testet med en laptop som bakgrunn. Canon EOS550D ble brukt til å ta videoen som deretter ble prosessert i python ved hjelp av OpenCV pakken.

### 5.3.3.2 Virkningsgrad

Dette systemet kan være bra for å finne lekkasjer på stasjonære objekter, men kan bli en utfordring når testobjektet beveger seg <sup>1</sup>.

### 5.3.3.3 Pris

Man må ha linser som er laget kunne for dette. Dette kan fort bli dyrt, ellers er systemet relativt priseffektivt.

### 5.3.3.4 Produserbarhet

Dette systemet er fullt mulig å produsere og vil ikke være for teknisk komplisert.

### 5.3.3.5 Monteringstid

For at dette systemet skal fungere optimalt, må vinkler og avstander være riktig. Dette kan kreve en del for å justere riktig.

<sup>1</sup>Ved å teste konseptet ble det funnet at Schlieren metoden ikke fungerer for vårt brukt da tetthetenforskjellen mellom omgivelsesluften og luften i posen ikke er stor nok, se D.4.

### 5.3.3.6 Vedlikehold

Dette systemet vil være enkelt å vedlikeholde da det er få bevegelige deler, men man må sørge for at linsene holder seg rene.

## 5.3.4 Verifiseringkategorier for bakgrunnsorientert Schlieren

### 5.3.4.1 Arealbruk

Ved bruk av BOS vil man ha et mindre systemt da man ikke er avhengig av å ha riktig lengder mellom speilene samt at man slipper speil.

### 5.3.4.2 Virkningsgrad

Dette systemet kan være bra for og finne lekkasjer på stasjonære objekter, men kan bli en utfordring når test objektet beveger seg.<sup>2</sup>

### 5.3.4.3 Pris

Dette systemet er kostnadseffektivt da det ikke krever stort av utstyr. Man må ha et kamera og en bakgrunn som er tilpasset til systemet. Det som vil koste penger er programvaren til systemet da den vil ta tid å utvikle og forbedre.

### 5.3.4.4 Produserbarhet

Dette systemet krever lite mekaniske elementer og vil derfor være enkelt å produsere.

### 5.3.4.5 Monteringstid

Systemet består av svært få deler og vil enkelt kunne bli montert på innløpebåndet.

### 5.3.4.6 Vedlikehold

Dette systemet vil så og si være vedlikeholdsfritt.

---

<sup>2</sup>Ved å teste konseptet ble det funnet at Schlieren metoden ikke fungerer for vårt bruk da tetthetsforskjellen mellom omgivelsesluften og luften i posen ikke er stor nok, se D.4.



## 5.4 ULTRASONISKE SENSORER

Ultrasoniske sensorer [MaxBotix, 2023] kan brukes til å måle lekkasjer i snackspakking ved å detektere endringer i posehøyden. Disse sensorene bruker lydbølger for å måle avstanden til en overflate, og ved å kontinuerlig måle avstanden til overflaten av posen, kan det være mulig å detektere endringer i pose høyden.

For å bruke ultralydsensorer til å måle lekkasjer i snackspakking, vil sensorene bli installert på utsiden av pakningen. Sensorene vil deretter kontinuerlig måle avstanden til overflaten av posen og sammenligne den med en normal-måling. Hvis tykkelsen på posen reduseres betydelig, kan dette være et tegn på at det er hull i posen.

Ved å analysere dataene fra ultralydsensorene over tid, kan det være mulig å bestemme plasseringen og størrelsen på lekkasjen. Dette kan involvere å bruke maskinlærings-algoritmer eller andre teknikker for å analysere dataene og gjøre en vurdering.

Det er verdt å merke seg at ultralydsensorer kanskje ikke er den mest effektive teknikken for å detektere veldig små lekkasjer i snackspakking. De er mer sannsynlig å være effektive for å detektere større lekkasjer. I tillegg er det viktig å kalibrere sensorene nøye for å sikre at de fungerer riktig.

### 5.4.1 Verifiseringkategorier ultrasoniske sensorer

### 5.4.2 Arealbruk

Dette systemet vil kreve noe plass men vil mest sannsynlig bare trenge plass over båndet.

### 5.4.3 Virkningsgrad

Virkningsgraden her avhenger av presisjonen til sensoren man tar i bruk.

### 5.4.4 Pris

Ultrasoniske sensorer som er gode nok til dette kan fort bli svært dyrt.

### 5.4.5 Produserbarhet

Systemet i seg selv kan gjøres enkelt og trenger ikke å bestå av mange deler. Da det er sensorene og programvaren som gjør jobben.

### 5.4.6 Monteringstid

Med få deler vil dette systemet være raskt å sette opp.

### 5.4.7 Vedlikehold

Dette systemet vil så og si være vedlikeholdsfritt. Utfordringen her blir å holde sensorene rene over tid.

## 5.5 RØYKMASKIN

Om man legger press på posene med et hull i seg vil gassen i posen bli presset ut gjennom hullene. Tanken med røyk da er at man har en konstant strøm med røyk over posen, om det da er hull vil trykket ut fra hullet dytte røyken vekk fra overflaten og forstyrre luftstrømmen. Denne forstyrrelsen kan da detekteres ved bruk av kamera og maskinlæring.

### 5.5.1 Verifiseringskategorier

#### 5.5.1.1 Arealbruk

For å lage røyken trenger man egen væske.[Pecor, 2023] Da kun vanndamp ikke skaper stor nok kontrast. Dette vil ta en del plass. Systemet i seg selv trenger ikke å være stort men beholder for væsken vil gjøre at systemet må ta opp noe plass utenfor innløpsbåndet.

#### 5.5.1.2 Virkningsgrad

Problemet med dette konseptet er at det er mange bevegelige deler på innløpsbåndet. Disse bevegelige delene skaper turbulens som kan forstyrre luftstrømmen over posene. Dette vil føre til at systemet må være innelukket for å forhindre disse forstyrrelsene men fortsatt så vil innløpsbåndet ikke kunne isoleres fra røyken.

#### 5.5.1.3 Pris

Man må ha en egen væske for å lage røyken, denne må fylles på og vil bli en fast kostnad ved et slikt system. Systemet må lage damp som krever varme som igjen krever strøm.

#### 5.5.1.4 Produserbarhet

Systemet vil kreve spesialbraketter som fort kan bli dyrt. Det vil også kreve pumper og kompliserte systemer for å regulere væskeinnholdet i dampen.

#### 5.5.1.5 Monteringstid

Dette systemet vil bestå av mange deler og slanger. Om man designer systemet bra kan det være enkelt å montere men fortsatt tidkrevende.

### 5.5.1.6 Vedlikehold

Når man har et system som er avhenging av varme og slanger samt en egen type væske, er det mange ting å ta hensyn til. Man må ha en planlagt vedlikeholdsrutine på et system som dette.

## 5.6 TERMISK KAMERA

Under pakking av posene vil de ha en omtrentlig temperatur opp til 50 grader celsius på innsiden <sup>3</sup>. Temperaturen på omgivelsene kan være opp til 30 grader. Denne temperatur gradienten på rundt 20 grader kan muligens benyttes til å detektere hull i posen ved å presse på posen og overvåke med termisk kamera som teoretisk kan vise den luften som lekker ut av posen. Dette kan kombineres med maskinlæring for å få et godt grunnlag om hvordan bildet fra det termiske kameraet er for normalen til poser som er tette og sammenligne denne normalen mot de posene som går gjennom og plukke ut de posene som viser en unormal tilstand i bildet.

---

<sup>3</sup>Det ble etter møter med ekstern veileder funnet ut at dette ikke alltid er tilfellet og at posens innhold kan i visse tilfeller ha samme temperatur som omgivelsene.

## 5.6.1 Verifiseringskategorier

### 5.6.1.1 Arealbruk

Et kamera montert på innløpsbåndet vil ta lite plass. Et slikt system krever lite plass men man må tenke på strømkabler og signalkabler som også vil ta sin plass.

### 5.6.1.2 Virkningsgrad

Om man får til maskinlæringen vil dette systemet kunne være effektivt. Men da det er avhengig av en temperatur forskjell vil det variere med omgivelsene.

### 5.6.1.3 Pris

Prisen avhenger av ønsket nøyaktighet på kameraet. Temperatur gradient mellom posens innhold og fabrikkens omgivelser vil derfor avgjøre mye her. Dette kan variere fra produsent til produsent og må vurderes ut ifra behov.

### 5.6.1.4 Produserbarhet

Veldig simpelt system som krever lite egenproduserte deler.

### 5.6.1.5 Monteringstid

Raskt og enkelt da det er kun et kamera som er nødvendig.

### 5.6.1.6 Vedlikehold

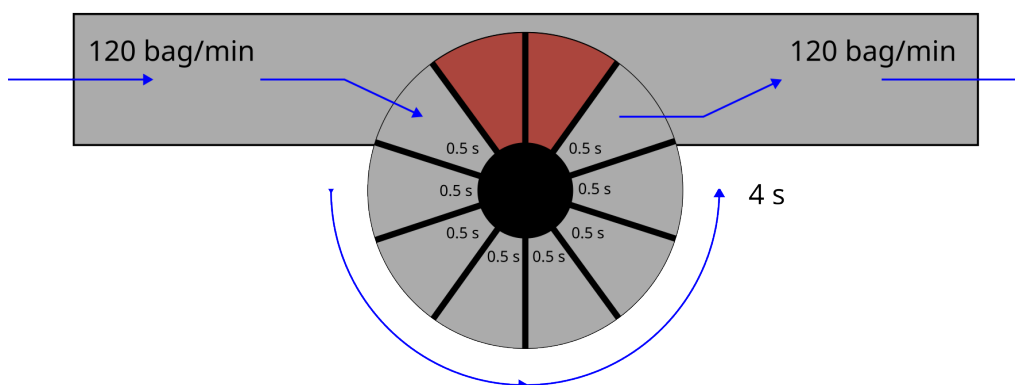
Kameralinsen må holdes ren.

## 5.7 KARUSELL

Posene overføres fra båndet og inn i en karusell mekanisme som snurrer rundt og kommer ut igjen på andre siden av karusellen. Dette vil gi en mer tid til å utføre tester på posene. Hvis for eksempel karusellen har ti rom for snacks vil dette gi en maskin som tar 120 poser i minuttet og en løpebåndsfart på 60m/min, 5 sekunder på å teste en snacks pose i en situasjon hvor alle plasseringene blir brukt som i praksis kan bli vanskelig som en kan se på figur 5.3.

Ved å kombinere denne karusellen med en trykk mekanisme for å trykke på posen vil denne ha nok tid til å utføre testen ved et hull på minimum 2mm at en kan sette opp en sensor som overvåker høydeforskjellen på posen for å kunne gi en konklusjon om posen har hull eller ikke.

Dette kan da kombineres med en algoritme opplært til å kjenne igjen poser som det ikke er hull på, alle avvik som ikke følger normalen kastes eller så kan en måle høydeforskjell i start punkt og en gang til ved slutt punktet for så å sammenligne disse verdiene.



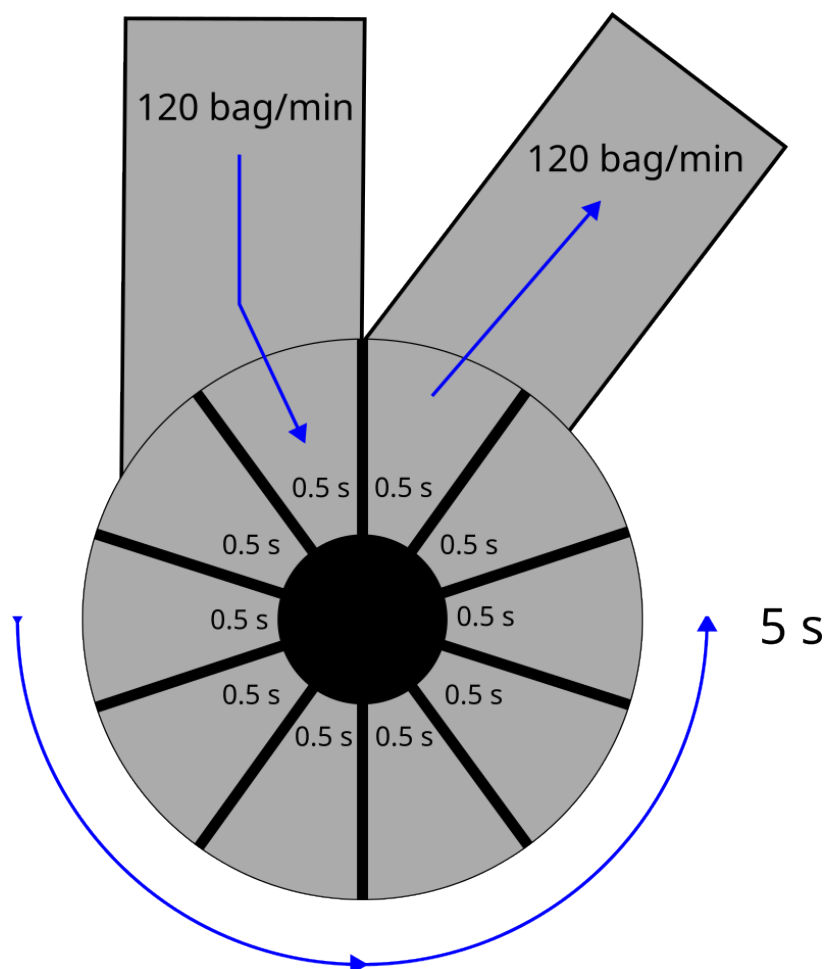
Figur 5.3: Karusell som gir mer tid til å teste posene.

Karusell konseptet kan også implementeres med andre lekkasje deteksjons metoder som for eksempel gass sensorer.

### 5.7.1 Forhåndsidentifiserte problemer

#### 5.7.1.1 Kinetisk rotasjonsenergi

Rotasjon gir en kinetisk energi til posen ut fra kammeret. Mens den ikke er under press vil dette være et problem da posen kan bli kasta ut av



Figur 5.4: Karusell som gir mer tid til å teste posene med et annet oppsett av førebånd.

mekanismen. Dette kan også brukes som en fordel når posen skal ut og videre på samlebandet.

Dette problemet krever en teoretisk analyse og beregning. Videre kan en se ut fra den teoretiske analysen hva som skal til for å løse problemet.

#### 5.7.1.2 Midtmontert motor

Dersom karusellen er tung vil den midtstilte motoren få problemer med oppstart av karusellen. Dette kan motvirkes ved å bruke tannhjul på ytterkanten av karusellen som motoren driver den fra. Eventuelt kan en se på å drive karusellen av friksjon fra samlebandet.

### 5.7.1.3 Plass

Plass er hovedproblemet med denne mekanismen, denne mekanismen må stå utenfor innløpsbåndet. Dette kan være negativt med tanke på mindre produksjonslokaler.

## 5.7.2 Konklusjon

Dette er en god mekanisme dersom lekkasjedeteksjons-metoden krever at posen er stillestående.

## 5.7.3 Verifiseringskategorier

### 5.7.3.1 Arealbruk

Dette systemet tar opp mye plass på gulvet.

### 5.7.3.2 Virkningsgrad

En slik mekanisme har potensiale for å gi en veldig høy virkningsgrad siden den gir lenger tid til testing og denne kan forlenges med å forstørre den mer, men dette går igjen ut over plassen.

### 5.7.3.3 Pris

Kan bli stor og dyr. I tillegg må det utvikles et system for å detektere lekkasjene som tillegg til prisen, da denne mekanismen ikke detekterer men gir mer tid.

### 5.7.3.4 Produserbarhet

Forholdsvis greit å produsere, dette blir igjen påvirket av hvilken lekkasje deteksjons metode monteres.

### 5.7.3.5 Monteringstid

Kommer an på størrelse en velger å sette på mekanismen.

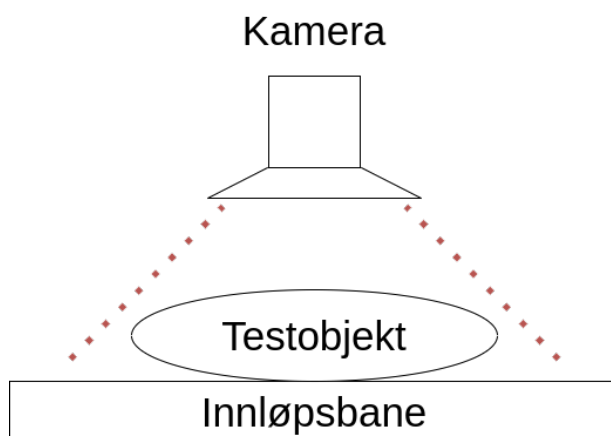
### 5.7.3.6 Vedlikehold

Noen lager som må smøres i denne mekanismen, ellers lite.



## 5.8 BILDEGJENKJENNING

En annen idé gruppen har undersøkt er bildegjenkjenning. Slik du ser i figur 5.5 er hvordan et sânt type system ville ha blitt satt opp. Gruppen tar utgangspunkt i at leser har en grunnleggende forståelse for hva maskinlæring er. Det er også verdt å nevne at gruppen har ikke satt av tid til å trene opp ett eget nettverk, dette har blitt konkludert med at vil ta for lang tid.

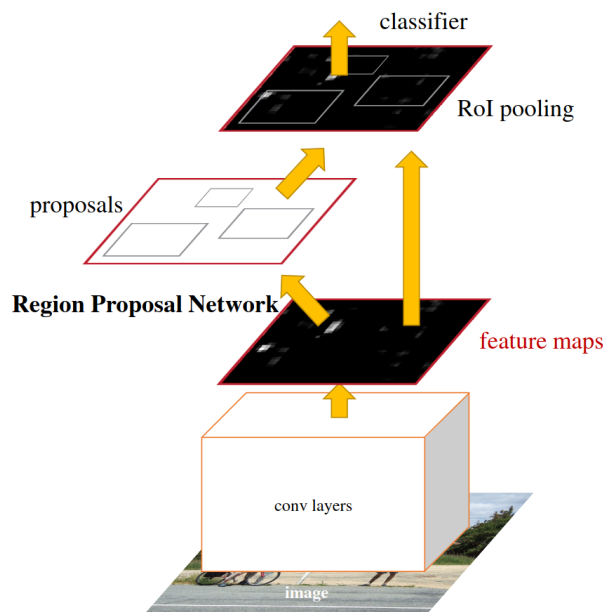


Figur 5.5: Oppsett

Det finnes utallige mange forskjellige typer bildegjenkjenningsmodeller man kan bruke, og disse modellene kan kategoriseres som følger; forslags-basert (også kjent som Region Proposal Network), og forslags-fri [Hsu et al., 2018]. En forslags-basert modell vil iterere igjennom bildet, i tidlige iterasjoner vil det bli gjort grovere estimater av det som blir kalt for interesse-regioner. over flere iterasjoner vil modellen finjustere på disse estimatene og levere en endelig konklusjon av resultater. Dette gjøres sammen med segmentering. En forslags-fri modell derimot baserer seg på å trekke en konklusjon på første iterasjon, uten segmentering. Det er fordeler og ulemper med begge alternativene. En forslags-basert modell vil være mer nøyaktig, men krever mer prosesserings kraft og bruker lenger tid. En forslags-fri løsning derimot tilbyr motsatt effekt, raskere resultater på bekostning av nøyaktighet. Videre i dette delkapittelet skal det sammenlignes ulike type modeller, og konkluderes med om det kan være aktuelt å følge opp videre. Det er viktig å påpeke at tema dette omhandler er *small object detection* [Wikipedia, 2023], og kan by på diverse utfordringer.

### 5.8.1 Faster R-CNN

Faster R-CNN (Regionbased Convolutional Neural Network) er en bildegjenkjenningsmodell som tar nytte av RPN (Region Proposal Network) arkitekturen, det er dette som gjør denne modellen til en forslags-basert model. Modellen er en senere etterkommer av R-CNN og Fast R-CNN som bruker RPN arkitekturen i en CNN modell. RPN deler bildekonvolusjonelle *features* [Pang et al., 2023] med deteksjonsnettverket, dette legger til rette for nesten kostnadsfri region-forslag. Det er helt konvolusjonelt, så i tillegg til å forutsi objektets lokasjon i bildet vil det også kunne komme frem til objektets relevans i kontekst. [Ren et al., 2015]



Figur 5.6: Strukturen til Faster R-CNN [Ren et al., 2015]

Datasets Metrics	PASCAL VOC2017	COCO	ILSVRC
R-CNN	54.2	24.6	31.4
Fast R-CNN	66.9	35.9	24.9
Faster R-CNN	75.1	42.5	46.9

Tabell 5.1: The mAP(%) of R-CNN, Fast R-CNN and Faster R-CNN on three datasets

	R-CNN	Fast R-CNN	Faster R-CNN
Test time per image	47 seconds	2 seconds	0.2 seconds
Speed up	1x	23.5x	235x

Tabell 5.2: The test time per image of R-CNN, Fast R-CNN and Faster R-CNN

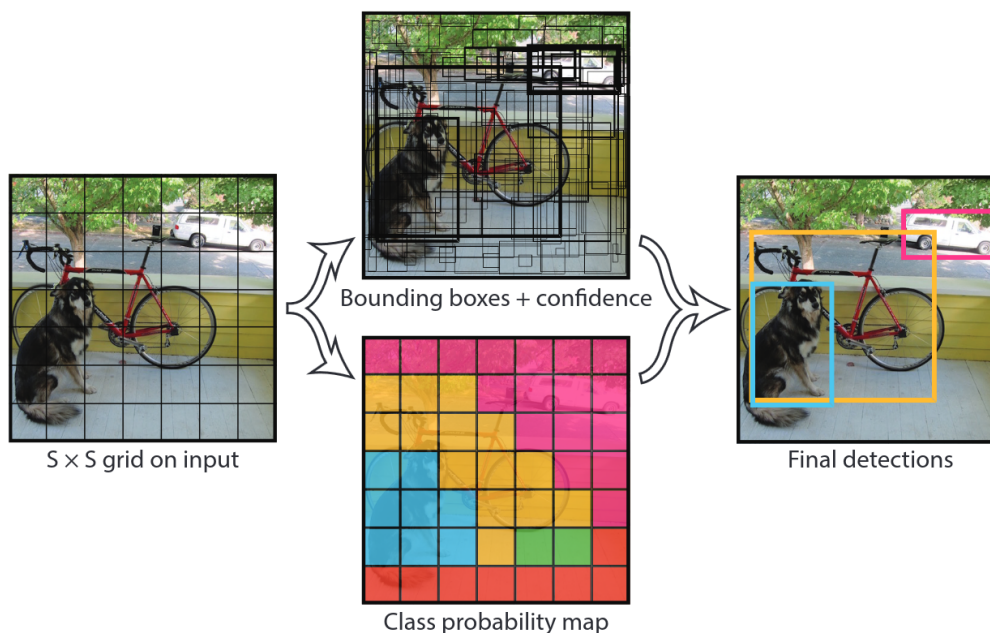
Tabell 5.1 og 5.2 er hentet fra [Li, 2021]. Det er en analyse av ytelsen til de eksisterende R-CNN modellene testet på diverse standardiserte tester. De viktigste parameterene til et bildegjenkjenningssystem i vårt tilfelle vil være hastighet og nøyaktighet. Man ser fra tabell 5.2 at Faster R-CNN klarer å klassifisere objekter på 0.2 sekunder. Dette tilfredsstillende våre tidsrammer på innløpsbanen, det som blir problematisk med denne modellen er nøyaktigheten for *small object detection*. I RPN-laget vist i figur 5.6, blir input-bildet delt i ~2000 segmenter. Når enn skal detektere objekter som opptar en liten prosentandel av bildet har gruppen en hypotese om at dette kan bli en stor utfordring. Grunnlaget for det er nettopp denne segmenteringen av bildet. Faster R-CNN aksepterer ulike bildestørrelser, men har et minimumkrav på 600 piksler, og maksimum 1000 [Gauen, 2023]. Med segmentering av generelt lite data (piksler) for å analysere, anses denne modellen som en risiko å gå videre med da gruppen er usikre på om tap av data vil oppstå. D.15.

### 5.8.2 YOLO

YOLO serien har i lenger tid vært blant de mest populære modellene når det kommer til industrielt bruk av bildegjenkjennings-modeller. I motsetning til R-CNN, tar ikke YOLO for seg å segmentere bildene før interesse-regioner blir avdekket, men tar heller for seg bildet i sin helhet. Det er dette som gjør denne modellen til en forslagsfri modell.

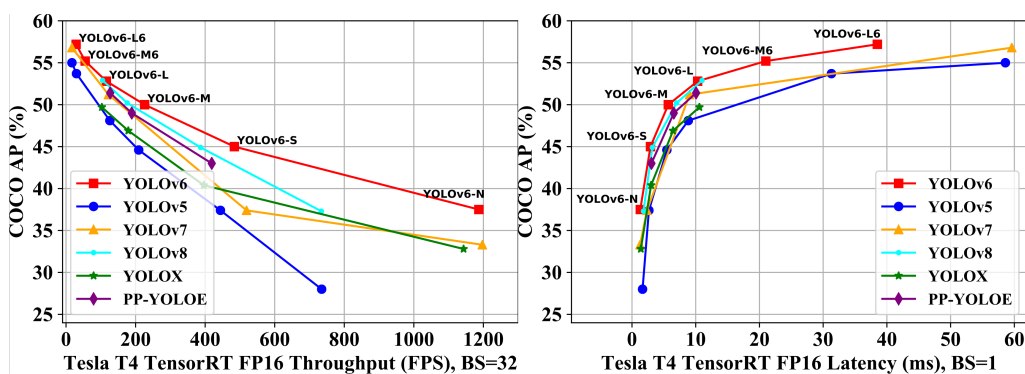
Før bildet blir analysert av YOLO, blir det behandlet. Som for eksempel å justere størrelsen til rette dimensjoner, interpolasjon og eventuelt normalisering av piksler. Deretter går bildet videre til bildeklassifisering. Hele bildeklassifiserings prosessen er vist i figur 5.7. Det starter med å dele opp bildet i ett rutenett hvor hver celle er ansvarlig for å anta objektet innenfor sine rammer. For hver celle skaper YOLO det den kaller for *bounding box*. Basert på selvsikkerheten til modellen blir overlappende *bounding boxes* eliminert og den med størst sannsynlighet står igjen. Dette gjøres med en Non-Maximum Supression (NMS) algoritme. Helt til slutt blir dette slått

sammen med *class probability map* og YOLO konkluderer med en prediksjon.



Figur 5.7: Klassifisering [Redmon et al., 2015]

I figur 5.8 ser man noen av YOLO modellene målt opp mot hverandre. Den som kommer best ut er en av de nyere versjonene og heter YOLOv6 laget av meituan [Li et al., 2022].



Figur 5.8: YOLO sammenligning [meituan, 2023]

Som en ser i figur 5.9, greier YOLOv6 å klassifisere nesten alle ansiktene i bildet. Inkludert dem som opptar en minimal andel av den totale størrel-



Figur 5.9: YOLOv6 i aksjon [meituan, 2023]

sen. Denne modellen har blitt trent opp på COCO (Common Objects in Context) sine datasett [Lin et al., 2014].

### 5.8.3 Konklusjon

Ut i fra resultatene vist i figur 5.9 antar gruppen at det skal være fullt mulig å trene opp en lignende modell for å detektere hull på  $\sim 2\text{mm}$ . Det som kan vise seg til å være en utfordring blir hull som er lokalisert på obskure steder omringet av tekst og illustrasjoner. Gruppen har dessverre ikke hatt tid eller mulighet til å teste det i praksis, men oppfordrer å se nærmere på det. Det kan være vanskelig å bruke dette som et selvstendig system, for utifra dialog med Tronrud Engineering viser det seg at selv om de fleste hull forekommer på sømmsiden av snacksposen, kan det også oppstå andre plasser. Det vil si plasser som kameraet ikke kan se, som vist i figur 5.5.

En annen aktuell faktor er at det fleste former for lekkasje forekommer av det som blir kalt chip in seam. Det vil si en eller flere chips som har lirket seg fast i sømmen under pakkeprosessen. Disse bildegjenkjenningsmodellene er veldig kresne på hva de aksepterer. Siden Tronrud Engineering sin fabrikktest består av å stikke 2mm hull i sømmsiden av snacksposene, er modellen nødt til å bli trent opp til både å detektere chip in seam samtidig som 2mm hull.

## SAMMENLIGNING

---

Pugh matrise er en metode for å sette forskjellige ideer opp mot hverandre, i vårt tilfelle skal vi bruke pugh matrisen til å finne ut hvilke konsepter som kan være fordelaktig å gå videre med. Måten dette gjøres på er ved å sette opp flere faktorer som er til felles for de forskjellige konseptene. Hvert konsept får da en vurdering fra 1-10 utifra hvor godt de gjør i den kategorien. Man sammenligner da på poengsummen på konseptene og man går videre med de som er høyest. Enkelte av kravene kan ha høyere betydning og vil derfor vektlegges høyere.

### 6.1 PUGH MATRISE

Figur 6.1 viser hvordan gruppen tror de forskjellige konseptene kan fungere. Det er vanskelig å få testet alle punktene fysisk. Denne tabellen viser derfor det gruppen antar kan stemme for systemet. Virkningsgrad er høyere vektet da det ønskes å teste om det er praktisk mulig. Matrisen er ikke ment som en fasit men en indikasjon på hvilken metoder som kan være verdt å ta en nærmere titt på.

	Trykkrolle	Gassmåling	Schlieren metoden	Ultrasonisk sensor	Røykmaskin	Termisk kamera	Karusell med trykk	Bildegjenkjenning
Kategori	Poeng 1-10							
Bruk av areal	8	8	8	9	4	10	3	10
Virkningsgrad	9	8	9	7	3	1	8	5
Pris	7	5	5	1	4	2	5	6
Produserbarhet	7	6	7	1	5	10	6	10
Monteringstid	7	6	7	8	5	10	6	10
Vedlikehold	6	8	7	8	4	8	6	10
Sum	53	49	52	42	28	42	42	56

Figur 6.1: Pugh Antatt

## 6.2 VURDERINGSPUNKTER

### 6.2.1 Utnyttelsesgrad av areal

Dette punktet fokuserer på hvor mye plass konseptet bruker. Det er en fordel å ha et konsept som sparer mest mulig plass.

### 6.2.2 Virkningsgrad

En viktig faktor er at maskinene greier å detektere feilene den er designet for å finne.

### 6.2.3 Pris

En løsning som er priseffektiv vil her gi en høy poengsum. Selv om konseptet løser et problem må det fortsatt være mulig å rettferdiggjøre økonomisk.

### 6.2.4 Produserbarhet

Det er hensiktsmessig at konseptene er mulig å produsere på en industrialisert metode. Konsepter som i stor grad kan bruke standarddeler og som er enkle å framstille vil gi høyt utslag her.

### 6.2.5 Monteringstid

Det er en fordel at ting er enkelt å montere slik at produktet kan komme raskt i bruk.

### 6.2.6 Vedlikehold

Når produktet er operativt ønsker man at det kan gå lang tid før det trenger vedlikehold. Vedlikehold som skal bli gjort må enkelt kunne utføres.

## 6.3 OPPDATERT MATRISE

Etter informasjon ble samlet på de forskjellige metodene ble matrisen oppdatert. Det er ingen store endringer på matrisen utenom virkningsgraden på oksygen sensor, schlieren og maskinlæring. Man ser da på matrisen i figur 6.2 at trykkroller er metoden som kommer best ut. Det er verdt å nevne at maskinlæring kommer nesten like bra ut med en vesentlig lavere virkningsgrad. Med en mer dataorientert gruppe ville dette vært noe gruppen hadde lagt mer fokus på, da det er mulig at virkningsgraden kunne blitt forbedret.

	Trykkrolle	Gassmåling	Schlieren metoden	Ultrasonisk sensor	Røykmaskin	Termisk kamera	Karusell med trykk	Bildegjenkjenning
Kategori	Poeng 1-10							
Bruk av areal	8	8	8	9	4	10	3	10
Virkningsgrad	9	5	3	7	3	1	8	3
Pris	7	5	5	1	4	2	5	6
Produserbarhet	7	6	7	1	5	10	6	10
Monteringstid	7	6	7	8	5	10	6	10
Vedlikehold	6	8	7	9	4	8	6	10
Sum	53	43	40	42	28	42	42	52

Figur 6.2: Pugh etter informasjons innhenting



## TEST- OG VERIFISERINGSPROSESS

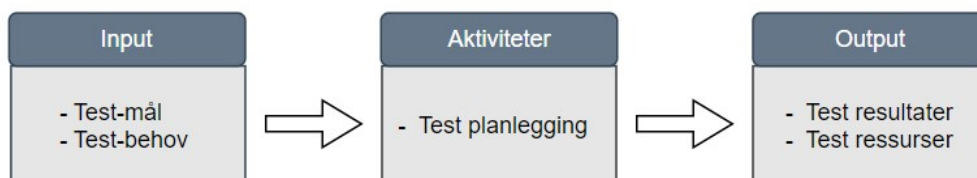
---

### 7.1 OVERSIKT

Test er en omfattende del av prosessen i prosjektet som brukes til å verifisere systemet underveis. Når en del av systemet har blitt testet er det viktig å opprettholde en god kommunikasjon med stakeholderne og de involverte for å kunne sjekke om tilsvarende krav er oppfylt. Det vil si at når en test blir utført må det verifiseres for å sjekke at prosjektgruppen er på riktig spor og systemet skal gjøre det som er spesifisert. Testfasen går ut på å foreta målinger og betraktninger som er nødvendige for å verifisere om systemkravene og spesifikasjonene kan oppfylles og tilfredsstilles. I denne del av rapporten blir det forklart om hvordan testfasen har blitt planlagt og gjennomført sammen med verifisering.

### 7.2 TESTANALYSE

Testanalyse innebærer prosessen med å vurdere testgrunnlaget. Ettersom prosjektet har et mål i å designe og utvikle en modul som analyserer chips-poser for lekkasje, må prosjektet teste og verifisere alle spesifikasjoner for å kunne finne om modulen er bygd og designet i henhold til kravene. Testfasen starter med å definere et test-mål deretter planlegge for hvordan kan test gjennomføres og til slutt føre resultatene. Ved faseanalyse er det nødvendig å først ha en generell kunnskap om hva kravene og spesifikasjonene til stakeholderne er så det er enklere å vite hva konseptet skal testes mot.



Figur 7.1: Diagram for test analyse[Walden et al., 2015]

### 7.2.1 Kravanalyse

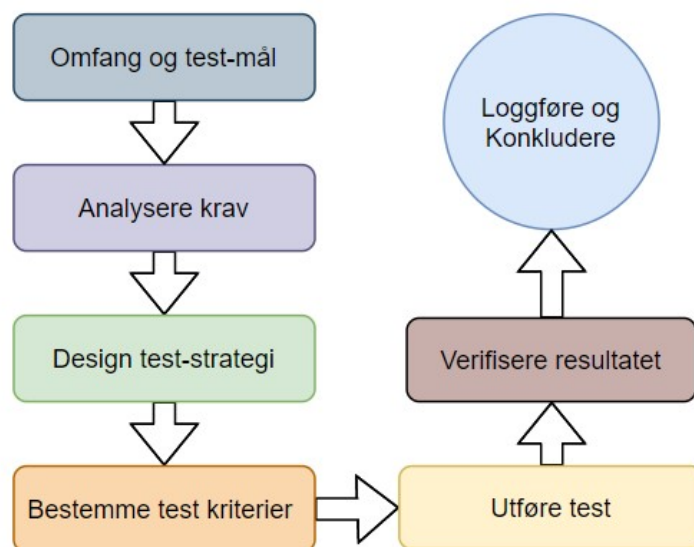
Kravanalyse gir grunnlag for testplan og prosjektplan. Det er denne prosessen som bestemmer hva forventningene til systemet er fra brukernes perspektiv. Disse bør være kvantifiserbare og detaljerte på en måte hvor disse kan bli testet og verifisert. Det er nødvendig for prosjektgruppen å starte å samle både kravene og spesifikasjonene fra oppdragsgiver for å finne funksjonelle hovedkrav til systemet og deretter ytterligere designvalg som også inkluderer funksjonelle og tekniske krav på et undernivå. Tekniske krav er de spesifikasjonene for hvordan systemet skal bygges for å oppnå ønsket systemfunksjonalitet. Kravene som vi har kommet til enighet med Trondrud var hovedsakelig de kravene som ble fokusert gjennom hele prosessen. Fra disse kravene har prosjektgruppen fått bestemt designvalgene til systemet for å gi de ønskede funksjonaliteter. Hvert konsept som prosjektgruppen jobbet med ble testet med hensyn til disse hovedkravene for å sikre at det som ble gjort eller bygget er det alle involverte ville oppnå. [Gadmade, 2023]

## 7.3 TESTPLAN

Som dokumentert i industriets standard IEEE 829 for «software and system test documentation»: En testplan er et dokument som skisserer omfang, målenene og ressursene som kreves for å teste et system. [mammoth ai.com, 2023]

«A testplan is a document that outlines the strategy for ensuring that a product or system is built in accordance with its specifications and requirements.» [IEEE829, 2008].

Gjennom prosjektprosessen er det viktig å teste og verifisere systemet for å avgjøre om kravene blir oppfylt. I testfasen er det viktig å ha en testplan som beskriver omfanget og aktivitetene som er involvert i testprosessen. Figur 7.2 viser de forskjellige faser prosjektgruppen går gjennom i testplanen. Fullstendig testplanen er vedlagt i appendiks B og den inneholder alt fra hvordan systemet blir testet for å tilfredsstille kravene, til utvikling av konseptene. Testplanen er en viktig del av prosjektplanen som prosjektgruppen har jobbet med i hver ukes sprint og som sørger for at det meste av den tekniske delen blir testet og verifisert.



Figur 7.2: Diagram for testplan.[Hamilton, 2023]

## 7.4 VERIFISERING OG VALIDERING

Verifisering er prosessen for å sjekke om testresultatene har oppfylt kravene og at systemet bygges til riktig funksjonalitet. Det er kriterier som må verifiseres for hver test som blir utført og disse bestemmer om testen blir godkjent eller ikke godkjent. [Sols, 2014]

Til verifiseringprosessen har det blitt brukt en sporbarhetmatrise for å sørge for at alle testene blir samlet på ett sted. Det gjør det lettere for prosjektgruppen å holde styr på tester som har blitt gjort og kravene som har blitt fulgt opp. Sporbarhetmatrisen ligger vedlagt i appendiks C. Alle tester som er referert i sporbarhetsmatrisen ligger vedlagt i appendiks D.

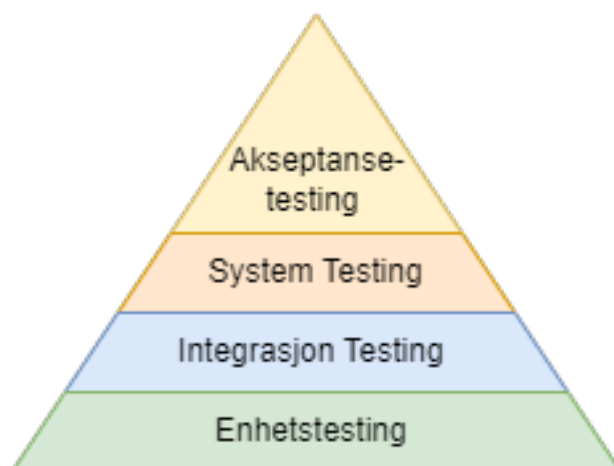
Til validering skal systemet ha fått alle de funksjonelle egenskapene som vil oppfylle stakehordenes spesifikasjoner. Når systemet blir bygget skal dette derfor verifiseres av kunden for den tiltenkte funksjonaliteten for å avgjøre at systemet er fullstendig og at alle kravene har blitt forstått og behandlet riktig. Siden prosjektmodellen vår gir en kort iterativ prosess, så har vi brukt ukentlig sprinter for å validere og verifisere både det tekniske og det akademisk arbeid sammen med veiledere og oppdragsgiver.

En veldig viktig del i disse prosessene er prototypen. Gjennom prosjektet har det blitt laget forskjellige revisjoner av prototypen som har blitt testet og verifisert; dette sikrer for at systemet fungerer og gjør det som er tiltenkt.

Med prototypen bygges et system som blir testet og deretter produserbart.

## 7.5 TESTHIERARKI

Testhierarkiet viser kartlegging, identifisering og organisering av de ulike komponentene og delkomponentene i systemet i testfasen. Testhierarkiet er basert på systemarkitektur og alle testene som har blitt utført i løpet av prosjektet. Formålet med testhierarkiet er å visualisere hva som har blitt testet med hensyn til systemets arkitektur og vise hvordan det har blitt kommet frem til nye tester. Det hjelper også å forstå forholdet mellom de ulike komponentene og at de er integrert riktig. Inspirasjonen med hierarkisk testing i kombinasjon med system arkitektur kommer fra Work Breakdown Structure (WBS) metoden som er referert etter i PMBOK"[PMI, 2017]. WBS er en leveringsorientert hierarkisk nedbrytning av arbeidet som må utføres av prosjektgruppen. Dette innebærer prosessen med å dele opp prosjektleveransen i mindre og mer håndterbare komponenter. Dette har prosjektgruppen tatt for seg og har delt opp systemet slik at det har blitt startet fra enhetstesting helt til aksept testing som kommer etter system testing når alle komponentene og delsystemer har blitt integrert i ett og mer komplekst system. Disse er ulike faser eller nivåer i hierarkiet som prosjektgruppen har gått gjennom i testfasen som er vist i figur 7.3. Fasene har fra testing av enkle komponenter til systemtesting som da visualiserer hele testhierarkiet.

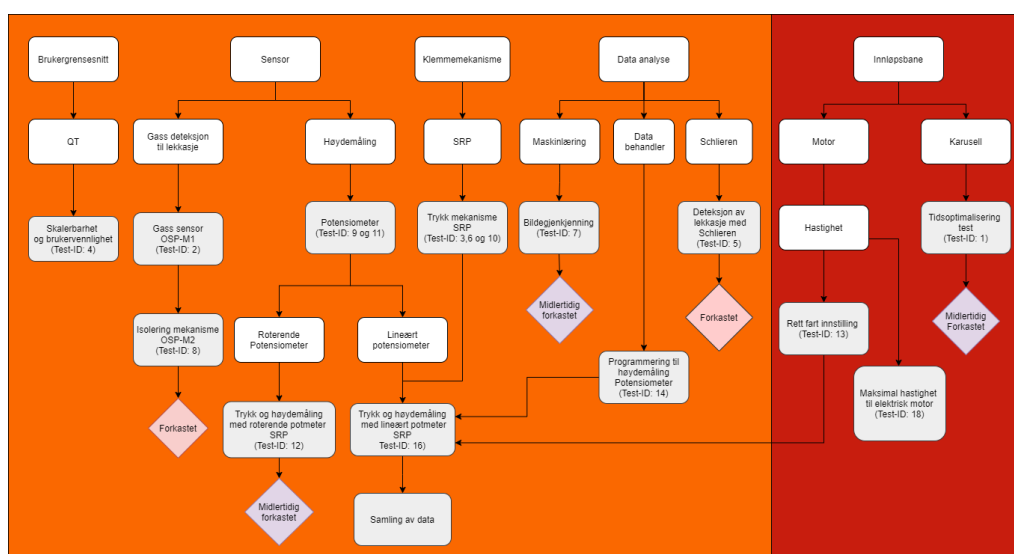


Figur 7.3: Testhierarkiet og ulike nivåer i fasen

- **Enhetstesting:** Enhetstesting er det første nivået i testhierarkiet. Det innebærer testing av enkelte komponenter eller moduler i systemet for å verifisere om disse kan tilfredsstillere kravene eller ikke. Etter planlegging og forskning, er enhetstesting det første som ble gjort i systemutvikling. Prosjektgruppen startet med å teste de individuelle komponenter i programvaren og maskinvaren. Med enhetstesting kunne prosjektgruppen se grunnlaget til selve systemutvikling og dermed bygge opp en mer kvalifisert løsning som passer best og oppfyller funksjonelle kravene.
- **Integrasjon Testing:** Integrasjonstesting kommer etter enhetstesting og er andre nivået i testhierarkiet. Det innebærer test av dataflyt fra en modul til en annen modul eller sammenspill mellom dem. Dette kan hjelpe med å indentifisere eventuelle funksjonelle feil mellom komponentene eller om de integrerte komponentene oppfyller kravene. Integrasjons testing har vært den delen hvor alle partene har implementert sin del til å lage en integrert modul. Og her har prosjektgruppen jobbet mer sammen for å se dataflyten mellom komponentene.
- **Systemtesting:** Systemtesting er tredje og nest siste nivået i testhierarkiet. Her blir hele systemet testet som en enhet og blir verifisert slik at den oppfyller både funksjonelle og tekniske krav. Da blir dataflyten sjekket fra ende til ende og alle integrerte komponentene blir testet samtidig slik at modulen fungerer som den skal. Denne delen skjer når prosjektgruppen har bygget ferdig hele systemet og da kjøres modulen som en system test.

- **Akseptansetesting:** Akseptansetesting er siste og fjerde nivå i hierarkiet. Her er prosessen nesten lik som system testing, men her verifiseres om alle kravene og spesifikasjoner er oppfylt for levering. Denne test blir utført av End-User eller i dette tilfelle blir oppdragsgiveren som ga de spesifikasjonene.

Blokk diagram vist i figur 7.4 viser testhierarkiet. Hvor det ble startet fra enhetstesting og deretter til integrasjonstest eller test av flere komponenter samtidig.



Figur 7.4: Testhierarki og oversikt av alle testene som ble utført til prototypen.

## 7.6 TEST DOKUMENT

### 7.6.1 Enhetstesting

#### 7.6.1.1 Test-ID: 1

**Tittel:** Karusell til tidsoptimalisering.

**Test Rapport:** Ingen test rapport.

**Status:** Forkastet.

**Beskrivelse:** En mekanisme for å gi modulen mer tid til å analysere chipsposer for lekkasje.

**Akseptkriterier:** Karusellen kan monteres på 305mm førebånd og kan håndtere alle posestørrelser.

**Konklusjon:** Dette kan være en god mekanisme dersom testene som utføres i karusellen krever at posene er stillestående og når det blir en hastighet på samlebånd kan det bli litt utfordrende å utføre disse testene.

#### 7.6.1.2 Test-ID: 2

**Tittel:** Oksyngengass-sensor for nitrogen lekkasje i chipsposene.

**Test Rapport:** D.1.

**Status:** Bestått.

**Beskrivelse:** Den elektrokjemiske oksygensensor er brukt til å detektere om det er nitrogen lekkasje i chipsposene. Denne sensor blir testet ved å plassere nær posen mens posen med hull blir presset.

**Akseptkriterier:** Sensor er egnet til å detektere små nitrogen lekkasjer fra chipsposene i nær avstand.

**Konklusjon:** Den elektrokjemisk oksygen sensor er et pålitelig verktøy for å måle konsentrasjonen av oksygen i forskjellige gasser. Resultatene av testen viser sensorens evne til å oppdage endringer i oksygenkonsentrasjon over tid når nitrogengassen blir blåst ut av chipsposen. Tilstedeværelse av nitrogen i chipsposen har ikke en direkte effekt på reduksjonen i oksygen-

konsentrasjonen. I tillegg så kan målingen bli påvirket av andre gaser og avstand fra chipsposen.

#### 7.6.1.3 Test-ID: 3

**Tittel:** SRP (Super Rulle Prototype) funksjonstest.

**Test Rapport:** D.2.

**Status:** Bestått.

**Beskrivelse:** Målet med denne testen er å verifisere at SRP fungerer som tenkt på en chipspose som har en betydelig lekkasje. Det vi ser på er høyden før og etter posen har vært igjennom rullen. Vi skal også se på om det er fare for at poser sprekker ved bruk av rullen. Konseptet er å bruke malings ruller som er plassert etter hverandre, hver av disse rullene vil trykke på posen. Metoden som disse malings rullene presser på posen skal lett kunne justeres med å laserkutte forskjelligemekanismer.

**Akseptkriterier:** Rullene skal være montert på samlebandet og snacksposene kjøres vellykketgjennom mens det blir lagt press på dem. Måling kan gjøres enkelt ved å observere bevegelsen til rullene med kamera. Sensorer kan vurderes av elektro etter at denne testen er gjort og vurdert som vellykket.

**Konklusjon:** Vi kom fram til at det vi har laget fungerer som tenkt, men at vi må passe på at rullene ikke står for nærme hverandre og ikke for langt unna. Så videre må vi endre på avstanden på rullene og muligheten for å justere trykket de presser med.

#### 7.6.1.4 Test-ID: 4

**Tittel:** QT brukergrensesnitt.

**Test Rapport:** D.3

**Status:** Bestått.

**Beskrivelse:** Målet med denne undersøkelsen er å finne et godt alternativ til en grafisk løsning for produktet. Det er viktig for kunden at produktet kan enkelt monitoreres og vise resultater.



**Akseptkriterier:** For at undersøkelsen skal bli akseptert må løsningen tilby sømløs integrasjon av sensor data, brukervennlighet og være skalerbart.

**Konklusjon:** Det konkluderes med at QT er den beste løsning. Det finnes andre alternativer, men de er ikke like intuitivt. QT tilbyr skalerbarhet da det er enkel å sammenkoble enheter, UI's og applikasjoner med native C++. Og en pluss er at i QT Create har man mulighet til å bruke et enkelt visuelt design verktøy samtidig som man programmerer backenden, noe som gjør det veldig enkel.

#### 7.6.1.5 Test-ID:5

**Tittel:** Schlieren metoden.

**Test Rapport:** D.4

**Status:** Ikke bestått.

**Beskrivelse:** Forskjellen i tettheten mellom vanlig luft og nitrogengassen i chipsposen vil være mulig å visualisere ved hjelp av Schlieren-metoden etter som det vil være forskjell i brytningsindeksen i mediet. Her blir det regnet ut eller testet hvorvidt Schlieren er en gjennomførbar måte å avdekke hull i chipsposer.

**Akseptkriterier:** Det er mulig å se nitrogen ved hjelp av Schlieren.

**Konklusjon:** Når forskjellene i tettheten mellom nitrogenet og luften rundt er så små som de er, vil det være for vanskelig å avdekke hull ved hjelp av Schlieren. Det er så vidt ingen grunn til å gå videre med dette konseptet etter beregninger. Se gjerne test-rapporten.

#### 7.6.1.6 Test-ID:6

**Tittel:** Forbedringer i SRP-A1 og D1 til revisjon A2 og D2.

**Test Rapport:** D.5.

**Status:** Bestått.

**Beskrivelse:** I denne testen vil det bli gått gjennom de forbedringene som

ble funnet nødvendige fra test D.2 (SRP funksjonstest). Forbedringene som skal utføres er beskrevet i rapporten. Innløpsbåndet som brukes til testingen har en hastighet på 120m/min som er det dobbelte av kravet fra Tronrud på 60m/min.

**Akseptkriterier:** Det blitt gått mellom flere kriterier for å forbedre mekanismen til SRP. Siden det er to type mekanismer til SRP, A1 og D1 er disse delt i flere kriterier. For A1 blir:

- Forbedring av bevegelse skal oppnås. Låsemuttere skal være montert på alle bolter som roterer.
- Alle bevegelige deler har fått en forbedring som misnker friksjon.
- Det skal være mulig å teste mekanismen med forskjellig masse. Derfor skal det designes inn en plate eller lignende slik at vekter kan enkelt tas av og på ved behov.
- Det skal være undersøkt om flere fjørerforbedrer mekanismen, hvis de gjør det, skal de designes inn i mekanismen og monteres.

For D1 blir:

- Under testing skal ikke posene bli dyttet i mellom rullene. Om rullene klarer 10 kjøringar uten tegn til at posen vil gå i mellom rullene er testen vellykket.
- Målet er nådd om alle rullene blir plassert på en felles plate slik som SRP-A1.
- Målet er vellykket om SRP-D1 fungerer med fjører. Som vil si at rullene skal dytte ned på posene med kraft fra fjøringen.
- Det skal være mulighet for å justere fjørene uavhengig av hverandre. om det er mulig og justere kraften fjørene dytter rullene med blir målet sett på som vellykket.

**Konklusjon:** For den første delen som er revisjon A2, ble mekanismen testet med poser og det viste seg at ingen sprakk. Mekanismen er mer stabil og solid enn tidligere. Det er fortsatt noe friksjon i systemet men det er vanskelig å unngå med limtre. Dette fungerer godt nok som en prototype og blir det gjort mer forbedringer. For den andre delen som er revisjon D2 fungerte fjøringen som ønsket og posene beveget seg ikke på oversiden av

rullene. Det som blir tatt med videre fra denne testen er at man kan øke trykket på fjerene slik at man muligens får presset mer luft ut av en defekt pose. Videre testing med variert fjertrykk skal gjøres med en for måling.

#### 7.6.1.7 Test-ID:7

**Tittel:** SBG (Super Bilde Gjenkjenning) posedetektering med OpenCV.

**Test Rapport:** D.6.

**Status:** Ikke bestått.

**Beskrivelse:** Lage et Haar cascade som kan brukes til å fortelle et program hva det skal se etter i en videostrøm.

**Akseptkriterier:** Et program skal klare å finne chipsposer i en videostrøm ved hjelp av treningssettet. For at dette skal kunne vurderes må treningssettet som blir produsert være i stand til å hjelpe et program med å finne poser i videoer.

**Konklusjon:** Da det har blitt brukt omtrent ti forsøk på å lage et tilfredstillende treningssett uten hell, vurderes det som nødvendig å forkaste dette konseptet.

#### 7.6.1.8 Test-ID:9

**Tittel:** Potensiometer-høydemåler.

**Test Rapport:** D.8.

**Status:** Bestått.

**Beskrivelse:** Høyden av snacks poser blir målt for å sjekke om det er nok luft eller nitrogen gass inn i posene og det ikke er lekkasje. Det gjøres ved å se høydeforandring med en bestemt posestørrelse. Potensiometrene består av en motstand med en glidende kontakt som kan dras over lengden til motstanden. Da vil en forskyvning av den elektriskglidende kontakt være en forandring i resistans og dermed en forandring i høyde. Så dermed blir dette testet med en potensiometer.

**Akseptkriterier:** Ved bruk av en potensiometer kan en høyde forandring på minimum 23mm bli målt ved å måle spenningsforandring ut av potensiometer med Arduino Mega.

**Konklusjon:** Høyden eller i dette tilfelle forskyvningen, er avhengig av pose størrelsen. Og det som potensiometeret klarer å måle maksimal avhenger av lengden til skyvestang hvis det er lineær potensiometer eller avhenger av diameter til roterende aksel hvis det er en rotasjonspotensiometer. Diameter til akselen av potensiometer kan fikses mekanisk, og det kan bli lagt til et tannhjul med en større diameter eller legge til en mekanisme hvor radius fra midtpunktet av akslingen til dreiepunktet er større enn 2cm langt, så da kan en størreforskyvning bli lest. Sammen med en mekanisk oppsett vil høyden kunne måles og eventuell få data som er viktig for å detektere om det er lekkasje i snacksposene. Men hvor nøyaktig blir målingen når det blir testet med posene står fortsatt uklart, derfor vil disse sensorene testes flere ganger med samme målingen for å sjekke nøyaktighet og repeterbarhet.

#### 7.6.1.9 Test-ID:10

**Tittel:** Tidsberegninger (massetrykk).

**Test Rapport:** D.9.

**Status:** Bestått.

**Beskrivelse:** I denne testen skal det ses på hvor lang tid det tar og tømme volumet på en chipspose ved hjelp av vekter. Vi skal plassere vekter fra 0.75 til 11 kg på posen. I rekkefølgen 0.75kg 2kg 4kg 6kg 8kg 11kg. Målet for denne testen er å se hvor lang tid det tar å tømme en chipspose med et hull på 2mm i diameter. Det skal bli brukt variert mengde vekt på posen for å se hvor stor innvirkning vektene har. Disse resultatene skal også sammenlignes med manuelle beregninger for å se om det er en korrelasjon mellom fysiske og utregnede resultater.

**Akseptkriterier:** Testene blir sett på som vellykket om vi får dokumentert tiden det tar å tømme posen med vekt fra 0.75kg til 11kg.

**Konklusjon:** Det vi har fått ut av denne testen er data på hvor mye vekt vi trenger for å få ønsket volumendring på posen, når den går gjennom systemet. Disse dataene kan man bruke på et senere tidspunkt, da man har et mer komplett system. Vi ser at beregninger og faktisk testing ikke er helt

riktig, grunnet at det teoretiske og det faktiske volumet ikke helt stemmer. Dette er fordi vi har regnet posen som et kvadrat. På grunn av posenes mer ovale form har de et mindre volum en beregnet. Dette har vi prøvd å ta høyde for ved å lage en konstant faktor, samt å trekke fra volumet til innholdet i posen. Ved å bruke dette kommer vi ganske nærme testverdien med utregnet verdi. Det er også flere faktorer som kan spille inn, som temperatur og utformingen på hullet luften strømmer ut fra.

#### 7.6.1.10 Test-ID:11

**Tittel:** Linearitet og hysteresetest til høydemåling med potensiometer.

**Test Rapport:** D.10.

**Status:** Bestått.

**Beskrivelse:** Potensiometer blir testet og analysert for lineæritet og hysteresetest å sjekket for repeterbarhet. For å teste dette skal et lineært potensiometer bli brukt. Det blir gjort flere gjentatte målinger i de samme forholdene for å sjekke repeterbarhet og det blir gjort beregninger for å se forholdene mellom teoretiske og praktiske resultater for linearitet og hysteresetest.

**Akseptkriterier:** Akseptkriteriet i denne testrapporten blir å få en repeterbarhet på rundt  $\pm 2.5\%$  av hele spekteret. Dette er bare en tilnærming og kan derfor forandres avhengig av den resolusjonen fra potensiometer med arduino MEGA. Linearitet og hysteresetest feil kan også være et tilnærmet verdi som er vurdert til å ikke føre til et stort feilmargin.

**Konklusjon:** Det som ble antatt til det lineære forholdet mellom inngang og utgang, som er posisjonen til skyvearmen og spenningsforandringen til Arduino, er omtrent lik det som ble funnet da potensiometer ble testet med Arduino. Linearitet- og hysteresetest feil er så pass liten at det kan være neglisjert. Og som det ble sett med repeterbarhet er feilmargin på cirka  $0.4\%$  som kan bli neglisjert. Når dette er implementert i systemet med en mekanisme kan lasten fra mekanismen gjøre feilmarginen enda større. Men fra bare potensiometer vil denne feilmarginen bli neglisjerbar.

**7.6.1.11 Test-ID:17****Tittel:** Bildegjenkjenning.**Test Rapport:** D.15.**Status:** Bestått men blir foreløpig forkastet på grunn av tid.

**Beskrivelse:** Maskinlæring har de siste årene blitt stadig mer og mer populært. Det er uendelig mange bruksområder og i dette tilfelle er det bildegjenkjenning som er mest aktuelt. Målet med bildegjenkjenning er å kunne identifisere lekkasje (2mm hull) i sømsiden på chipsposer som kommer i 60m/min på innløpsbanen til Tronrud. I denne testrapporten blir ikke maskinlæringsmodellene gått i dybden på. Vi vil foreløpig vurdere å analysere om maskinlæring er en potensiell kandidat for lekkasje analyse av potetgullposer.

**Akseptkriterier:** Denne testen var mer lik en teoretisk analyse basert på intuisjon. Her blir analysert om maskinlæring er en potensiell kandidat for lekkasje analyse av potetgullposer. Akseptansen blir å klare å detektere poser ved cirka 99% nøyaktighet men forskning er målet.

**Konklusjon:** Noen av hullene som er vist i bilder på testrapporten har en diameter på cirka 1.5mm, det er mindre enn hva som er spesifisert i kravene. Men som man har sett, vil det være fullt mulig å detektere veldig små hull på åpnesteder. Problemet ligger heller i de litt mer tvetydige plassene. Det er rimelig å estimere at det er 60% støy i form av tekst og illustrasjoner som dekker overflaten, jo mer støy, desto mindre nøyaktig vil man kunne anta at bildegjenkjenningen har. En fellesnevner for alle modellene vist i test rapporten er at eksemplene er veldig store, så om det funker i praksis finner man ikke ut før man tester på snacksposer, men det er for risikabelt å bruke tid på det for det er ekstremtomfattende stoff. Derfor konkluderes det med at forskingen på maskinlæring ikke fortsetter. Se test rapport for mer forklaring.

**7.6.1.12 Test-ID:20****Tittel:**Aluminiums Eloksering**Test Rapport:** D.18

**Status:** Bestått.

**Beskrivelse:** For overflatebehandling av aluminium ble det gjort forsøk med eloksering som følger i test rapporten. Eloksering skal oppnås ved hjelp av utstyr tilgjengelig på Krona (i tillegg til noe innkjøpte kjemikalier).

**Akseptkriterier:** Oksidlag har dannet seg på test alu. bit.

**Konklusjon:** Test biten hadde et støvlag med oksider som kunne børstes av og hadde tydelig endret utseende etter det. I tillegg hadde tykkelsen endret seg noe, dette viser at forsøket fungerte og det har dannet seg et tykkere oksidlag. Strømstyrken som ble brukt er den samme som ble anbefalt i [Corneliussen, 1984, 100], dvs 1.5 A/dm<sup>2</sup>. Se vedlagt test rapport for referanser.

## 7.6.2 Integrasjonstesting

### 7.6.2.1 Test-ID:8

**Tittel:** OSP-M2 Oksygensensor med vifte.

**Test Rapport:** D.7

**Status:** Ikke bestått.

**Beskrivelse:** Denne test er eksperiment utført for å forbedre responstiden til elektrokjemisk oksygensensor ved å bruke en vifte for å øke luftstrømmen over sensoren.

**Akseptkriterier:** Eksperimentet blir ansett som vellykket hvis ved brukt av en vifte viser seg å forbedre responstiden til den elektrokjemiske oksygensensoren uten å påvirke ytelsen negativt.

**Konklusjon:** Oppsummert viste eksperimentet at bruk av en vifte for å øke luftstrømmen over en elektrokjemisk oksygensensor påvirket ytelsen negativt. Funnene av dette eksperimentet kan hjelpe til med å veilede fremtidig innsats for å optimalisere ytelsen til elektrokjemiske oksygensensorer. Ytterligere studier kan være nødvendig for å undersøke andre metoder for å forbedre sensorens responstid, for eksempel å endre sensorens elektrodedesign eller endre gassstrømningshastigheten. Det blir en del utfordringer med gassensor da det er vanskelig å kunne detektere eller dra nitrogen fra en pose

som har lekkasje er i bevegelse. Der er derfor bestemt at dette konseptet blir forkastet.

#### 7.6.2.2 Test-ID:12

**Tittel: Funksjons test av SRP-D3 med roterende potensiometer.**

**Test Rapport:** D.11.

**Status:** Ikke bestått.

**Beskrivelse:** Denne testen skal ta for seg om mekanismen til roterende potmeteret fungerer. Det er ønskelig og finne ut av høyden på posene digitalt. En idé er å bruke et rotasjons potmeter da det er tilgjengelig. For å kunne bruke rotasjons potmeterer til høydemåling av snacks posen må man gå fra linjær bevegelse til rotasjon. Det er designet en arm som er festet til den midtersterullen på SRP-D3. Armen og plasseringen av potmeteret er designet slik at den roterer potmeteret når rullearmen beveger seg. Man kan da justere innhøyden ved testing. Målet er å rotere potmeteret ved å sende en chipspose gjennom SRP-D3, slik at man videre kan koble opp potmeteret for høydemåling av posene.

**Akseptkriterier:** For at testen skal anses som vellykket må potmeteret bli rotert av at en pose løfter den midterste rullen opp. Rullen må også gå ned igjen til startposisjon.

**Konklusjon:** Den mekaniske delen til potmeteret fungerer som tenkt, men det har oppstått et problem med beinene på SRP-D3. De har blitt 40mm lenger for å gi rullene klaring til huset. På grunn av denne endringen blir momentarmen lenger og vi får større friksjon på området som er merket rødt (Se hoved test rapport med ID 12 - Funksjonstest av potmeter med SRP-D3). Dette gjør at testing med potmeteret blir umulig. Man kunne løst dette med å endre på designet. Men siden man har fått tilgang på et linjært potmeter samt at vi går bort fra fjøring for og skape trykk er det unødvendig å bruke mer tid på dette konseptet.

#### 7.6.2.3 Test-ID:13

**Tittel: Bor innstilling.**

**Test Rapport:** D.12.



**Status:** Bestått.

**Beskrivelse:** Tilnærme hastigheten på motoren til innløpsbanen lik 60m/-min. Testen forteller test av bor som blir bruk for å få hastighet til innløpsbanen til å være lik 60m/min. Målet er å finne en hastighet som kan gi akseptable test resultater. Akseptabelt vil si en hastighet på innløpsbane i nærheten av 60m/min.

**Akseptkriterier:** Hastighetsreguleringen på slagborrmaskinen (motoren) skal testes til vi har tilnærmet oss ønskelig hastighet på 60m/min.

**Konklusjon:** Motoren har variable hastighetsregulering, som vist i boks 24 i produktmanualen (Se rapport med ID-13 Bor innstilling).

Grad (Teller fra laveste)	Tid over en meter	Fart (m/min)
1	1.27s	47.2
2	1.17s	51.3
3	0.77s	77.9

Da blir de aktuelle hakka 2 og 3. Testing på innløpsbane vil fremover foregå på hakk 2 siden det er nærmest målet 60m/min.

#### 7.6.2.4 Test-ID:14

**Tittel:** Funksjonstest av lineært potensiometer med SRP.

**Test Rapport:** D.13.

**Status:** Bestått.

**Beskrivelse:** I denne testen bruker vi et skyvbart lineært potensiometer, sammen med en Arduino Mega og dens kildekode. Det startet med at gruppen testet potensiometeret for seg selv, gruppen kom frem til at den har en målerekkevidde på 0-1023 som er delt i cirka nok 30mm forskyvning og at den fungerer som den skal. Etter dette ble potensiometeretfestet på SRP modulen som vist i rapporten (Se hoved rapport med ID-14 Lineær potmeter). Deretter ble det kjørt potetgullposer i mellom via innløpsbane for å analysere data vi får fra målinger.

**Akseptkriterier:** For at et potensiometer skal vurderes er det viktig at

det har en stor rekkevidde på målinger, dette gir et mer nøyaktig utslag når posen blir målt. En annen faktor som er viktig å ta med i betraktning, og som har vært et problem med roterende potmeter brukt tidligere er input jitter. Det kan variere  $\pm 30$  i måleverdien uten ekstern påvirkning, når potensiometeret har en maksimal rekkevidde på 0-1023 forminsker dette nøyaktigheten betraktelig. Så for at denne testen skal anerkjennes som en suksess, må potensiometeret gjennomføre målinger med lite input jitter.

Input jitter		$<\pm 10$
Rekkevidde		$\geq 400$

Tabell 7.1: Kvantifisering av akseptkriterier

Rekkevidde  $\geq 400$  blir akseptert, dette er fordi om vi oppnår lav input jitter får vi tatt mer nytte av rekkevidden. Sånn som det står nå har vi ikke funnet en praktisk mekanisk løsning for å montere potensiometeret slik at vi får utnyttet hele spekteret.

**Konklusjon:** Resultatene fra målingen viser at når chipposen står rett under modulen er det faktisk ingen input jitter, og når den er på vei ut av modulen er det  $\pm 1$  (Se test rapport med ID-14 Lineær potmeter). Dette er eksemplariske resultater og viser at dette gir veldig nøyaktige målinger. Potensiometeret er også montert på modulen slik at man har en effektiv rekkevidde fra 30-455 målt i bits mellom 0 til 23mm av hele rekkevide på 30mm. Testen tilfredsstillende akseptkriteriene.

#### 7.6.2.5 Test-ID:18

**Tittel:** Funksjonstest av Motor fra Trondrud Engineering.

**Test Rapport:** D.16.

**Status:** Bestått.

**Beskrivelse:** Denne rapporten tar sikte på å bestemme motorens maksimale vinkelhastighet ved å måle tiden det tar å fullføre en hel rotasjon med konstanthastighet, kamera ble brukt til å finne tiden.

**Akseptkriterier:** Hastighetsverdien skal være nøyaktig og pålitelig.

**Konklusjon:** Basert på resultatene ble motorens maksimale vinkelhastig-

het funnet å være  $169.8s^{-1}$ . Testen ble utført med kamera og beregningene ble gjort nøyaktig. Derfor ble akseptkriteriene for testen oppfylt. På grunn av motorens robuste effekt, er motstand fra innløpsbåndet neglisjerbar. Resultatene av denne testen kan brukes som referanse for fremtidige eksperimenter eller applikasjoner som involverer denne motoren. For at innløpsbåndet skal ha minimum 60m/min kan det bli laget en større kraft på aksling med større tannhjul.

### 7.6.3 Systemtesting

#### 7.6.3.1 Test-ID:16

**Tittel:** Posetesting i SRP med lineært potensiometer.

**Test Rapport:** D.14.

**Status:** Bestått.

**Beskrivelse:** Test av SRP i kombinasjon med et lineært potensiometer og arduino som tar imot dataen. Testen skal gi en indikasjon om denne kombinasjonen av systemer kan finne lekkasje i chips poser. Dette test rapport inneholder mye viktig data, se gjerne test rapporten.

**Akseptkriterier:** 6 poser skal ha blitt testet individuelt 6 ganger uten og med 2mm hull. Bilder av disse kan ses i figurer på test rapporten (Se gjerne Test rapport med ID-16 Posetesting i SRP med lineært potensiometer). Dette skal dokumenteres i tabeller som kan finnes i rapporten.

**Konklusjon:** Alle gjennomsnitts verdier viser en endring til lavere verdi etter at det er blitt laget 2mm hull i posen. Dette viser da at denne metoden kan fungere godt i praksis. Fortsatt dersom en ser på verdiene merket med rødt i tabellene vist på rapporten, så er dette tilfeller hvor posen kan ha blitt mistolket som å være tett og feilaktig blitt kjørt gjennom systemet (Se test rapport). Det er flere faktorer som kan forbedres i prototypen som vil gjøre at systemet vil fungere bedre. Så de mistolkningene skal kunne lukes ut ved forbedringer.

#### 7.6.3.2 Test-ID:19

**Tittel:** Dreiemoment for SRRP (Super Robust Rulle Prototype).

**Test Rapport:** D.17.

**Status:** Bestått.

**Beskrivelse:** Lager beregninger ut fra hvordan SRRP skal bli. Får så en funksjon som en kan sette verdier inn i. Målet er å vite dreiemoment som kreves, da kan en vurdere hvilken elektro motor og eventuelt giring som må til.

**Akseptkriterier:** Beregningene skal bli gjort mest mulig standardisert slik at en fort kan gjøre nye beregninger ved design endringer.

**Konklusjon:**

**Beregninger**

**Statistiske verdier:**

$$y_1 \leq 120mm; y_2 = 30mm; x_1 = \sqrt{(180mm)^2 - (y_1 + 2y_2)^2}$$

$$F_1 \leq 12kg \cdot g; L_1 = 180mm$$

$x_1$  ble funnet ved hjelp av pytagoras setning slik:  $x_1^2 + (y_1 + 2y_2)^2 = (180mm)^2$

**Summasjon av moment:**

$$\sum M \odot = 0; M_1 - F_1 x_1 = 0 \rightarrow M_1 = F_1 \sqrt{(180mm)^2 - (y_1 + 2y_2)^2}$$

**Funksjon av moment summasjon:**

$$M_1(F_1, y_1) = F_1 \sqrt{(180mm)^2 - (y_1 + 60mm)^2}$$

Setter inn tall for å få dreiemoment (høyeste verdi er når  $y_1$  er lik 0)

$$M_1(12kg \cdot g, 0mm) = 20000Nmm$$

$$20000Nmm \cdot \frac{1m}{1000mm} = 20Nm$$

## UTVIKLING AV MODUL FOR LEKKASJEDETEKSJON

---

Utifra Pugh matrisen vist i figur 6.2 kom vi frem til at trykkroller var det vi ville gå videre med. Vi har i senere tid utviklet diverse systemer basert på trykkroller, disse vil videre bli kalt SRP (Super Rulle Prototype) og dens etterkommer SRRP (Super Robust Rulle Prototype).

### 8.1 TRYKKRULLESYSTEM

For å få et trykk i posen slik at gassen vil bli presset ut av posen ved eventuelle hull, designer vi en mekanisme som skal klemme på posen. Denne mekanismen er en rulle som står på enden av innløpsbanen, posen vil bli dratt under rullen ved hjelp av innløpsbanen. Dette finner du detaljert gjennomgang av i appendiks; D.2 og D.5. Rullen vil kunne bevege seg fritt opp og ned da det er kun vekten som er nødvendig for å skape trykket. Ruller skal maskineres i en dreiebenk, det skal bli dreid ut spor til lager i hver ende, slik at rullen enkelt kan rotere.

Dagens metode presser på posen for å se om den er i riktig høyde. Vi tenker å ta denne løsningen litt lenger ved å ha press på posen over lenger tid. Da vil det være mer tid for gassen i posen til å sige ut ved eventuelle hull.

Måten vi tenker å gjøre dette på er ved hjelp av flere ruller på innløpsbåndet. Posene vil bli presset ned under en serie av ruller, slik at om det er hull i dem vil gassen bli presset ut.

## 8.2 INNLØPSBANE FOR PROTOTYPETESTING

Fra Tronrud ble det lånt en innløpsbane for å teste prototypene i en mer virkelighetsnær situasjon.



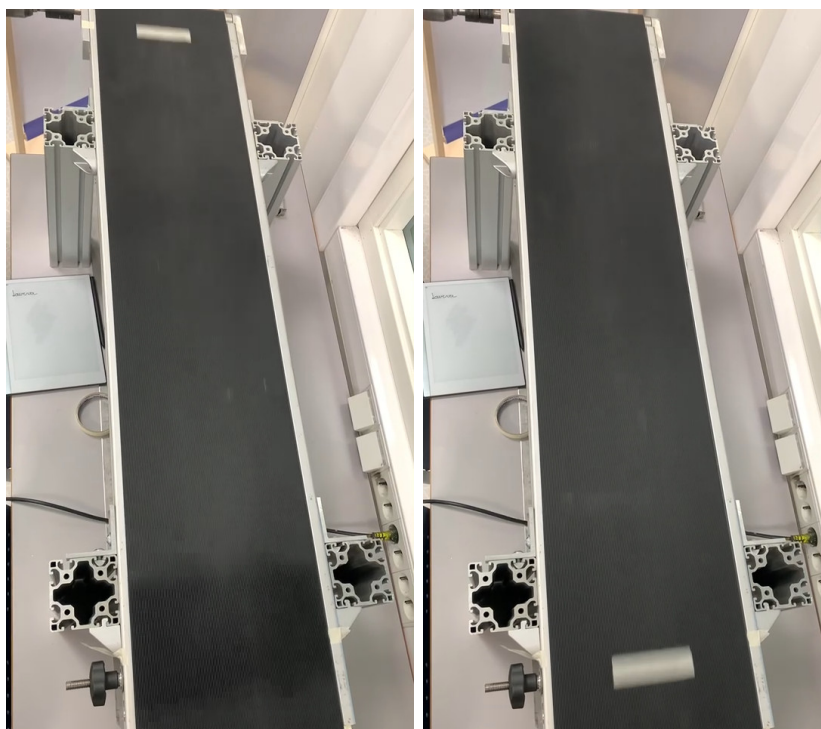
Figur 8.1: Innløpsbane som ble lånt fra Tronrud.

Spesifikasjonene på dette båndet er:

**Bredde** 270mm  
**Lengde** 1300mm  
**Høyde** 46mm

På akslingen i den ene enden av innløpsbanen ble det montert en drill for midlertidig kjøring av båndet.

Hastigheten på båndet i drillens minimumhastighet ble målt til å være: 2m/s som er 120m/min. Dette er høyere enn spesifikasjonene fra Tronrud på 60m/min så prototypene bygget ut ifra dette oppsettet vil kunne overgå krava som er avhengig av farten på båndet.



Båndet ble kjørt ved hjelp av drillen og en video ble tatt. Teipbiten på det første bildet starter på et fastsatt punkt som da er 0 meter, tidspunktet i videoen som ble tatt er her på 2.133s. På det andre bildet har teipbiten beveget seg en meter og dette er ved tidspunktet 2.633s. Distansen på en meter er merket på sidene av innløpsbanen, men ses dårlig på bildene.

$$\Delta t = 2.633s - 2.133s = 0.5s$$

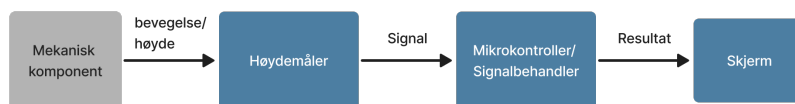
$$h = \frac{1m}{\Delta T} = 2m/s$$

$$h \cdot 60s/min = 120m/min$$

Etterhvert ble det gjort tester for å tilnærme hastigheten som blir brukt under produksjon av snacks poser, altså 60m/min. Se vedlegg D.12.

## 8.3 SENSOR FOR DATAINNSAMLING

For å inspisere snacksposen og oppdage eventuelle hull etter at den har blitt presset av trykkrullesystemet, trenger vi også en komponent som utfører målinger av posens høyde. En høydemåler benyttes til å verifisere høyden på posene, og gjennom dataanalyse kan man avgjøre om posene har hull eller ikke. Figur 8.2 viser design av målesystemet for høydemåling. Dette er oversikten for utvikling av målesystemet til modul.



Figur 8.2: Målesystem for høydemåling.

### 8.3.1 Høydemåler

Målingen av høyde kan gjøres på mange måter. Ved hjelp av sensorer kan dette bli enkel og presis. Det finnes to type sensorer, kontaktbasert og ikke-kontaktbasert sensorer. Vi bestemte oss for å bruke en kontaktbasert sensor. Potensiometre som er kontaktbaserte sensorer, kan brukes til å måle høyden. Fordelen med å bruke disse inkluderer lav kostnad, enkelhet til å implementere i systemet og lett tilgjengelighet. Sammenlignet med andre sensorer er potensiometre mye billigere enn for eksempel optiske fotosensorer som er ikke-kontaktbasert sensorer. Fordelen med ikke-kontaktbasert sensorer er at de er pålitelig og at de er mindre utsatt for slitasje enn potensiometre. Men grunnen til at vi bruker potensiometre er at lav kostnad og enkelhet er viktigst for å teste og videre utvikle modulen.

Som vi hadde sett under testene under kapittel 7, hadde vi sett at potensiometer er nøyaktig nok og har en feilmargin på mindre enn 1% av helle rekkeviden. Denne feilmarginen kan bli neglisjert. Denne verdien er mindre enn 0.1 mm. Med denne type sensor vil vi gjøre målinger til høyden av poser etter trykkrullemekanismen. Til prototypen vil vi bruke en bedre potensiometer enn det vi har brukt for å testing. Den vil kunne ha bedre design av mekanismen og bedre monteringsmuligheter.



## PROTOTYPE

---

En prototype er en tidlig versjon eller modell av et produkt, system eller tjeneste som er laget for å teste og evaluere funksjonaliteten og designet før den endelige versjonen blir utviklet. En prototype kan være et fysisk objekt, en virtuell modell eller en interaktiv demo av programvare.

Formålet med en prototype er å identifisere og rette opp eventuelle feil og mangler i designet og funksjonaliteten tidlig i utviklingsprosessen, før ressurser investeres i å bygge en ferdig versjon.

Prototyper kan også brukes for å demonstrere produktet eller tjenesten for potensielle brukere eller investorer og for å få tilbakemelding på hvordan produktet kan forbedres.

Målet til prototypen som HOLDT skal levere er å vise fram en mulig løsning til Tronrud som kan løse problemet i følge krava oppgitt fra dem i tillegg til å være økonomisk realiserbar slik at den kan vurderes som ett produkt i deres portefølje.

### 9.1 KRAV TIL PROTOTYPE

Med hensyn til prototypen hvor bredden på innløpsbånd er mindre og det går med en lavere hastighet enn det som var krava fra Tronrud Engineering ble det laget *interne krav* som gjelder for prototypen.

ID	Beskrivelse	Grad	Mål
1	Modulen skal klare å analysere 100 snacksposer per minutt på samlebånd i kontinuerlig bevegelse.	A	$\geq 100$ p/m
2	Analysen skal detektere om det finnes lekkasje i sømmsiden av snacksposer med hull som har en minium diameter på 2mm.	A	2% feilmargin
		B	1% feilmargin
3	Modulen skal ha egenskapen til å analysere lekkasje i forskjellige snackspose størrelser.	A	En posehøyde
		B	To forskjellige posehøyder
		C	Fra 25-120mm posehøyde

## 9.2 VALG AV METODE

Det ble gått gjennom en prosess for å identifisere de mest aktuelle metodene for lekkasjedetektering i kapittel 5. Disse ble så sammenlignet. Den metoden som valget falt på var trykkruller eller som gruppen har valgt å kalle den tidlige prototypen “SRP” som ble den beste i følge sammenligningene vist i kapittel 6 og ved hjelp av testene som ble gjort vist i kapittel 7. Den ble det laget en grov prototype av i limtre og gjort tester av på innløpsbånd med snacks poser og høydemåling for å verifisere at konseptet vil fungere ref vedlegg D.14. Se også vedlegg D.2 og D.5 for utviklinga av denne grove prototypen.

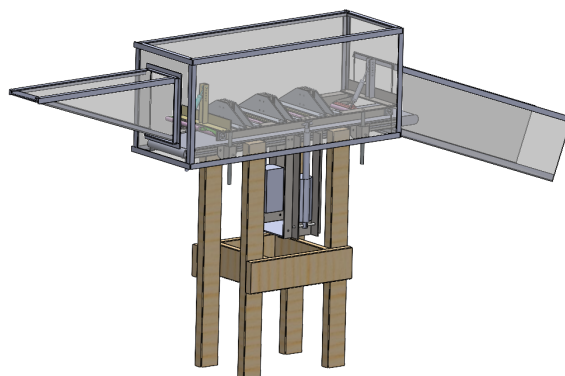
Det neste steget som denne delen av rapporten skal ta for seg er videreutviklinga av SRP prototypen til SRRP <sup>1</sup>, denne skal være en mer industrialisert versjon og skal kunne tas i bruk av Tronrud Engineering og videreutvikles. Dette innebærer mekanisk å bruke andre materialer som stål, aluminium og plastikk i deler. Også innkjøpsdeler som lager, foringer, trapez gjenger og fjærer med mer vil bli tatt i bruk. Mye av det som ble gjort manuelt i SRP skal bli automatisert som massetrykket, høydejusteringen og en automatikk i trykket som blir gjort på posene som elektro og data vil ha en stor innvirkning på.

---

<sup>1</sup>SRRP står for Super Robust Rulle Prototype og er en forbedret trykkrulle prototype utviklet fra SRP som igjen står for Super Rulle Prototype.

## 9.3 SRRP KONSEPTET

Her kommer en kort forklaring om hva som er tanken bak systemet og hvordan det skal fungere i praksis. Videre i dette kapittelet kommer det til å bli forklart mer detaljert om utviklinga av denne prototypen.



Figur 9.1: Prototypen slik den ble utstilt på USNExpo 2023.

### 9.3.1 Første steg: Måling av utgangspunkt

Denne prototypen starter med høydemåling av posene, den vil også ha en fotocelle som detekterer at posen er på vei inn i systemet og ut ifra farten på båndet vil en mikrokontroller kunne bestemme plasseringen av posen. Plasseringa er viktig med hensyn til press delen av systemet.

### 9.3.2 Andre steg: Press

Etter at det er blitt tatt høydemåling av posen går den inn i delen av systemet som presser på posen for å få luft ut av den. Denne delen baserer seg på pneumatiske ventiler og stempler, det er tre stykker av disse, formålet er å få så mye av luften som mulig ut av posen dersom det er hull i den. Her vil en ha nok trykk til å presse mest mulig luft ut men ikke for høyt slik at det forårsaker hull. Trykkjustering gjøres med en trykkregulator.

### 9.3.3 Tredje steg: Måling av høydeforskjell

Etter å ha blitt utsatt for trykk fra pressdelen av systemet kommer posen til tredje steget i systemet som er å måle høyden på nytt, dette gjøres

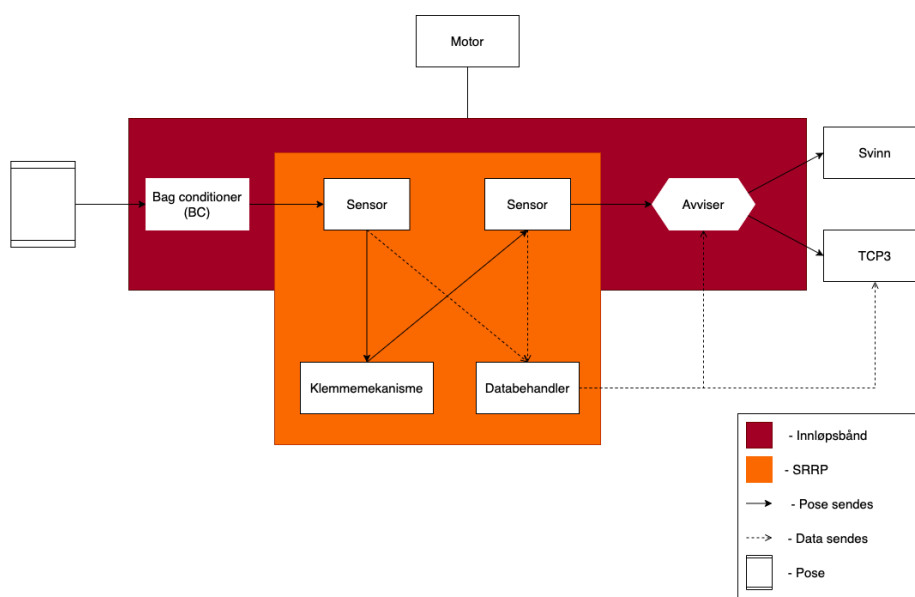
på akkurat samme måte som i første steg. Denne dataen prosesseres og sammenlignes mot første høydemåling for å gi et bilde av om posen har hull.

### 9.3.4 Posens vei videre

Etter å fått inn data for høydeforskjell og tatt en konklusjon om posen har lekkasje kan dette systemet gi ett signal til utkasteren på innløpsbåndet om posen er tett eller ikke. Utkasteren er en del som allerede finnes på systemene til Tronrud. Dersom posen er tett fortsetter den i pakkeprosessen, dersom den lekker blir den kastet ut av innløpsbåndet.

### 9.3.5 Systemarkitektur

Modellen under viser planlagt arkitektur for systemet og hvilke av de ulike komponentene som samhandler med hverandre. I tillegg til dette viser den også hvordan systemet som blir produsert vil samhandle med Tronrud Engineering sitt system.



Figur 9.2: Overordnet systemarkitektur.

## 9.4 MEKANISK KONSTRUKSJON

Den mekaniske konstruksjonen består av løftemekanismen, tre trykk moduler og to høydemålings armer. Disse har hvert sitt formål og gjør at prototypen skal kunne opprettholde alle krava (tabell 2.2) spesifisert fra kunde.

**Løftemekanismen (9.4.2)** gjør at prototypen har egenskapen til å analysere lekkasje i alle pose-størrelser i henhold til Tronrud Engineering sine spesifikasjoner.

Med en kombinasjon av **trykkmodulene (9.4.4) og høydemålings-armene (9.4.5)** vil prototypen detektere om det finnes lekkasje i sømsiden av snacksposer med hull som har en minimum diameter på 2mm. Nøyaktigheten ned til 2mm hull vil være usikkert før prototypen har blitt prøvd ut i praksis. Ved bruk av trykkluft og digital styring skal **trykkmodulene** kunne analysere 120 snacksposer per minutt på samlebånd i kontinuerlig bevegelse.

### 9.4.1 Produksjon

Materialet som har blitt valgt til å brukes i prototypen er aluminium. Grunnen til dette er at aluminium er enkelt å jobbe med og er naturlig motstandsdyktig mot korrosjon. Stål er også et alternativ men da det er mer krevende å bearbeide og krever overflatebehandling. Da tenker vi det er fornuftig å lage en prototype i hovedsak aluminium EN AW-6082T6.

Noe stål brukes i høydemåleren, disse ville en ha litt vekt på og da var stål ett naturlig valg på grunn av en høyere densitet enn aluminium.

### 9.4.2 Løftemekanisme

Løftemekanismen skal bli konstruert som bekreftet fra Tronrud Engineering etter samlebandet som ble lånt av dem (se 8.1), bredden på dette er 269mm. Mekanismen blir laget slik at trykk modulene enkelt skal kunne monteres på dem, typisk en skinne med bolthull.

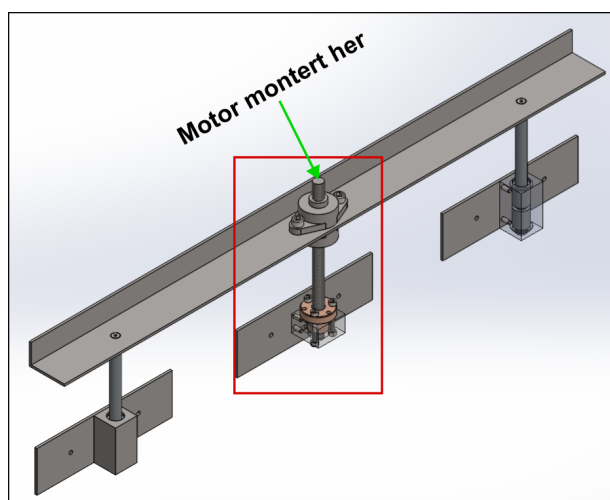
Trykk modulene er med på å bestemme bredden på systemet.

Løftemekanismen skal kunne heves og senkes en viss høyde, dette bestemmes ut fra høyde spesifikasjonene til posene som Tronrud har levert dokumentasjon på. Der er det en høyde fra 25 til 120mm, altså må den kunne justeres en total høyde på  $\Delta h = 120 - 25 = 95\text{mm}$ .

2D tegninger av løftemekanismen som den ble produsert kan sees i vedlegg E.1.

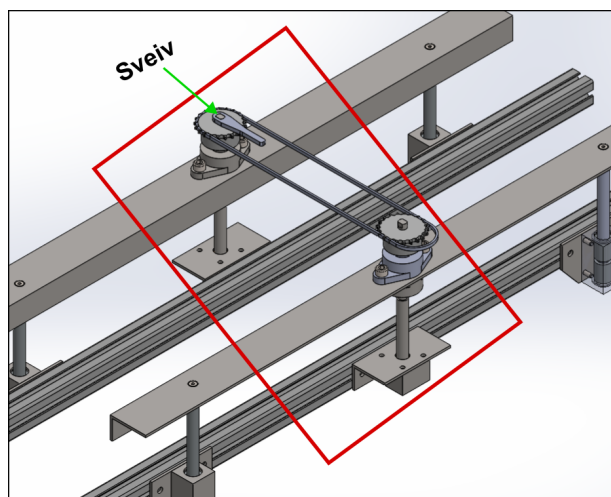
#### 9.4.2.1 Lineær aktuator

Det ble vurdert å konstruere aktuatoren fra bunnen av med separat innkjøp av trapes skruer, muttere, lager og eventuelt motor som kan ses i figur 9.3.



Figur 9.3: Løftemekanisme med mulighet for separat motor

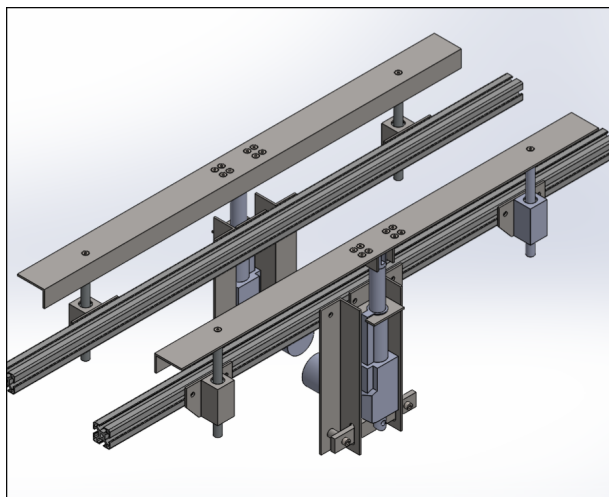
Det ble også vurdert en versjon uten motor med manuell justering av høyden via en sveiv som vrir det ene tannhjulet og en kobling med kjetting mellom begge tannhjulene som kan ses i figur 9.4.



Figur 9.4: Løftemekanisme med manuell sveiv

I tillegg til dette må en maskinere deler rundt begge disse systemene. Etter å ha tatt begge disse løsningene i betraktning viste det seg å være billigere å gå til innkjøp av en aktuator pakke som inneholder alt i ett sett og deretter lage festepunkter for denne som kan ses i figur 9.5.

Motoren på de to aktuatorene kan samkjøres og det er derfor ikke nødvendig å koble de sammen mekanisk som gjør at denne løsningen blir fordelaktig både med tanke på pris og kompleksitet i design.



Figur 9.5: Løftemekanisme med to lineære aktuatorer

Aktuatoren ble modellert i solidworks i henhold til databladet. Da indre delen av aktuatoren ikke ble tatt hensyn til i modelleringen ble både masse og massesenter overstyrret. Massen ble funnet å være 1.86kg etter å ha sendt mail til leverandør. Massesenteret ble flyttet til å være nærmere motoren da dette er den tyngste delen.



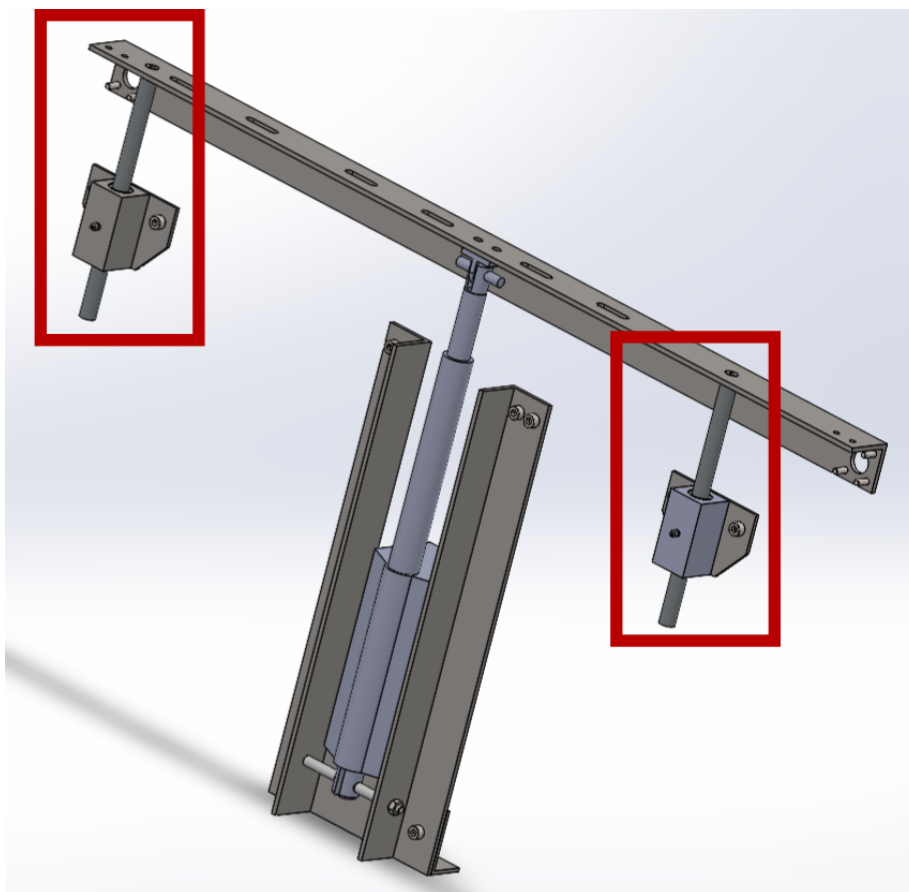
Navn	Pris	Stk	Totalpris
<b>Egen konstruert aktuator (motor ikke tatt med)</b>			
Linear Ball Bearing	166,33	8	1330,64
Flensa Trapez Mutter	840,58	2	1681,16
SFT16	344,08	4	1376,32
Trapez aksling 16mm	370,5	1	370,50
Bosch Rexroth 0.8m 16mm D	335,67	2	671,34
			<b>Sammenlagt</b>
			<b>5429,96</b>
<b>Egenkonstruert aktuator versjon 2 (motor ikke tatt med)</b>			
Linear Ball Bearing	166,33	4	665,32
Trapez aksling 16mm	370,5	1	370,50
Bosch Rexroth 0.8m 16mm D	335,67	2	671,34
Trapez mutter	467,47	2	934,94
SL16	343,86	2	687,72
			<b>Sammenlagt</b>
			<b>3329,82</b>
<b>Aktuator med sveiv</b>			
Linear Ball Bearing	166,33	8	1330,64
Trapez aksling 16mm	370,5	1	370,50
Bosch Rexroth 0.8m 16mm D	335,67	2	671,34
Trapez mutter	467,47	2	934,94
SFT16	344,08	2	688,16
Sprocket	300	2	600,00
Chain (06B)	77,55	3	232,65
Chain connecting link	16,5	1	16,50
			<b>Sammenlagt</b>
			<b>4844,73</b>
<b>To ferdige aktuatorer</b>			
Linear Ball Bearing	166,33	8	1330,64
Bosch Rexroth 0.8m 16mm D	335,67	2	671,34
RS PRO Miniature Electric Linear Actuator	1149	2	2298,00
			<b>Sammenlagt</b>
			<b>4299,98</b>

I versjon to av egenkonstruert aktuator viser sammenlagt pris lavere enn for de to ferdige aktuatorene men det har ikke blitt tatt høyde for motor og festemekanisme for å samkjøre begge sidene, med enten belte eller kjetting. Prisen hadde da nærmet seg de to ferdige aktuatorene.

Denne er også ikke stabil med tanke på at det kun er 4 lineære lagre, altså ett lager på hver aksling som skal stabilisere løftmekanismen (se 9.4.2.2).

Tanken rundt dette alternativet var å få det så billig som mulig uten å ta i betraktning kvalitet.

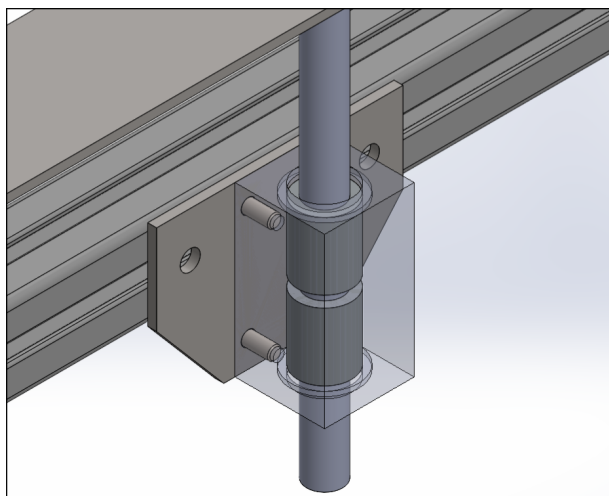
#### 9.4.2.2 Stabilisering av løftemekanismen



For å holde en jevn høyde på ytterkantene og unngå vridning av løftemekanismen er det montert to aksler som går ned fra trykkmodulskinnen til ett festepunkt som det er maskinert ett hus med to lineære lagre som igjen er festet til samlebandsskinnen. Disse er det to av på hver side av løftemekanismen og kan ses i figur 9.6.

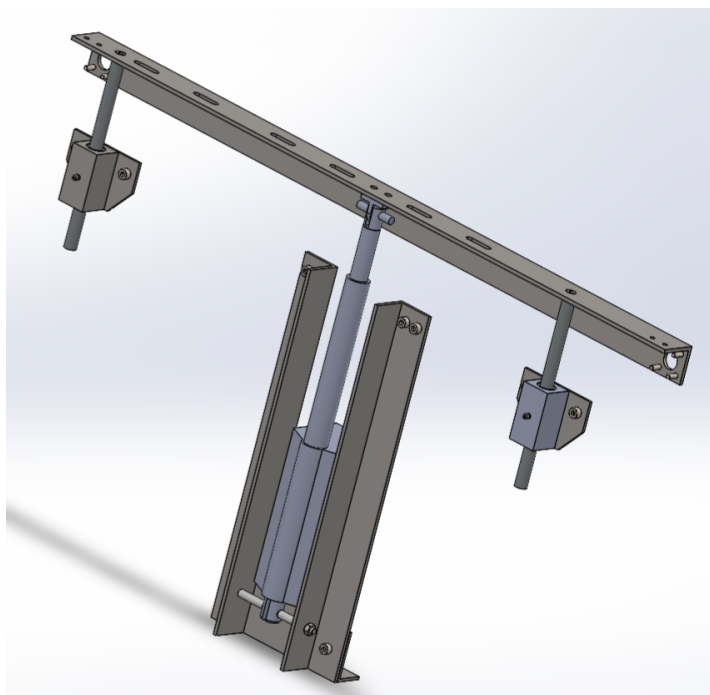
#### 9.4.2.3 Stabilisering av aktuator i løftemekanismen

All vekt fra løftemekanismen går gjennom aktuatoren. Derfor er det viktig at stabilisering og styrkeberegning er gjort nøyaktig i dette punktet. Etter å ha presentert prototypen hos Tronrud i Hønefoss ble det funnet to lineære aktuatorer som var noe store men fortsatt brukbare til vårt formål.



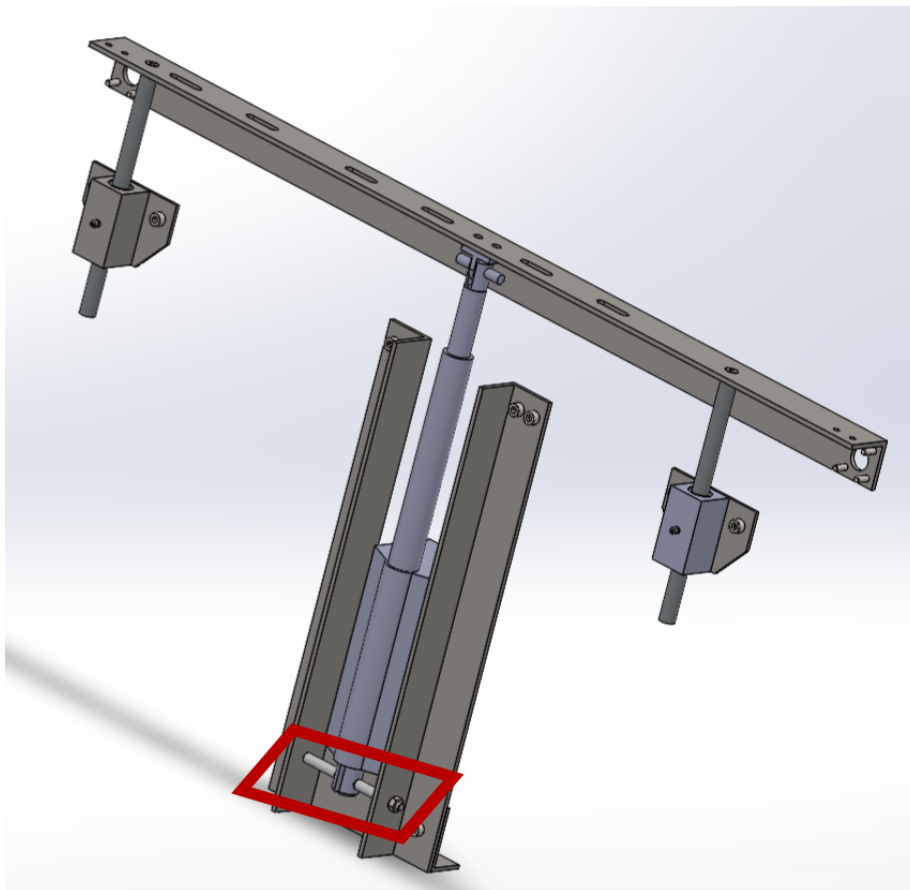
Figur 9.6: Lineær aksling og hus med to lineære lagre

Pinnen som holder i underkant av aktuator ble nå satt til å være en 10mm aksling. Det ble først gjort manuelle styrkeberegninger og deretter FEM analyse for å forsikre at denne er sterk nok.



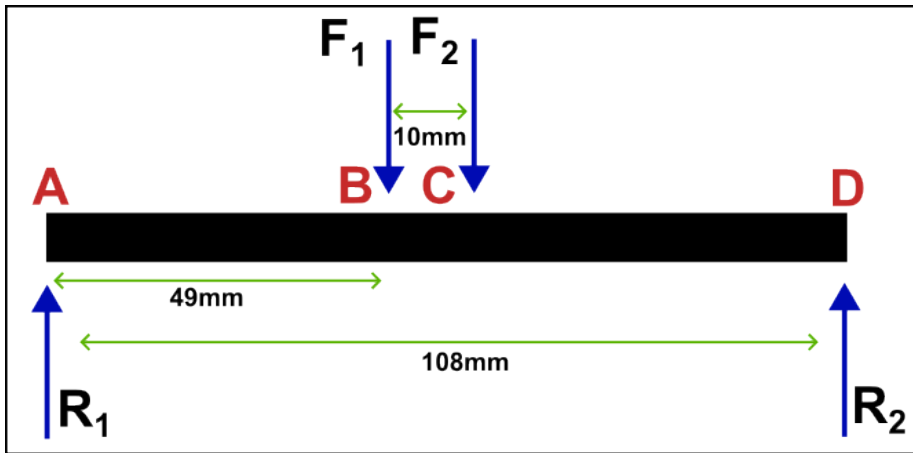
Figur 9.7: Siste versjon av løftemekanismen

## 9.4.2.4 Styrkeberegning av nedre aktuator støttepinne



Figur 9.8: Plassering av nedre aktuator støttepinne

I beregningene ble total masse som blir holdt oppe satt til å være 10 kg. En kan regne med 2kg per trykk modul, 2kg på aktuator og 2kg til annet. Diameteren på pinnen er 10mm.



$$F_1 = F_2 = \frac{10}{2} \cdot g = 49.05 N \approx 50 N = F$$

$$\sum_A M \odot = 0; 108R_2 - 59F_2 - 49F_2 = 0;$$

$$R_2 = \frac{F(59 + 49)}{108} = 50 N$$

$$\sum F_y \uparrow = 0; R_1 + R_2 - F_1 - F_2 = 0;$$

$$R_1 = 2F - R_2 = 50 N$$

Høyeste bøyemoment er fra punkt B til punkt C og er:

$$M_b = 0.049 m \cdot 50 N = 2.45 Nm$$

Høyeste bøyespenning blir da:

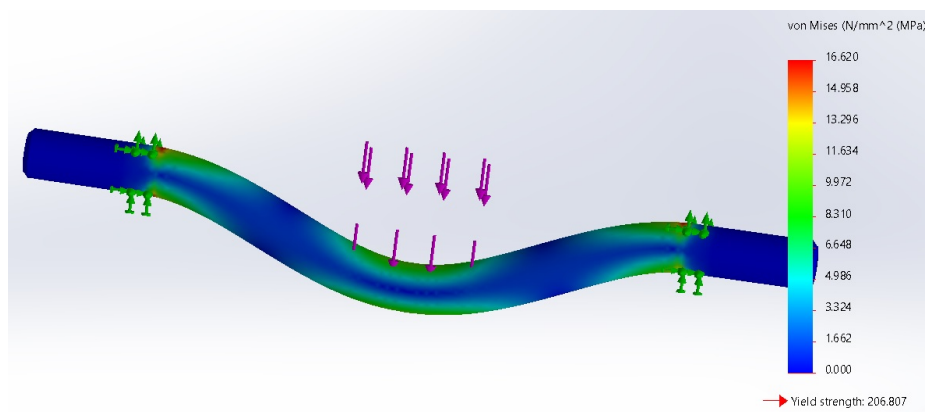
$$\sigma_b = \frac{M_b}{W} = \frac{32M_b}{\pi d^3} \approx 25 MPa$$

Skjærspenning er neglisjerbar:

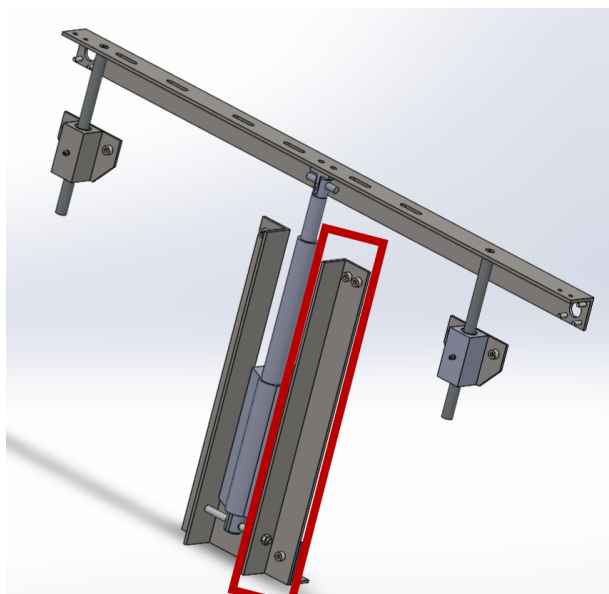
$$\tau = \frac{50 N}{\pi d^2} = 0.16 MPa$$

Fem analysen i figur 9.9 viser høyeste spenning på 16MPa og de manuelle styrkeberegningene viser 25 MPa som er godt under flytspenning på AISI 303 stål (240MPa) [MatWeb, 2023a].

Sikkerhetsfaktoren på denne delen blir da  $\frac{240MPa}{16MPa} \approx 15$ .



Figur 9.9: Fem analyse



Figur 9.10: Plassering aktuator støtteste

#### 9.4.2.5 Styrkeberegning av aktuator støtter

De to øverste og det nederste hullet er fastlåst mens det hullet som aktuator støtteste går gjennom er det påført en kraft på 196.2N som tilsvarer 20kg. Dette er mer enn hva profilene kommer til å bli belastet med. Den faktiske kraften som den vil bli belastet med er  $\frac{20\text{kg}}{2} \cdot g = 98.1\text{ N}$ .

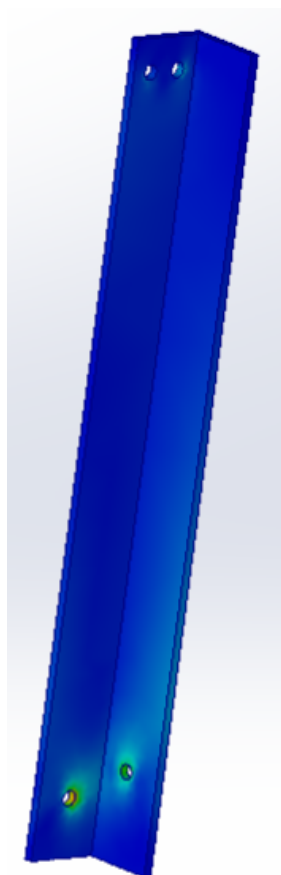
Dimensjonen på vinkelprofilen er 50x50x5mm.

Spennings Tabellen i figur 9.12 viser  $\approx 4\text{MPa}$  maksimum spennings.

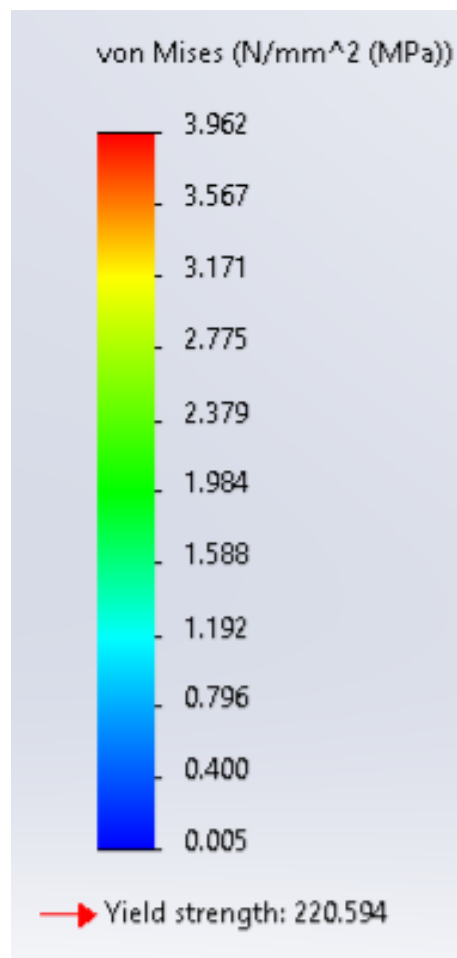
Denne blir produsert i materialet EN-AW-6082-T6 som er en aluminiumslegering med en flytspenning på 250MPa [MatWeb, 2023b].

Sikkerhetsfaktoren på denne delen blir da  $\frac{250\text{MPa}}{4\text{MPa}} \approx 62.5$ .

Denne delen kan med fordel ha en lavere tykkelse da denne sikkerhetsfaktoren er veldig høy men det er også viktig at den er stiv.

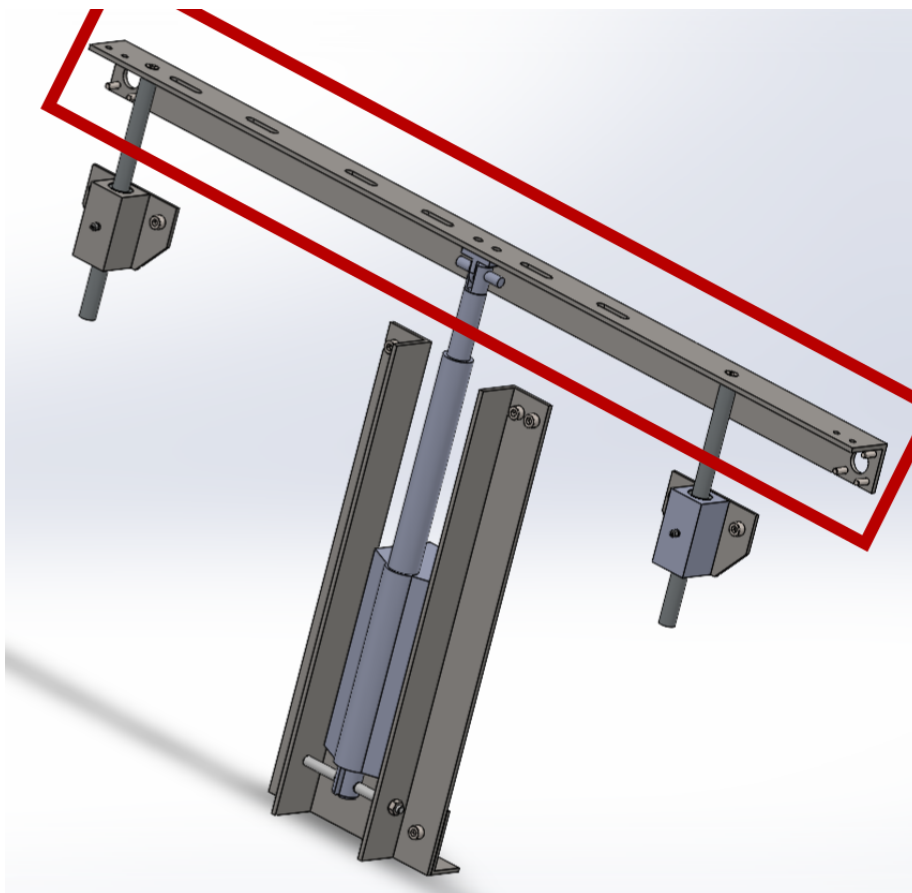


Figur 9.11: Illustrasjon av spenningskonsentrasjoner i L-profil



Figur 9.12: Spenningstabell

## 9.4.2.6 Styrkeberegning av modul innfestingsprofil



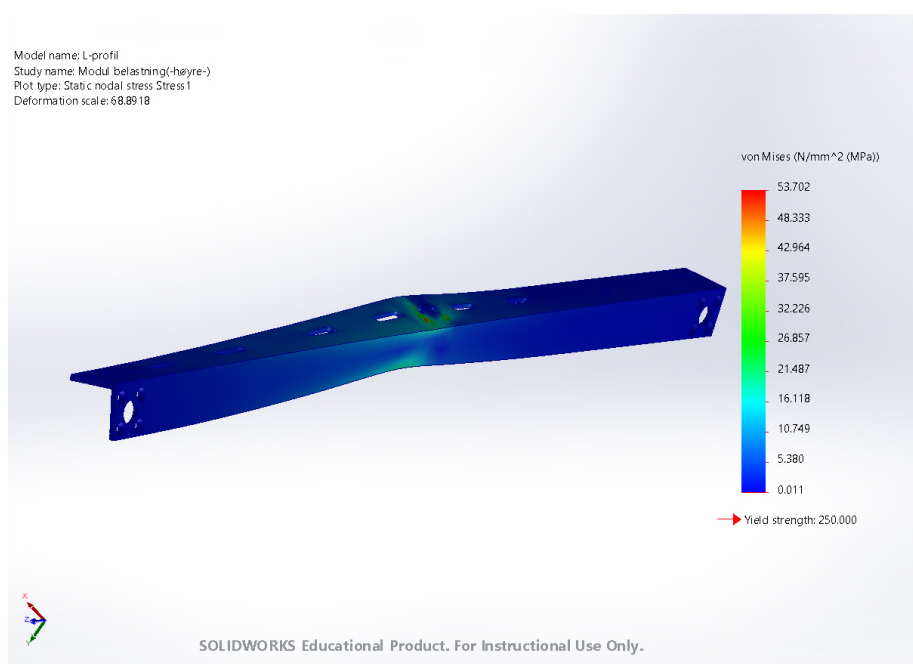
Figur 9.13: Plassering av modul innfestingsprofil

Denne blir produsert i materialet EN-AW-6082-T6 som er en aluminiums legering med en flytspenning på 250MPa [MatWeb, 2023b]. Det er en vinkelprofil med dimensjonene 50x50x5mm.

Denne profilen viser seg å ha høyeste spenning på 53MPa når den tar vekta av alle modulene som den skal ha fastspent, se figur 9.14. I beregningene ble det satt 20N på hver høydemåler modul som det er totalt 2 stykk av og 40N på hver trykk modul som det er totalt 3 stykk av. Disse kreftene er i realiteten delt på de to modul innfestingsprofilene.

Sikkerhets faktoren på denne delen blir da  $\frac{250MPa}{53MPa} \approx 4.7$ .

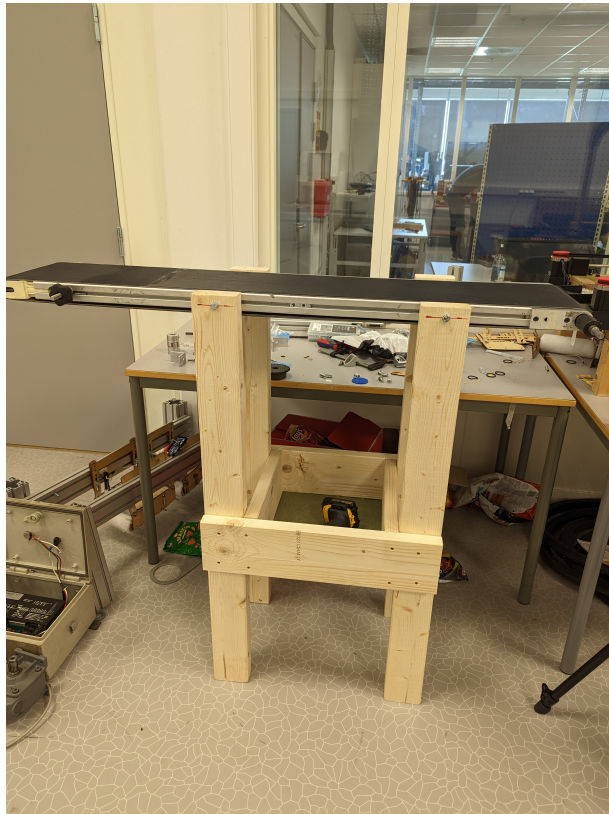




Figur 9.14: Fem analyse av modul innfestingsprofil

### 9.4.3 Bein

Det ble også laget noen enkle bein til innløpsbåndet for å få plass til aktuatorene på undersiden. 2D tegninger av disse kan ses i vedlegg E.4.

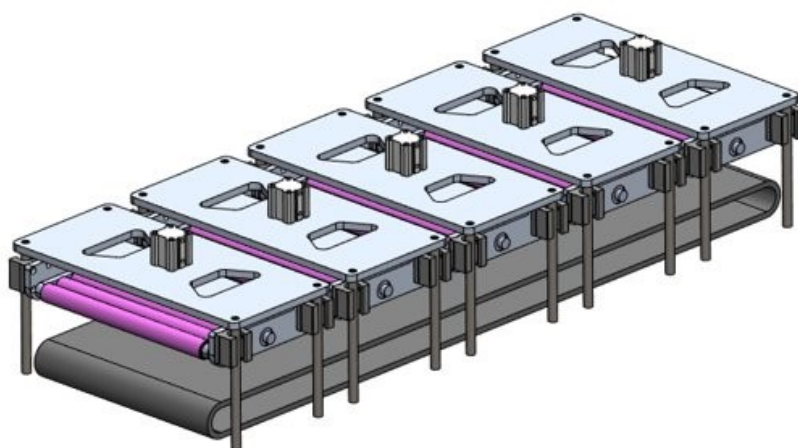


Figur 9.15: Bein for samlebånd.

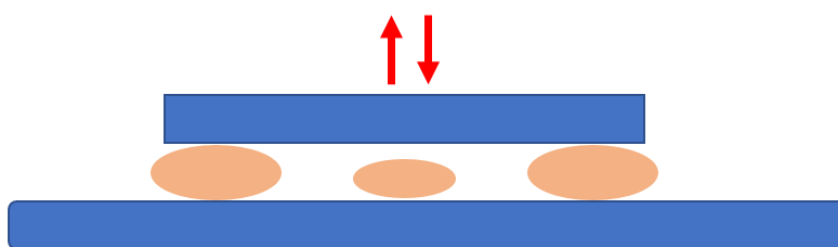
### 9.4.4 Trykk-modulene

Trykk modulen til SRRP ble designet som en videreføring av SRP. Designet ble vist under et designmøte med Tronrud engineering. Under møtet ble det vist fram et konsept for hvordan SRRP kunne se ut og fungere. Dette konseptet ble godkjent. Videre ble det bestemt at man skulle designe en prototype for samlebandet gruppen låner av Tronrud.

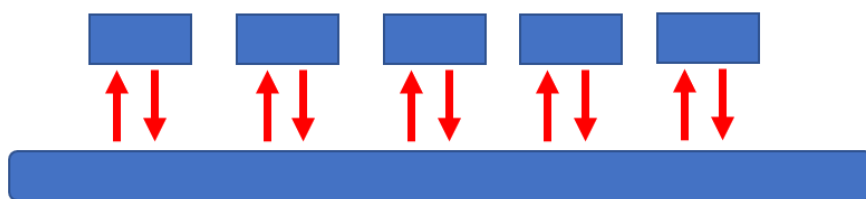
2D tegninger av trykk modulene som de ble produsert kan sees i vedlegg E.2.



Figur 9.16: Fem Trykk-moduler



Figur 9.17: Press av tre poser



Figur 9.18: Illustrasjon av flere trykkmekanisme

#### 9.4.4.1 Bakgrunn for konseptet

Bildet viser en enkelt modul som skal presse på posene. Figur 9.17 skal illustrere hva som kan skje om man ikke har separate moduler. I dette tilfellet trykker mekanismen på 3 poser. Den første og den siste posen er større enn den midterste posen. Denne gjør at man ikke får presset på posen i midten, om man har en modul som strekker seg over hele test strekket. For å eliminere dette problemet har gruppen kommet fram til et konsept som består av enkelt moduler. Da vil hver modul presse på en pose hver for seg.

For at hver modul skal kunne presse på en enkelt pose av gangen må de raskt kunne bevege seg opp og ned. Gruppen har sett på to hovedmetoder for å gjøre dette, elektrisk og pneumatisk (luft). I første omgang var det tenkt å bruke elektriske aktuatorer eller motorer. Men man skal ha et mulig press på maks 10kg fra trykk mekanismen, dette er mulig med elektriske motorer men blir fort dyrt. Et alternativ da er pneumatikk på grunn av pris.

#### 9.4.4.2 Første konsept

Designet som først ble laget ble designet ut fra komponenter man kunne finne hos leverandører. Det ble da sett på pneumatiske aktuatorer fra Festo og SMC som er de to ledende på området. For å komme fram til størrelsen som en trenger på de pneumatiske ventilene, undersøkte gruppen tidsberegninger for massetrykk (se test rapport D.9). Her ser man at jo mer vekt en presser med jo raskere vil luften tømmes fra posen. Tronrud Engineering har oppgitt at de trykker med maks 10kg på posene. Dette tenker gruppen er maks da man vil unngå at posene sprekker under trykking. Det er da ett parameter man må følge, et annet er lufttrykk. Standard lufttrykk brukt i industrien er gjerne 6bar. Gruppen har fått opplyst at det som regel er 6bar men at det kan minimum være ned til 4.5 bar. Det er da to parameter som kan brukes til å finne størrelsen/diameteren på sylindere.

$$10kg \cdot 9.81g = 98.1N$$

$$A = \frac{98.1N}{0.45N/mm^2}$$

$$A = 218mm^2$$

$$A = \pi \cdot r^2$$

$$218mm^2 = \pi \cdot r^2$$

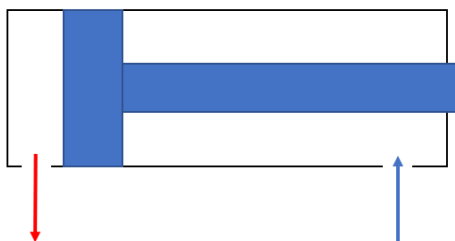
$$r = 8,6mm$$

$$D = 16,6mm$$

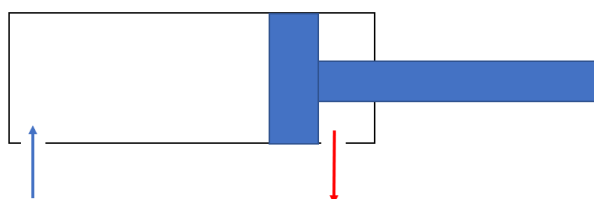
Ut i fra tallene man får fra utregningen og produktkatalogen til de aktuelle leverandørene ville gruppen valgt en pneumatisk aktuator med en diameter på 20mm. Denne utregningen er gjort uten vekten av modulen som også vil presse på posen. Da denne vil variere med designet. Det vil derfor bli gjort en vurdering etter designet er ferdig om man kan bruke en mindre sylinder.

Trykk-kraft	
Bar	Trykk i kg
0.5	1.60
1	3.2
1.5	4.8
2	6.4
2.5	8.0
3	9.6
3.5	11.2
4	12.8
4.5	14.4
5	16.0
5.5	17.6
6	19.2

Tabellen over viser at vi er godt innenfor det vi trenger på 4.5bar. Gruppen velger en dobbeltvirkende sylinder, grunnen til dette er at denne type sylinder kan trekke nesten tilsvarende det den trykker med. Gruppen velger dette da sylindere må dra med seg rullene og feste komponentene til dette. Enkeltvirkende sylindere med fjørretur i den tiltenkte dimensjonen har en returkraft på opp til 10N som kan bli for liten til dette systemet.



Figur 9.19: Sylinder inne



Figur 9.20: Sylinder ute

#### 9.4.4.3 Styring

For å styre dobbeltvirkende sylinder så må man kunne tilføre luft i begge portene. Da luft retning bestemmer om stempelet er ute eller inne. På figur 9.19 ser man en dobbeltvirkende sylinder som den ville sett ut på en krets skjema. På 9.19 ser man at sylinderen er inne. Pilene viser retningen til luften. Blå pil viser at luften går inn, den røde viser eksosen (luften som går ut).

Bilde 9.20 viser hvordan luften beveger seg når stempelet står ute. Da bytter man plass på pilene.

#### 9.4.4.4 Ventil

For å få til dette kan det brukes en 5/2 pneumatisk ventil. Pneumatiske ventiler kommer i mange forskjellige variasjoner og størrelser. Grunnen til at gruppen valgte akkurat denne er at den er elektronisk styrt og portene har samme dimensjon som på sylinderen. Gruppen fant ventilene på Festo sin nettside [Festo, 2023]. Gruppen kom da fram til ventilen MHE2-MS1H-5/2-QS-4. Disse ventilene har en luftstrøms kapasitet på 90l/min ifølge produsent. Om man ser på volumet som må bli fylt opp for at sylinderen skal være helt ute, sammen med tiden det tar kan man se hvor fort stempelet vil bevege seg.

#### 9.4.4.5 Minimums hastighet

For å se hvor mye luft i minuttet en minimum vil ha antas det en tid som stempelet vil bruke på å bevege seg til ytterste posisjon. Om stempelet bruker 0.1s på å bevegelsen, vil posen bevege seg 0.1m da båndet går 1m/s. Dette blir for langt. 0.01s gir 0.01m som blir 1 cm. Dette tenkes å være akseptabelt da en kan time det med programvaren.

$$R = 10mm$$

$$l = 40mm$$

$$V = r^2 \cdot \pi \cdot l$$

$$V = 12566.4mm^3$$

$$90l/min \cdot \frac{(100mm)^3}{l} \cdot \frac{min}{60s} = 1500000mm^3/s$$

$$\frac{12566.4mm^3}{1500000mm^3/s} = 0.0083776s$$

Tiden er hvor fort kompressoren klarer å fylle stempelet med en kompressor som leverer 90 liter luft i minuttet. Tiden her er så lav at det ikke vil ha en innvirkning på systemet.

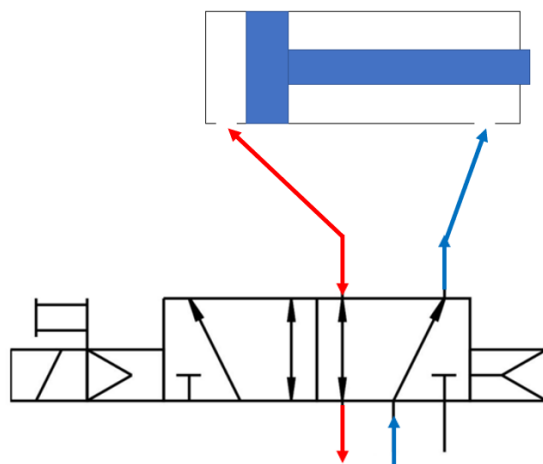
#### 9.4.4.6 Funksjon av 5/2 ventil

5 er antall porter på ventilen med 2 posisjoner. 5/2 ventilen som er valgt vil være koblet slik at sylindren vil stå i start posisjon. Ved å gi ventilen et strømsignal vil den bytte posisjon og endre retningen til luften. Stempelet vil da bli dyttet ut. Når strømsignalet opphører vil ventilen gå tilbake til opprinnelig posisjon og stempelet vil returnere.

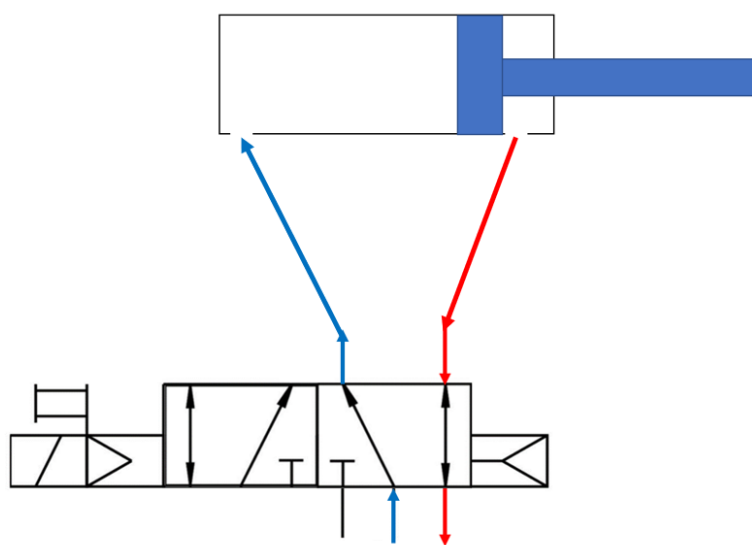
#### 9.4.4.7 Koblingsskjema luft

#### 9.4.4.8 Rullene

For at posene skal gli igjennom pressmekanismen har gruppen valgt å bruke ruller. Rullene er enkle ruller i plastikk. Akslingen til rullene er fjør belastet som gjør de enkle å montere. I utgangspunktet skulle det brukes kun fem ruller på en 100mm lengde. På prototypen blir det brukt færre trykkmekanismer, da det ikke er nødvendig for å demonstrere konseptet. Men for å gi prototypen best mulig sjanse for å fungere blir det montert ni ruller på en 200mm brakket.



Figur 9.21: Ventil stengt

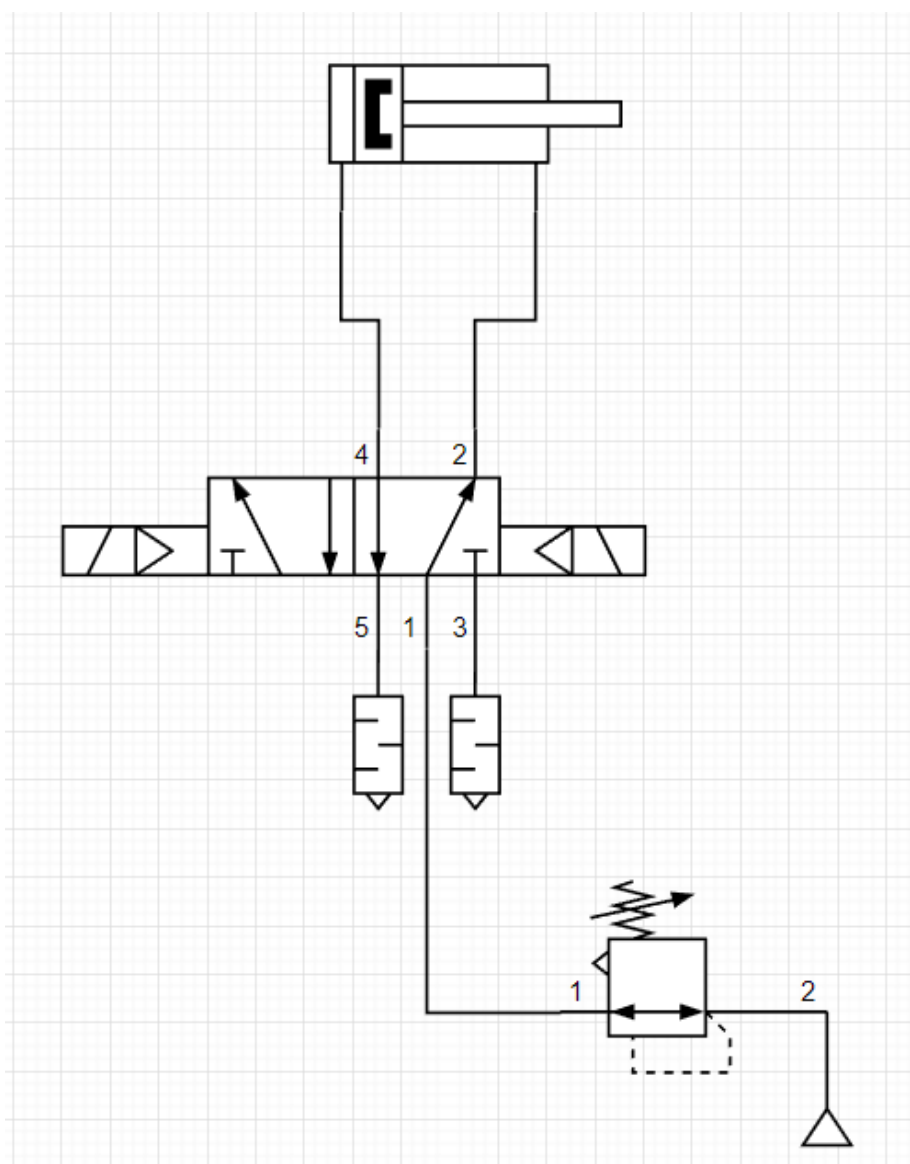


Figur 9.22: Ventil åpen

#### 9.4.4.9 Faste deler

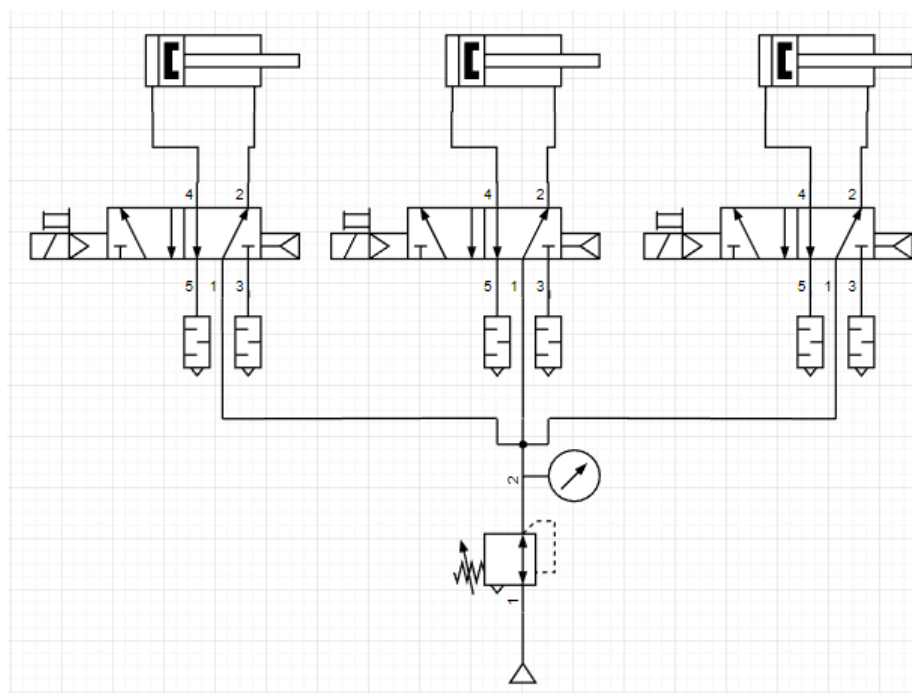
Disse delene er montert fast på løftmekanismen, når maskinen er i bruk vil ikke disse delene kunne bevege seg. Det er kun når man konfigurer maskinen for forskjellige poser disse delene er i bevegelse. Disse delene består av fire lagerhus, en monteringsplate og den pneumatiske sylindren. Disse delene



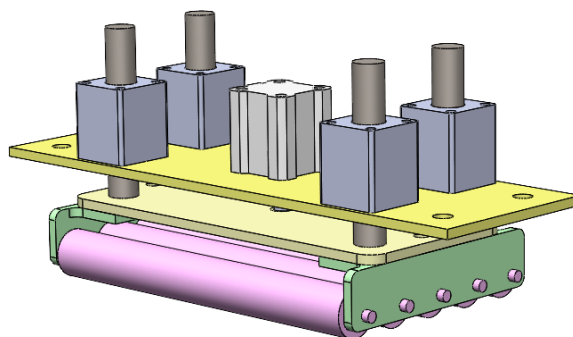


Figur 9.23: Skjem en ventil

av mekanismen har i oppgave å forankre de bevegelige delene. Sylinderen vil dytte ned på de bevegelige delene og det er disse faste delene som hindrer at den flytter seg. Lagerhusene gjør det samme da de sørger for at stengene den bevegelige delen går på ikke flytter seg i andre retninger en vertikalt.



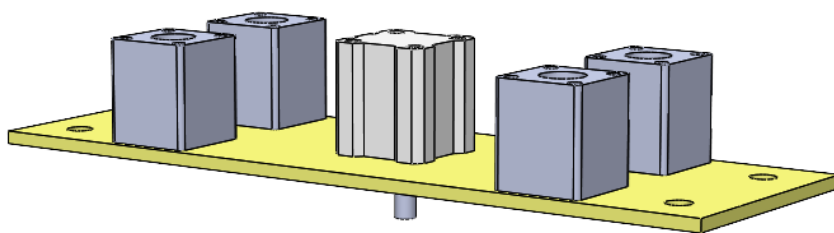
Figur 9.24: Skjema tre ventiler



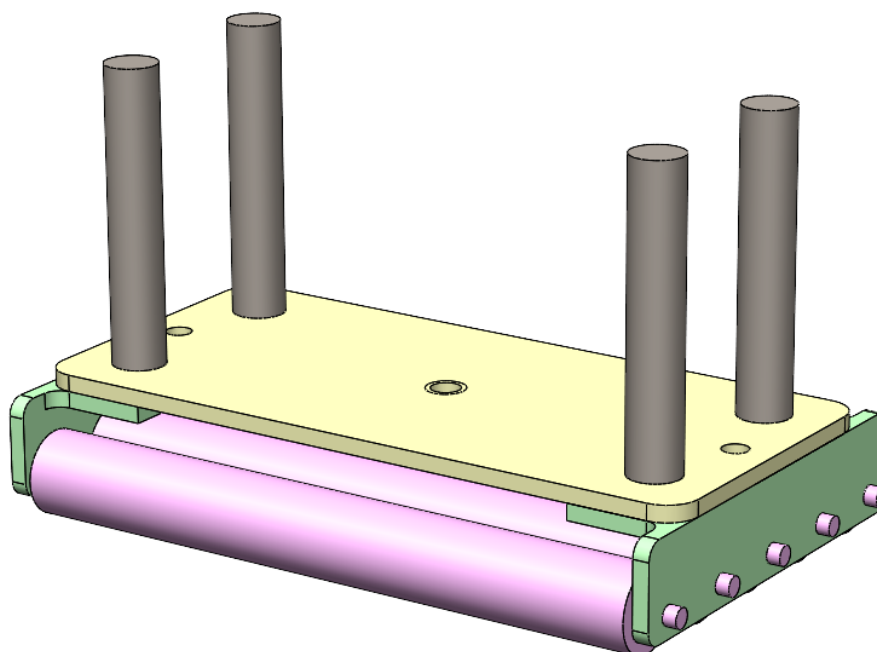
Figur 9.25: Trykkmekanismens første konsept

#### 9.4.4.10 Bevegelige deler

De bevegelige delene består av fire stenger, fem ruller, to vinkelprofiler og en monteringsplate. Denne delen av mekanismen er den som har kontakt med posen. Delen blir presset ned av stempel stangen til sylindere, som er festet i monteringsplaten. Rullene sørger for at posen kan bevege seg gjennom systemet uten mye motstand i horisontal renting.



Figur 9.26: Fast del



Figur 9.27: Bevegelig del

#### 9.4.4.11 Luft eller strøm

Båndet beveger seg  $1\text{m/s}$  som blir  $1000\text{mm/s}$  lengden på enheten er  $250\text{mm}$ , dette er kommet fram til av pose størrelsen. Tiden posen er i kontakt med mekanismen finnes ved  $\frac{250\text{mm}}{1000\text{mm/s}}$  som tilsier  $0.25$  sekunder. Avstanden aktuatoren må kunne bevege seg er  $40\text{mm}$  som gir  $\frac{40\text{mm}}{0.25\text{s}} = 160\text{mm/s}$ . Om man skal ha en elektrisk aktuator som kan operere i denne hastigheten må man betale betydelig mer enn for en som er luftdrevet.

#### 9.4.4.12 Luftsylinder levetid

SMC oppgir at levetiden på sine sylindere er 10000km (ref. databladet i I.4) innenfor gitte belastninger. Vi holder oss innenfor disse og antar da at sylindrene kan bevege seg 10000km før de må byttes. Sylinderen beveger seg 40mm på en syklus.

Trykk mekanismen trykker på 120 poser per minutt som gir:

$$\frac{120\text{poser}}{\text{min}} \cdot \frac{40\text{mm}}{\text{pose}} = \frac{4800\text{mm}}{\text{min}}$$

Ved en 8 timers arbeidsdag beveger den seg totalt:

$$\frac{4800\text{mm}}{\text{min}} \cdot \frac{8\text{t}}{\text{arbeidsdag}} \cdot \frac{60\text{min}}{\text{t}} = \frac{2304 \cdot 10^3\text{mm}}{\text{arbeidsdag}}$$

$$\frac{2304 \cdot 10^3\text{mm}}{\text{arbeidsdag}} \cdot \frac{\text{km}}{10^6\text{mm}} = \frac{2,304\text{km}}{\text{arbeidsdag}}$$

Sylinderen vil da overleve totalt:

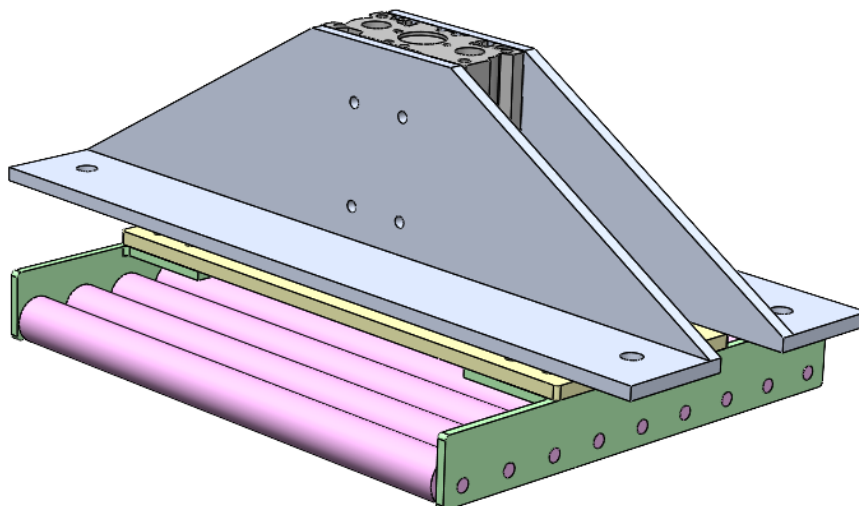
$$\frac{10000\text{km}}{2,304\text{km}/\text{arbeidsdag}} \approx 4340 \text{ arbeidsdager}$$

#### 9.4.4.13 Trykk regulator

For å regulere hvor mye stempelet presser med brukes det en trykkregulator. Da reguleres det hvor mange bar som dytter på stempelet som igjen bestemmer hvor mange kilo som trykkes med. Dette gjøres manuelt på prototypen, men på et ferdig design ville det vært ønskelig med en elektronisk justert regulator.

#### 9.4.4.14 Prototype

For å bygge en prototype trenger man en del komponenter, sylindere, ventiler og ruller. Gruppen framførte prosjektet for en samling fra Tronrud engineering. I den sammenhengen fikk gruppen sett på hva de hadde av komponenter tilgjengelig. Det viste seg at komponentene de hadde var nesten akkurat det gruppen trengte. Gruppen fikk ruller som er 20mm i diameter og 250mm lange. Gruppen fikk også med seg tre sylindere som var guidet. I dette tilfellet vil det si at i tillegg til stempelet er det to stenger som blir flyttet med stempelet. Dette gjør at man kan montere utstyr direkte på stempelet.



Figur 9.28: Trykk modul

#### 9.4.4.15 Design etter komponenter

Konseptet som ble designet hadde 4 styre stenger som underdelen av modulen skulle bevege seg på. På grunn av at det er tatt i bruk en annen type sylinter har designet endret seg for å passe denne type sylinter. Dette er positivt da designet blir mindre komplekst med mindre deler som også gjør det enklere å produsere.

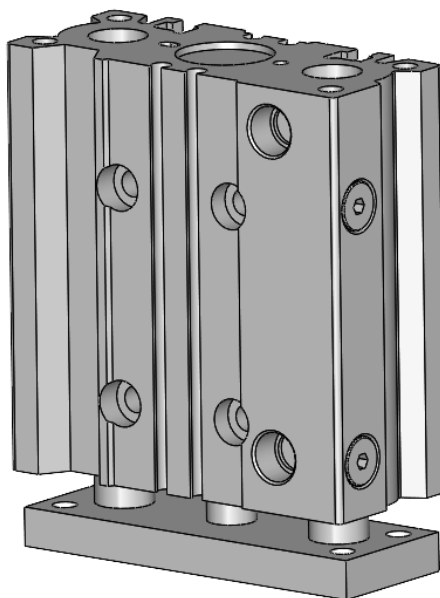
Planen med redesignet fra konseptet til prototypen er å montere rulle festet direkte på sylindere. Det er fire M5 skruehull i platen som alle 3 stengene er koblet til på figur 9.27

#### 9.4.4.16 Sylindrefeste

Måten sylindere blir festet på løftmekanismen er med en enkel 100x50 L-profil. Den blir festet på den lange siden av sylindere der man kan se fire hull til M6 bolter. Profilen blir festet til løftmekanismen med to M8 bolter.

#### 9.4.4.17 Rulle holder

Rullesystemet av pressen består av tre deler ekskludert rullene. To av delene er laget av L profiler, disse har hull som rullene blir festet i. Disse L profilene



Figur 9.29: Trykkluft sylinder

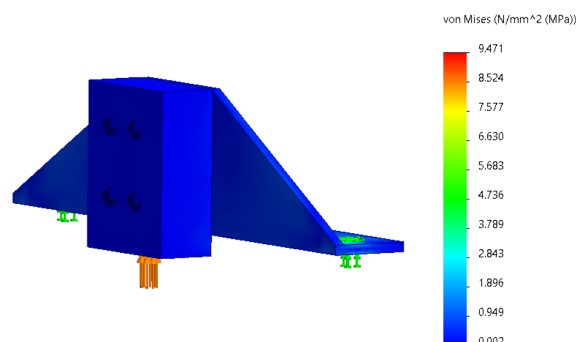
blir festet i en plate som igjen er festet til sylindere med fire skruer. Det er totalt 9 ruller per presse som strekker seg over 220mm.

#### 9.4.4.18 Videreutvikling

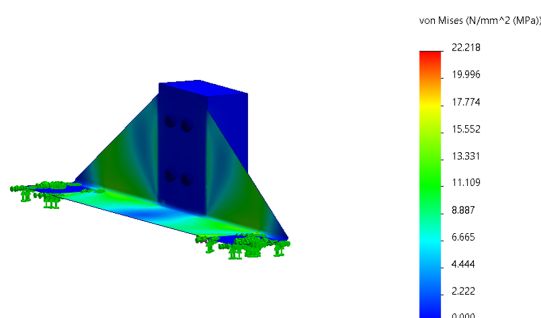
Videreutvikling av trykk mekanismen er å gjøre den mer kostnadseffektiv med tanke på serieproduksjon. På trykkmekanismen kunne det vært å laget delene i tynnplate stål isteden for aluminium. Nå er sikkerhetsfaktoren høy da det blir brukt aluminium på 4 og 6mm. Om vi ser på delene som holder sylindere på plass er den laget av 6mm aluminium. Ifølge Solidworks er maks stress den blir utsatt for 9.47 MPa, strekkfastheten til materialet er 250 MPa som er hentet fra [MatWeb, 2023b]. Dette gir en sikkerhets faktor på  $\frac{250 \text{ MPa}}{9.47 \text{ MPa}} = 26.4$ .

Vi har tatt den samme testen med en 2mm stålplate. Resultatet her er noe lavere enn med aluminiumen. Materialet har en styrke på 210 MPa. Største spenningen her ble 22 MPa. Sikkerhetsfaktoren blir da  $\frac{210 \text{ MPa}}{22 \text{ MPa}} = 9.45$ . Det er under halvparten av hva aluminiums delen har men er mer en godt nok. Vi ser på utmatting av materialet da det blir utsatt for variert strekkbelastninger fra sylindrene. Ved å se på tabell A27 i [Budynas, 2021] kan vi se

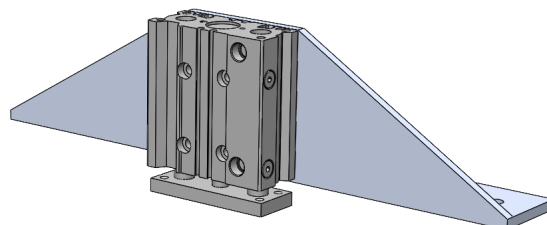
det at om vi holder oss under 172 MPa vil materialet tåle  $10^7$ . sykluser. Ved 22.2 MPa vil den tåle omtrent uendelig med sykluser. Man kan da produsere delen i stål uten å bekymre seg for utmattingsbrudd. Fordelen med å bruke stål på slike deler er at man kan forenkle produksjonen. Aluminiums profilene blir gjerne maskinert i CNC (computer numerical control) maskiner. Tynnplate stål er lettere da man kan maskinere ut formen i et 2D plan. Man kan da bøye stålet slik at det blir som man ønsker. Man sparer mye tid på oppspenning og man kan skjære ut flere deler samtidig.



Figur 9.30: Styrke beregning aluminium



Figur 9.31: Styrke beregning Stål



Figur 9.32: Feste sylinder

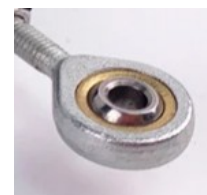
### 9.4.5 Høydemåling

Høydemåleren består av en kjøpedel som er mekanismen som tar høydemålingen av delene. Det er en Miran KPM22 (se databladet I.1) med 50mm rekkevidde og med en nøyaktighet på 0.0005mm. Den har to endeled i hver ende med 5mm åpning. Denne ble plukket ut av de to elektro gruppemedlemmene. For å få den til å fungere som en høydemåler i prototypen ble det laget en vippearms og ett feste for å koble disse sammen. Festet har 6 hull for å kunne justere høyden på vippearmen.

Vippearmen er festa med type 6200 rullelagre i hver ende av løftmekanismen i tillegg til ett endeled fra Miran KPM22.

Festet er skrudd fast til løftmekanismen i hver ende og holder det andre endeledet av Miran KPM22.

Etter å ha konstruert denne mekanismen i DAK ble det tatt FEM beregninger av akslingen i vippearmen som er koblet til endeledet for å se hvor mye denne akslingen vil bøye seg da dette vil kunne forstyrre måleverdiene. 2D tegninger av høydemåler feste og vippearmer som de ble produsert kan sees i vedlegg E.3.



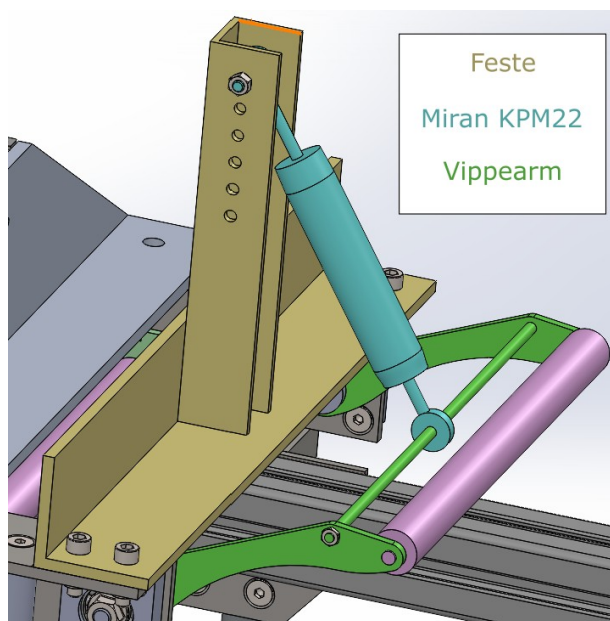
Figur 9.33: Endeled

#### 9.4.5.1 Styrkeberegninger av vippearms akslingskobling

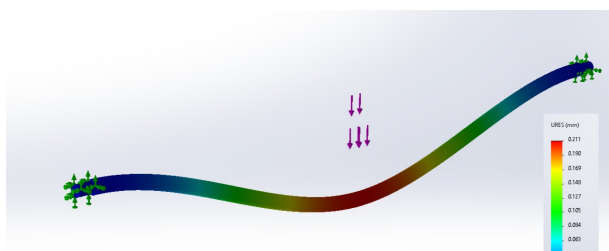
Denne akslingen blir konstruert i AISI 303 stål som har en flytspenning på 240MPa [MatWeb, 2023a].

Det ble satt en kraft på 15N i midten av akslingen for å simulere den kraften som drar ned. Denne kraften er ett resultat av vekten fra vippearms mekanismen, hver er 0.7kg, dvs 1.4kg. Derav  $1.4kg \cdot g \approx 13.7N$ , runder dette opp til 15N.





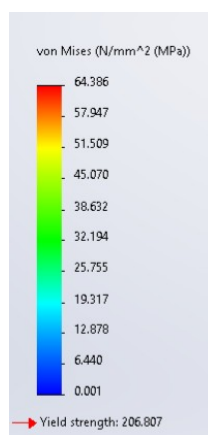
Figur 9.34: Del-systemene i høydemåleren



Figur 9.35: Deformasjon i akslingen i 125 ganger større skala

Maks spenningen i akslingen kommer på 65MPa som er akseptabelt for AISI 303 stål.

Total bøy derimot er over 0.2mm som blir for mye og derfor ble vippearmen rekonstruert med oppstivere for denne akslingen.



Figur 9.36: Spenningstabell for akslingen

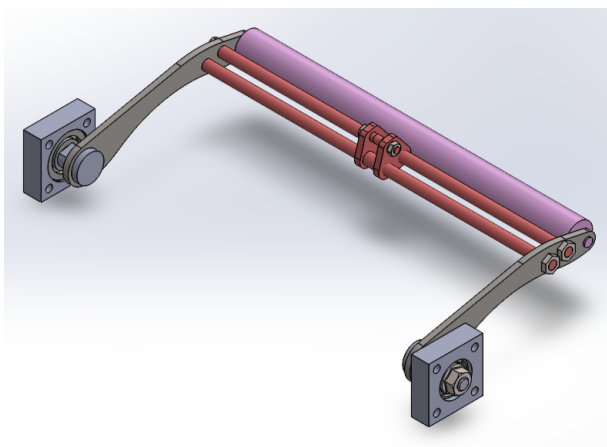


Figur 9.37: Bøyingstabell for akslingen

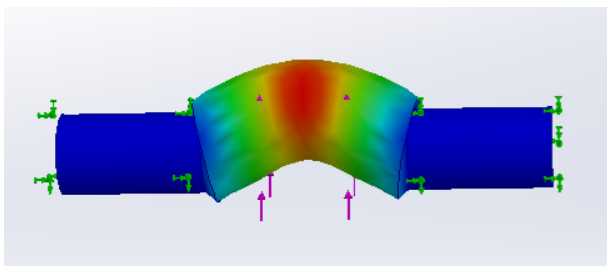
#### 9.4.5.2 Redesign av vippearms akslingskobling

Som funnet så må denne stives av. Det ble løst som en kan se fra figur 9.38 hvor de røde delene er den nye avstivingen.

Det ble tatt nye FEM analyser av delene. Først ble det sett på akslingskoblingen mot endeled fra figur 9.39.

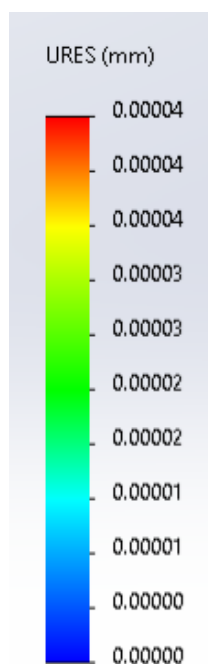


Figur 9.38: Vippearms med ny avstiver for akslingskobling



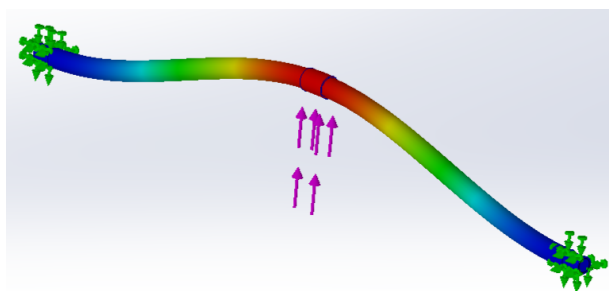
Figur 9.39: FEM analyse av kobling mot endeled

Bøyetabell fra figur 9.40 viser nå maks bøy på 0.00004mm som er under nøyaktigheten til sensoren for høydemålinga.



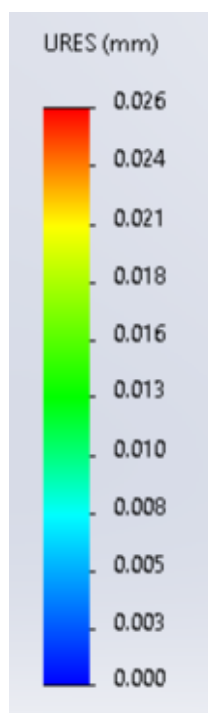
Figur 9.40: Bøyetabell for kobling mot endeled

Neste steg blir å se på de to akslingene på undersiden av endeled koblingen som kan ses i figur 9.41.



Figur 9.41: FEM analyse av avstiver akslinger

Tabellen her viser en bøy på 0.026mm. Selv om dette i praksis kan være godt nok, ble det tatt en design studie (fig. 9.43) for å se hvor mye forbedring endringer i diameter på akslingen gir.



Figur 9.42: Bøyetabell for avstiver akslinger

	Current	Initial	Optimal (1)	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5	Scenario 6	Scenario 7	Scenario 8	Scenario 9
Midt diameter	16mm	16mm	8mm	8mm	9mm	10mm	11mm	12mm	13mm	14mm	15mm	16mm
Displacement Minimize	-1.314e-03 mm	-1.314e-03 mm	-2.624e-02 mm	-2.624e-02 mm	-1.551e-02 mm	-9.735e-03 mm	-6.427e-03 mm	-4.420e-03 mm	-3.142e-03 mm	-2.297e-03 mm	-1.719e-03 mm	-1.314e-03 mm

Figur 9.43: Design studie av avstiver aksling

Design studien viser at ved å gå opp til 10mm aksling får en forminking av bøy fra 0.026mm til 0.01mm. Dette er bra nok for vårt formål og akslings diameter ble da endret til 10mm.

### 9.4.6 Overflatebehandling

Det blir brukt to typer metall i prototypen, AISI 303 stål og 6082-t6 aluminium. Disse har en stor galvanisk potensial forskjell, de er langt i fra hverandre på spenningsrekka som kan ses i figur 3.53 i [Ropital, 2010, 227]. AISI 303 er rundt området -0.05 og aluminiums legeringer er -1 til -0.8 i tabellen.

AISI 303 er rustfritt stål så det skal ikke behandles men for å unngå galvanisk korrosjon mellom de to metallene skal aluminiumen behandles.

Det naturlige oksidsjiktet som er ca 50-100Å tykt på aluminium har en viss beskyttende effekt men vil ved mekanisk slitasje eller i industriluft ikke danne en god nok korrosjonsbeskyttelse [Corneliussen, 1984, 97].

For å forhindre galvanisk korrosjon mellom disse metallene vil vi bruke eloksering på aluminiumen. Dette vil øke oksidlagets tykkelse mellom 15 µm til 30 µm [Corneliussen, 1984, 97]. Denne økningen i tykkelse må en ta i betraktning for deler som har en lav toleranse.

Denne metoden skal brukes på alt av aluminiums flater som er i kontakt med stål.

#### 9.4.6.1 Eloksering av aluminium

Det er flere metoder å gjøre eloksering på, det kommer til å bli brukt metoden kjent som type 2. Den innebærer å bruke et syrebad hvor det blir brukt en blanding av svovelsyre og destillert vann. Delen dyppes i dette badet som også har to bly katoder på hver side av delen som igjen da er anoden. Positiv strøm blir koblet til anoden og negativ mellom katodene.

Metoden som blir brukt er fra [Corneliussen, 1984, 100].

1. Avfetting med lut.
2. Nøytralisasjon av lut med salpetersyre.
3. Eloksering i svovelsyre
4. Farging.
5. Porelukking i kokende vannbad.

Total strømstyrke for delene som dyppes i svovelsyra er 1.5 A/dm<sup>2</sup>.

Det ble startet med en test bit på 21x26x6mm.

Total overflate på denne biten:  $21 \cdot 26 \cdot 2 + 21 \cdot 6 \cdot 2 + 26 \cdot 6 \cdot 2 = 1656 \text{mm}^2$ .

Total strømstyrke:  $1656 \text{mm}^2 \cdot 1.5 \text{A/dm}^2 \cdot \left(\frac{\text{dm}}{100\text{mm}}\right)^2 = 0.25 \text{A}$

Det ble gjort forsøk med eloksering som kan ses i test vedlegg D.18.

### 9.4.7 Deksel

Prototypen har bevegelige deler som man kan skade seg på. Trykk mekanismen og båndet er disse delene. Vi ser på to mulige bruksområder for prototypen, ett hvor den det står i et produksjonslokale og ett hvor den er på offentlig plass for demonstrasjon. I denne sammenhengen ser vi på maskinforskriften [Arbeids-og inkluderingsdepartementet, 2023], da den setter krav til sikkerhet ved maskiner. Kapittel to i maskinforskriften omhandler vern mot skade på liv og helse.

#### 9.4.7.1 Offentlig risikoanalyse

Siden prototypen skal bli vist for et publikum med variert aldersgruppe ønsker vi at det skal være sikkert. Først må vi identifisere hva risikoene er. Innløpsbåndet som prototypen er festet på er en klar risiko. Det er mulighet for å feste seg på båndet og bli dratt med. Båndet blir drevet av en motor som har kjededrift. Her er det også mulighet for å bli dratt med. Konsekvensen om dette skjer vil være stor, da båndet blir drevet av en sterk motor. Faren er da at man blir klemt mellom andre stasjonære deler eller at man blir klemt mellom tannhjulene.

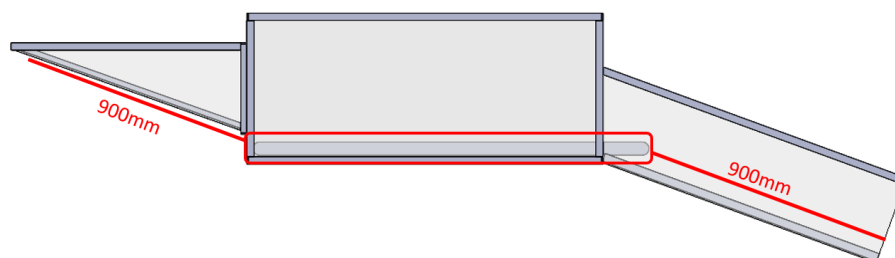
#### 9.4.7.2 Tiltak

For å sikre at ingen kommer til skade under bruk av prototypen, blir det laget deksel som skal beskytte brukeren og tilskuere. Dette dekselet blir laget i henhold til standardene ISO-13857 [Norge, 2008], NS 415-10 [Norge, 2014] og maskinforskriften [Arbeids-og inkluderingsdepartementet, 2023].

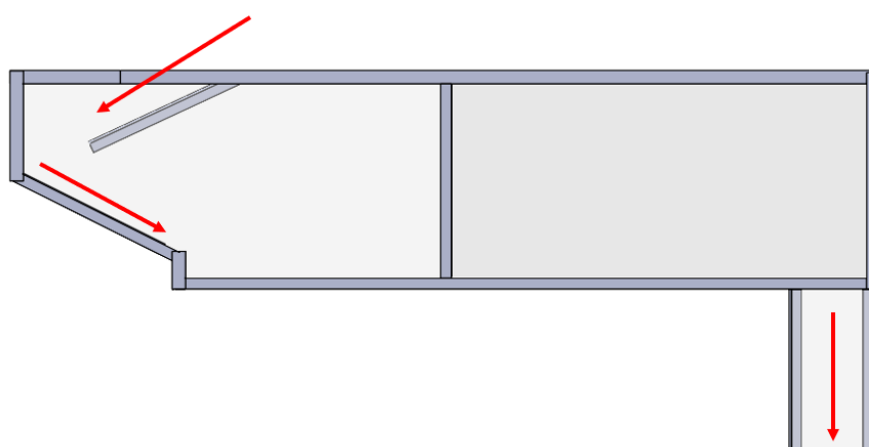
#### 9.4.7.3 Utvikling av deksling

I standarden NS 415-10 [Norge, 2014] står det at maskiner med åpninger mindre en 120mm skal følge en av tabellene 3,4,5 eller 6 i ISO-13857 [Norge, 2008], tabell 5 gjelder maskiner som er forventet brukt offentlig. På side 9 i den aktuelle standarden finner vi tabell. Den sier at en rektangulær åpning der den minste siden er over 40mm og under 100mm skal være 900mm fra fare sonen.

Figur 9.44 viser hvordan man har designet for å gjøre det sikkert. Her er det laget to renner som er ut fra en boks i senter. Boksen er laget slik at man ikke får tilgang til noen farlige komponenter. Man ser her at båndet er innen for den røde ringen. Åpningene som posene da skal komme inn i er da 900mm fra farlige komponenter. Dette gjøre også med kjede driften men uten åpninger.



Figur 9.44: Design av Deksel



Figur 9.45: Alternativ-deksling

#### 9.4.7.4 Alternativ deksling

Det ble også designet et alternativ deksel som sparte plass. Dette designet ble forkastet på grunn av faren for at snacksen samler seg på en side av posen, noe som er et problem for testingen. Dette dekslet er designet slik at man ikke greier å få armen i nærheten av de bevegelige. Dette er på grunn av utformingen som man ser på figur 9.45

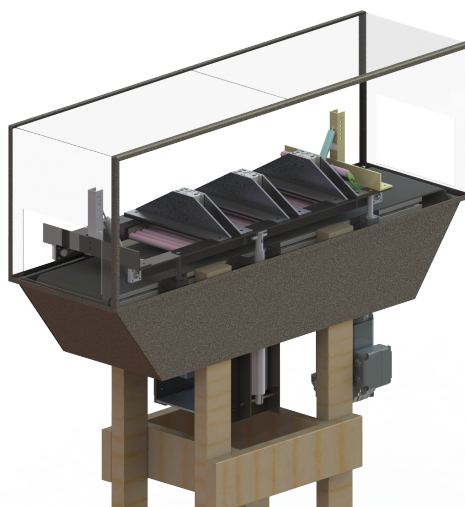
#### 9.4.7.5 Deksel for produksjonslokale

Når vi ser på et produksjonslokale er det andre regler som gjelder. Det er begrenset antall personer som har tilgang til dette området. Personellet har gjerne opplæring og vet hva som kan være farlig.



#### 9.4.7.6 Alternativ til deksling

I standardene [Norge, 2008] og [Norge, 2014] er det beskrevet andre måter man kan sikre arbeidsplassen på enn å bokse inn hele maskinen. Man kan i stedet bruke en kombinasjon av sensorer og gjerder som gjør det mulig å redusere risikoen for skader men uten å bokse inn hele systemet. En maskin som dette kan da ha enkle gjerder med en sensor som fungerer som et lokk. Sensoren vil da stoppe maskinen om den oppdager et objekt i området sitt.



Figur 9.46: Deksel for produksjon

#### 9.4.7.7 Design for produksjonslokale

Designet som figur 9.46 viser, er et forslag på et design til produksjonslokale. Det er tatt utgangspunkt i at samlebåndet som posene blir fraktet på følger standarden. Det er derfor en større åpninger som samlebånd kan få plass igjennom. Designet er enkelt som igjen gjør det enkelt å produsere. Plastikken er gjennomsiktig som gjør at man kan se om maskinen fungerer som den skal. For at man enkelt skal ha tilgang på innholdet i dekslingen, er det lagt inn en luke man kan bruke når maskinen ikke er i bruk. Under siden av maskinen er det dekket med tynnplater i stål. Dette er enkelt og kostnads effektivt. Disse dekslene hindrer at man får uønsket kontakt med motoren og aktuatorene.

### 9.4.8 Produktkalkyle

For å en oversikt over hvor mye prototypen har kostet setter vi opp en produktkalkyle. Hensikten her er ikke å få en pris på et ferdig produkt men en ide om hva en maksimums verdi vil være.

Type	Pris
Direkte materialkostnad	21438
Direkte arbeidskostnad	14 350
Indirekte kostnader	10736
Sum	32174
Fortjeneste	2252
Kalkulert pris	34426

#### 9.4.8.1 Direkte kostnader

Her inngår alle kostnader vi ser igjen i produktet. Materialer, deler og maskinerings timer inngår i denne kolonnen. Tronrud Engineering produserte 42 deler for oss. Antatt tid er 15-20min per del, kostnad er 1025 per time.

$$\frac{42}{3} \cdot 1025kr = 14350kr$$

vi har også beregnet kostnader på alt av materialer og komponenter til 17133kr

#### 9.4.8.2 Indirekte kostnader

Dette er kostnader man ikke ser i produktet men som har bidratt til å lage produktet. Man tenker på strøm, leie av lokale osv. Her har vi brukt tilleggs kalkulasjoner som vil si at vi har tatt de direkte kostnadene og ganget med 0.3 for å få en omtrentlig kostnad.

#### 9.4.8.3 Fortjeneste

Her har man brukt prosent fortjenesten til bedriften. Den har blitt brukt til å kalkulere hvor mye bedriften burde tjene på produktet. Ved å se på [proff.no, 2023] her ser vi at lønnsomheten er 7% dette legger vi på alt av sumen av kostnadene for å få fortjenesten.

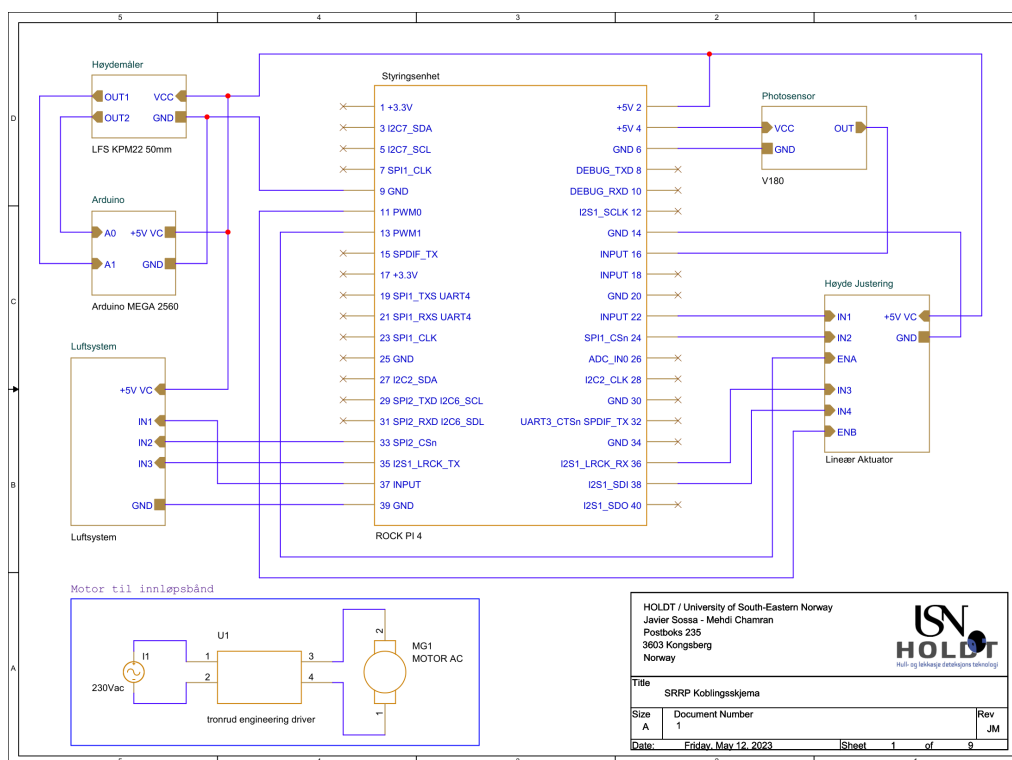
### 9.4.8.4 Vurdering

Ut i fra regnskapet ser prototypen ut som et god grunnlag for å lage et produkt man kan tjene på. En etablert bedrift vil ha avtaler på materialer og komponenter som gjør produksjons prisen vesentlig lavere. Man kan også optimalisere desginet til prototypen mot bedriftens maskinpark.

## 9.5 ELEKTRISK INSTALLASJON

### 9.5.1 Koblings skjema

Denne del av dokumentet presenterer det elektriske koblings skjemaet til SRRP. Diagrammet som vist i figur 9.47 illustrerer sammenkoblingene mellom de ulike komponenter i systemmodulen. Rock Pi 4 er en kraftig enkeltkorts datamaskin som kan brukes sammen med L298N-motordriveren for å kontrollere drive lineære aktuatorer. Grunnen til å velge en Arduino Mega 2560 i stedet for å bruke bare Rock Pi 4, spesielt for analoge innganger, skyldes først og fremst mangelen på innebygde analoge inngangsmuligheter på Rock Pi 4. Rock Pi 4 er et kraftig enkeltkort datamaskin som utmerker seg på områder som prosessorkraft, tilkoblingsmuligheter og generell allsidighet. Imidlertid har den ikke dedikerte analog-til-digital-omformere (ADC) som Arduino-kort, noe som gjør arduino-kort egnet for prosjekter som er avhengige av analog signalinnsamling.



Figur 9.47: Koblings skjema for systemet. Vedlegg: [F].

### 9.5.2 Høydejustering

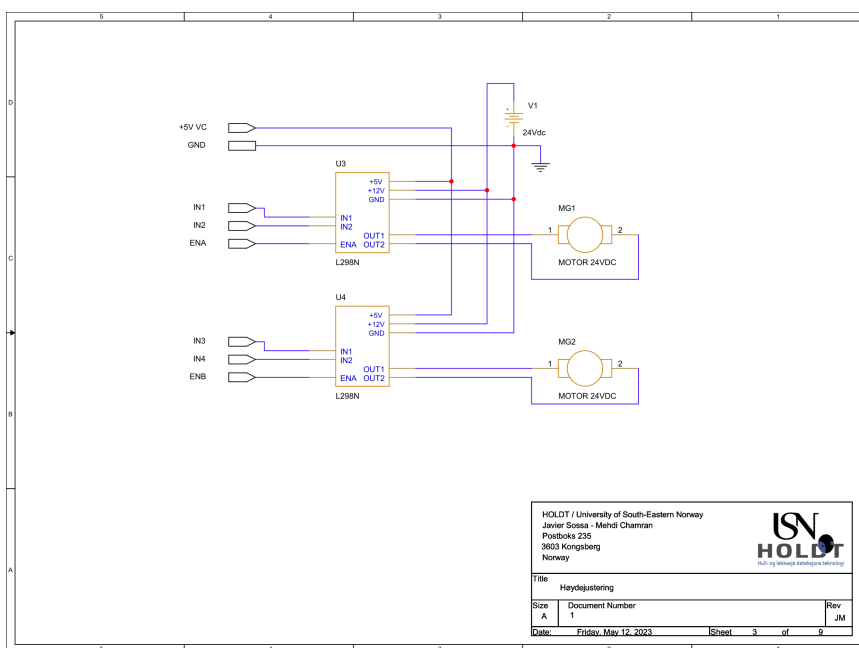
En lineær aktuator er en mekanisk enhet som konverterer roterende bevegelse til lineær bevegelse, noe som muliggjør presis kontroll over lineær forskyvning. Den består av en motor, typisk en DC (Direct Current) motor, og en mekanisme som oversetter motorens rotasjonsbevegelse til lineær bevegelse.

En DC-motor er en type elektrisk motor som opererer etter prinsippet om elektromagnetisk induksjon. Den konverterer elektrisk energi til mekanisk bevegelse ved å utnytte samspillet mellom et magnetfelt og strømmen som flyter gjennom motorens viklinger. DC-motorer brukes ofte i lineære aktuatorer på grunn av deres enkelhet, kompakte størrelse og presise hastighetskontroll.

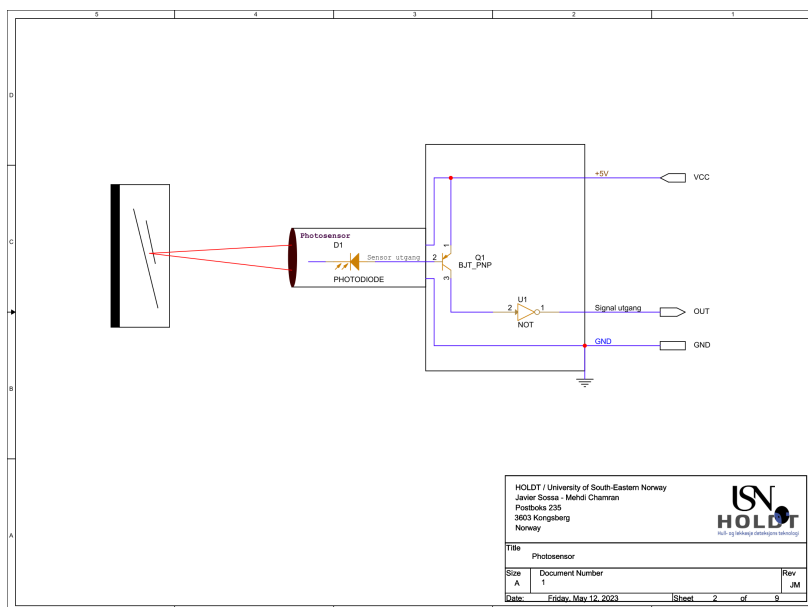
I sammenheng med en lineær aktuator er DC-motoren koblet til en ledeskrue, belte eller andre mekaniske komponenter som konverterer motorens rotasjonsbevegelse til lineær forskyvning. Når motoren roterer, driver den mekanismen, noe som får den lineære aktuatoren til å forlenge eller trekke seg tilbake avhengig av designet. Den lineære bevegelsen kan kontrolleres ved å variere hastigheten og retningen til DC motor.

L298N er en motordriver, og dens primære funksjon er å kontrollere motordriften. Den lar deg kontrollere hastigheten og retningen til en eller flere motorer ved hjelp av en mikrokontroller eller annen digital enhet. Aktuatorene er koblet til L298N- motordriver, som er koblet til Rock Pi 4

Når det gjelder programmering, vil vi beregne tiden det tar for aktuatoren å bevege seg til full forlengelse, slik at vi kan flytte aktuatoren en forhåndsbestemt avstand ved å aktivere den for en forhåndsbestemt varighet. For eksempel, hvis aktuatoren vår strekker seg helt ut på 30 sekunder og vi vil at den skal forlenges halvveis, vil vi aktivere den i 15 sekunder. Figur 9.48 viser koblingsskjema mellom lineære aktuatorer, L298N og inngangene fra Rock PI 4.



Figur 9.48: Høydejustering. Vedlegg: [F.2].



Figur 9.49: Fotocelle. Vedlegg: [F.3].

### 9.5.3 Fotocelle

En fotocelle, også kjent som en lyssensor eller en fotodetektor, er en enhet som oppdager og måler lysnivåer eller endringer i lys. Det brukes ofte i forskjellige applikasjoner som kameraer, lysmålere, automatiske lyssystemer og optiske kommunikasjonsenheter. Grunnprinsippet bak driften av en fotocelle avhenger av den spesifikke typen sensor som brukes, generell oversikt.

En vanlig type fotocelle er en fotodiode. En fotodiode er en halvlederenshet som genererer en elektrisk strøm når den utsettes for lys. Den består av et p-n-kryss, hvor p-type og n-type halvledermaterialer bringes sammen. Når fotoner (lyspartikler) treffer halvledermaterialet, overfører de energi til elektroner i materialet, og danner elektron-hull-par.

Fotodioden drives vanligvis under omvendt forspenning, noe som betyr at en spenning påføres i en retning som forhindrer strømflyt. Men når lys faller inn på fotodioden, lar det strøm flyte gjennom enheten. Mengden strøm som genereres er direkte proporsjonal med intensiteten til lyset som treffer fotodioden. Denne strømmen kan måles og brukes til å bestemme lysnivået. Figur 9.49 viser en illustrasjon for en typisk kobling av fotocellen eller fotodetektor. Denne sensor er implementert i systemet for å kunne detektere når en pose går gjennom innløpsbåndet. Fotocellen bruker refleks slik at når lyset som kommer tilbake til sensoren bryttes fra en potetgull pose vil denne sende et signal til mikrokontrolleren Rock PI 4. Fotocellen VL180-P132 fra SICK [appendix: I.2] er brukt til koblingen av prototypen.

### 9.5.4 Høydemåler

Resistive lineære forskyvningssensorer, også kjent som potensiometre, er elektriske enheter som bruker endringer i motstand for å måle lineær forskyvning. De består av et resistivt element og en glidende kontakt, typisk i form av en visker eller sonde, som beveger seg langs det resistive sporet.

Det resistive elementet i et potensiometer er vanligvis en lang, smal stripe laget av et ledende materiale, for eksempel karbon eller ledende plast. Denne stripen har en spesifikk motstand per lengdeenhet. Når glidekontakten beveger seg langs strimmelen, endres den effektive lengden av motstandsbanen, og endrer motstanden mellom kontakten og endene av strimmelen. Denne endringen i motstand er direkte proporsjonal med den lineære forskyvningen av objektet som måles.

For å konvertere endringen i motstand til et elektrisk signal, påføres en spenning over det resistive elementet. Dette skaper en spenningsdelerkrets, der spenningen over kontakten eller viskeren bestemmes av dens posisjon

langs det resistive sporet. Spenningen ved viskeren kan måles ved hjelp av en analog-til-digital-omformer (ADC) eller andre kretser for å få en digital representasjon av den lineære forskyvningen.

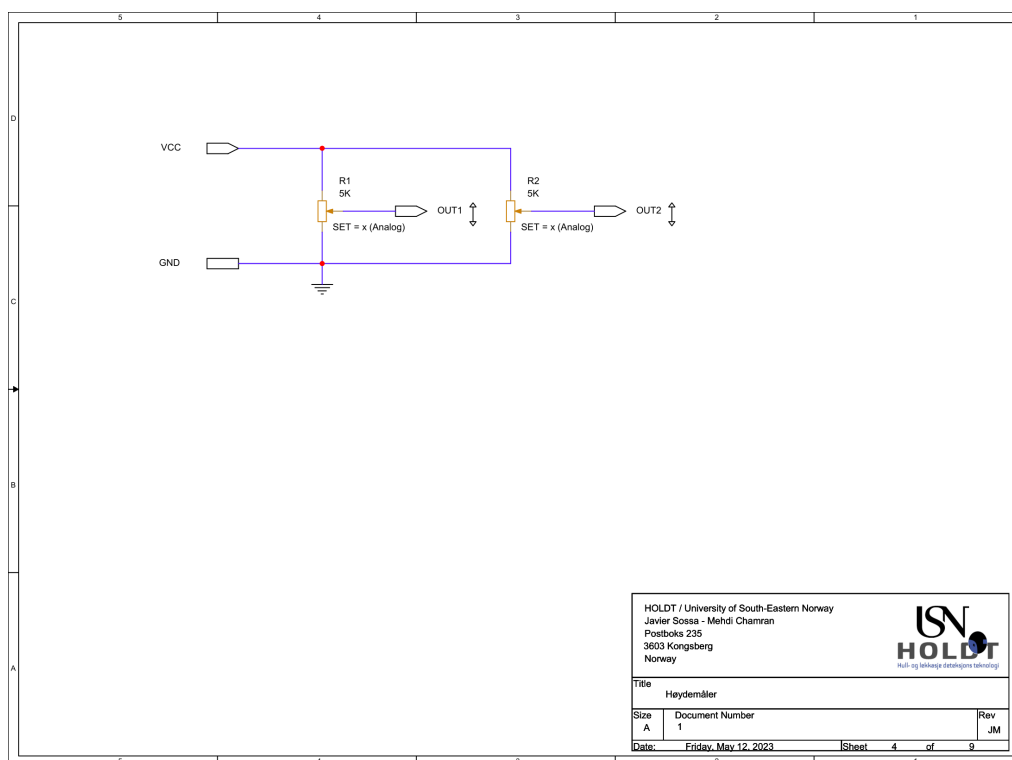
Utgangsspenningen til potensiometeret kan påvirkes av forskjellige faktorer, for eksempel lineariteten til det resistive sporet, den mekaniske presisjonen til glidekontakten og den påførte spenningen. For å forbedre nøyaktigheten og minimere potensielle feil, kan kalibreringsteknikker brukes for å etablere et lineært forhold mellom motstandsendringen og den faktiske forskyvningen.

Potensiometre brukes til å filtrere og forsterke utgangssignalene, og sikre nøyaktig måling og kompatibilitet med eksterne systemer. Disse signalene kan deretter viderebehandles eller konverteres til digitalt format for integrering i kontrollsystemer eller datainnsamlingsystemer. Noe vi i praktisk bruker denne elementet for. Hvor vi leser av høydeforandringen som blir påført i posen med hull eller om det ikke et noe forandring.

Resistive lineære forskyvningssensorer tilbyr fordeler som enkelhet, rimelighet og enkel integrering i ulike applikasjoner. Imidlertid kan de ha begrensninger med hensyn til linearitet, slitasje av det resistive elementet, og følsomhet for miljøfaktorer som temperatur og fuktighet. Å forstå disse faktorene er avgjørende for å velge og bruke resistive sensorer effektivt i elektriske systemer.

Figur 9.50 viser den elektriske koblingen mellom potensiometrene som er brukt og mikrokontrolleren som leser av data, i vår tilfelle bruker vi en kombinasjon mellom Arduino MEGA og ROCK PI 4 siden bare ROCK PI leser ikke analoge signaler. Det brukes to potensiometre som måler høyden inn og ut av modul eller trykkmekanismen i SRRP. Kretsen viser en enkel kobling av potensiometre hvor det blir påført en spenning på cirka 5V spenning fra ROCK PI 4. Deretter kan spenningen over kontakten eller viskeren måles avhengig av dens posisjonen langs det resistive sporet. Potensiometre som brukes er lineær posisjon sensor fra Shenzhen Miran Technology Co [I.1].





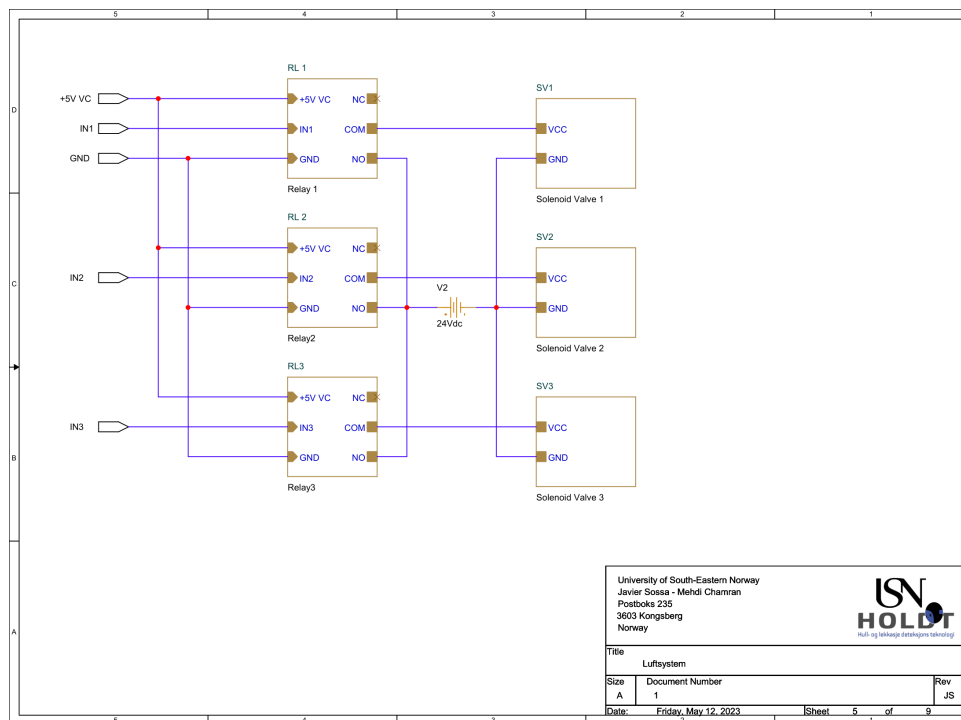
Figur 9.50: Høydemåler. Vedlegg: [F.4].

### 9.5.5 Luftsysteem

Det elektromekanisk luftsysteem er bruk til å kontrollere strømmen av luft. I luftsysteem er det snakk om tre solenoidventiler som styrer luft inn og ut til pressemekanismen eller pneumatisk silindere for å gi press på potetgull posene når disse ligger under rullene. Solenoidventilene er elektromekaniske enheter som åpner og lukker for luftstrømmen når de blir aktivert med en elektrisk signal som er sendt fra andre sensorer og mikroprosessor. Vi har lagt koblingskjema til luftsysteem som er vist i figur 9.51. Det er fordelt i tre forskjellige ventiler montert med pneumatisk silindere og som er koblet med en relémodul med tre forskjellige inngang signaler. Til kretsen sendes 5 volt spenning fra Rock Pi som er mikroprosessor og 3 forskjellige signaler til hver relé og videre til ventilene som er koblet til en 24 volt spenningskilde. Disse er i vist i figuren i hierarkiske blokker for å gi en mer ryddig oversikt i tegningen.

Luftsysteem mottar signaler fra mikrokontrolleren Rock PI. For å styre ventilene av og på brukes det en relémodul som mottar inngangsignalene

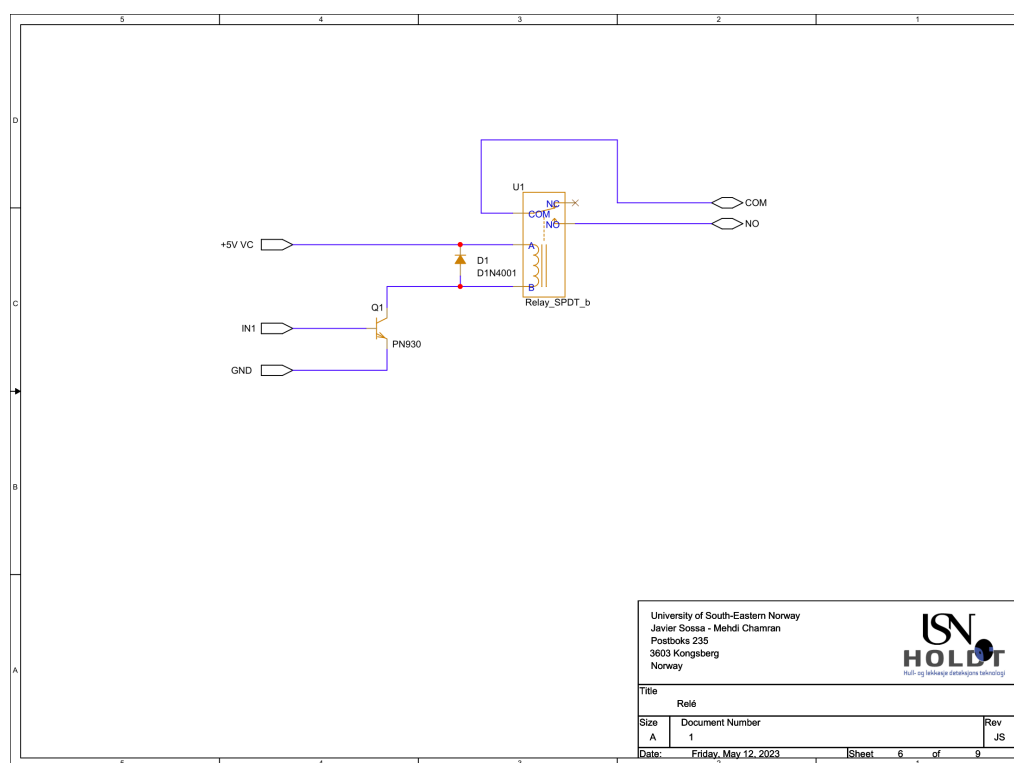
fra mikrokontrolleren. Disse er tre forskjellige signaler til hver ventil.



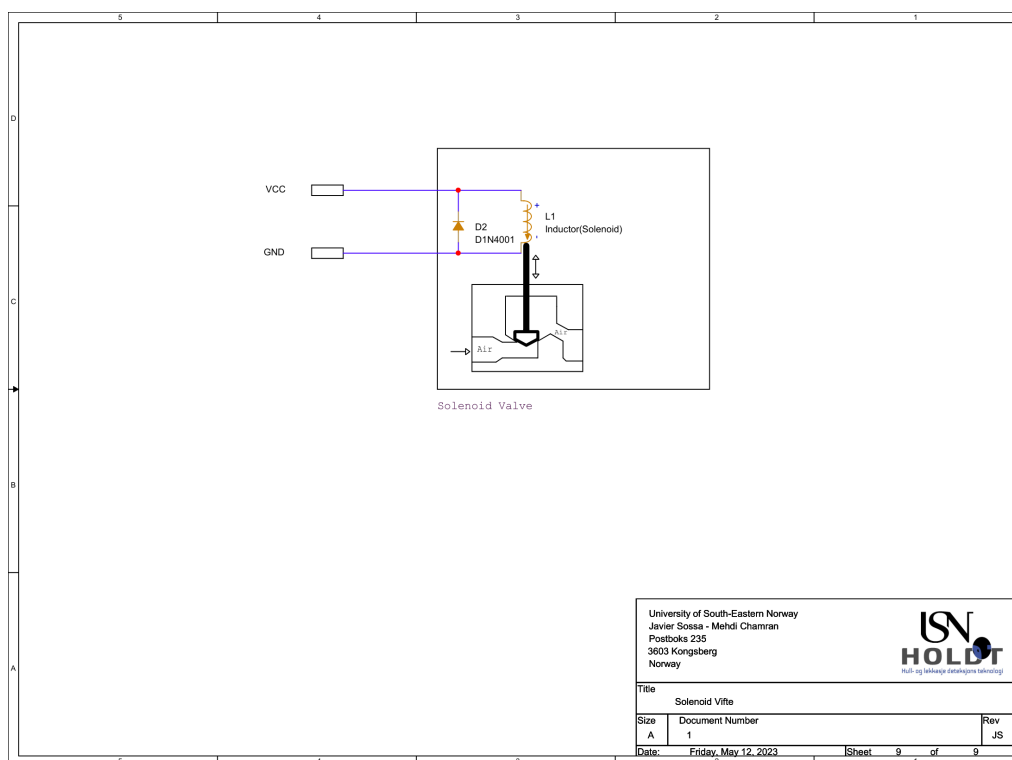
Figur 9.51: Luftsystem. Vedlegg: [F.5].

### 9.5.6 Relé til luftsystem

Relémodul brukes til å kontrollere den elektriske strømmen som går gjennom solenoidventilene, som kommer fra en 24V spenningskilde koblet i parallell til ventilene. Reléet fungerer som en bryter som åpner eller lukker for strømmen inn i ventilene. Figur 9.52 viser kretskobling til reléet. Her brukes 5V sendt fra mikrokontrolleren til å slå på relémodulen i tillegg til at den blir jordet. I reléet er ofte en transistor som styrer signalen inn i bryteren. Når mikrokontrolleren sender et signal på base av transistor vil strømmen gå over emitter til jord å dermed aktivere spolen som styrer bryteren. Da vil strømmen til ventilen lukkes og de bli aktivert. Dioden brukes for å beskytte kretsen mot Back EMF-spennning når spolen har blitt ladet opp og vil tømme strømmen ut når det ikke sendes noe signal fra mikrokontrolleren. Her har vi koblet relémodulen slik at den er NO (Normally Open), det betyr at ventilen får ikke strøm før den mottar et signal fra mikrokontrolleren.



Figur 9.52: Luftsystem relé. Vedlegg: [F.5.1].



Figur 9.53: Luftsistem solenoid vifte. Vedlegg: [F.5.2].

### 9.5.7 Solenoidventiler

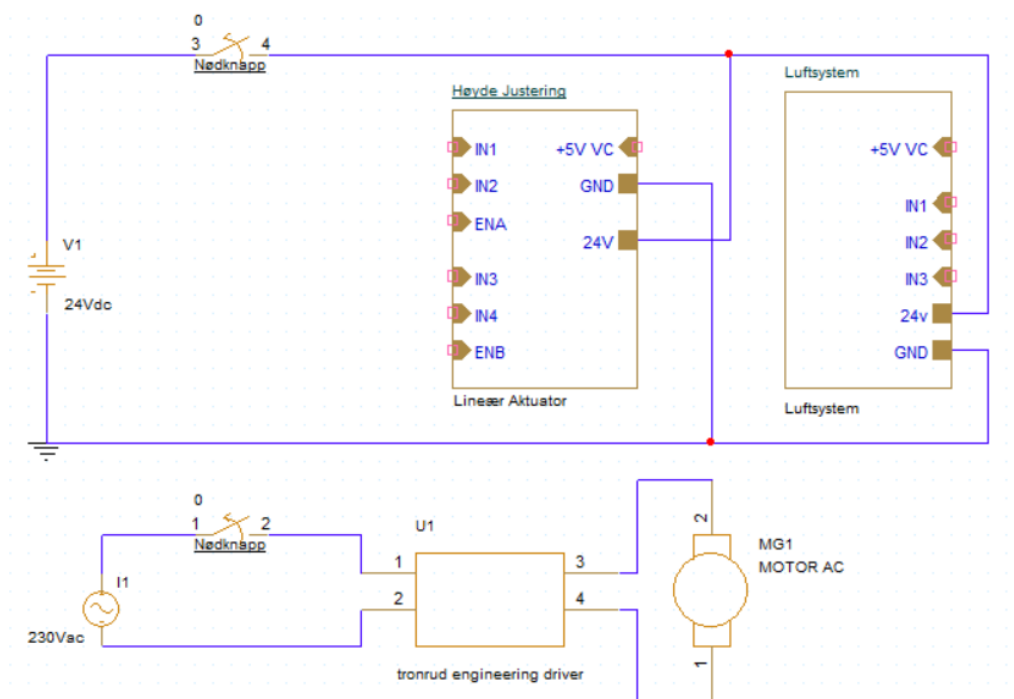
Solenoidventiler er elektromagnetiske enheter som er brukt til å kontrollere strømmen av trykkluft som går til de pneumatisk sylindere. De består vanligvis av en spole og en bevegelig stift som beveger seg når strømmen går gjennom spolen. Når elektrisk strøm påføres spolen, genereres et magnetfelt som beveger en mekanisme inne i ventilen og åpner eller lukker for luftstrømmen. Når strømmen slås av, returnerer ventilen til sin opprinnelige posisjon og stopper luftstrømmen. Som vi kan se i figur 9.53 er det både en elektrisk og mekanisk tegning av solenoidventiler i luftsystemet. Kretsskjema tegningen viser da en typisk krets for solenoid ventiler som inneholder vanligvis en solenoid spole som beveger en stift gjennom en magnetisk felt. Det er også en diode slik som på relémodulen som ofte er inkludert i kretsen og har samme bruk for å beskytte andre komponenter mot den høye spenningen av back EMF som kommer fra solenoidspolen etter at strømmen slås av. Dioden gir en vei for denne strømmen å flyte uten å forårsake skade.

Ventilene bruker en 24V spenningskilde som er den spenningen som må til for å få dem til å fungere. Det er også integrert et styreelement som er vanligvis en transistor og som da styrer strømmen inn. Dette er da integrert med den relémodulen.

### 9.5.8 Nødknapp

Nødknapper, er kritiske komponenter i sikkerhetstiltak, spesielt i prosjekter som involverer tungt maskineri eller elektriske komponenter. I tilfelle en katastrofe eller nødsituasjon betyr deres tilstedeværelse at enhver maskin eller system kan stoppes umiddelbart, noe som potensielt kan spare alvorlige skader, dødsfall eller betydelig skade på maskinen eller omkringliggende infrastruktur. Denne funksjonen er ikke bare et praktisk krav, men det er også lovpålagt flere steder, også i Norge. Arbeidsmiljøloven er den grunnleggende forskriften i Norge som omfatter sikkerhetstiltak på arbeidsplassen, herunder installasjon og bruk av nødknapper. Loven presiserer arbeidsgivers ansvar for å sikre en trygg og sikker arbeidsplass for sine ansatte. Arbeidstilsynet implementerer og fører tilsyn med regelverket [Arbeids-og inkluderingsdepartementet, 2023].

I kontinuerlige innsats for å ivareta sikkerheten, har det blitt implementert en nødstopppknapp i SRRP. Denne nødknappen er utformet for å umiddelbart stoppe driften av motoren og avbryte elektrisitetsstrømmen i systemet i tilfelle nødssituasjoner. Dette tiltaket ivaretar utstyret og personellet vårt, og forsterker vår forpliktelse til sikkerhet og effektivitet. Figur 9.54 viser koblingsskjema av nødknappen.



Figur 9.54: Koblingskjema av nødknappen

## 9.6 STYRING AV ENHET

Systemet vi har kommet frem til viser seg å være ganske komplekst, og styringen av det i lik grad. For å tilfredsstille krav nr.3 vist i figur 2.1 har vi implementert to lineære akuatorer 9.5. Disse blir foreløpig styrt av en Arduino, men om vi hadde hatt mer tid ville vi gjerne lagt til rette for å styre dem med GUI'en. Så har vi selve pressene, disse blir styrt av et Python-program. Programmet er koblet til en fotocelle som er montert på samlebandet. Når en pose bryter fotocellen sin kontakt med refleksen sendes det ett signal for å aktivere pressene. For å vite når posen skal trykke ned har vi anvendt en bevegelsesligning;  $t = \frac{s}{v}$  som i vårt tilfelle blir;

$$t = \frac{\text{avstand til presse} + \frac{2}{3} \cdot \text{posens lengde}}{\text{innløpsbåndets hastighet}}$$

Med denne formelen skal vi i teorien kunne kjøre igjennom alle slags type poser ved å enkelt kunne justere på innstillinger i GUI'en og kun ta høyde for posens lengde. For å konkludere om det er en lekkasje i posen har vi to potensiometer lagt inn i systemet, en før posen går igjennom pressene og en etter. Om målingene til disse potensiometerene har stort nok avvik

fra hverandre og forventet verdi blir posen blåst av innløpsbanen. Videre nedover i dette kapitlet skal vi gå litt mer i dybden på det som har blitt nevnt så langt.

### 9.6.1 GUI

GUI'en har blitt designet for å enkelt kunne monitorere og tilpasse SRRP systemet til kundes behov, detaljert dokumentasjon av programvare finner du i appendix H.1 og på vår nettside: <https://itfag.usn.no/grupper/D05-23/GUI>. Om det skulle være behov for videreutvikling av software er strukturen enkelt satt opp slik at man kan legge til egne widgets.

Programmet er laget i C++ på et rammeverk som heter QT, dette har vært en stor utfordring for oss da ingen har noe erfaring med det fra tidligere. Men etter å ha investert mye tid i dokumentasjonen dems føler vi at vi har kommet frem til et tilfredsstillende proof of concept.

	Height corrected	Height measured	Leakage	Reason	Length	Number of measurements
1	58.8433618924814	55.8433618924814	-0.153280563853976	0	307.162424278808	64
2	58.8433618924814	55.8433618924814	-0.153280563853976	0	307.162424278808	64
3	58.752928668167	55.752928668167	-0.15505144051567	0	297.587345455099	64
4	59.0490848717447	56.0490848717447	-0.154337468527842	0	298.266039533091	63
5	58.9424302733521	55.9424302733521	-0.137967064230773	0	307.172231994698	63
6	58.9552183203723	55.9552183203723	-0.0985288508665008	0	308.950567402524	60
7	58.7276796584841	55.7276796584841	-0.165880152120351	0	305.773651423575	62
8	58.9226920742439	55.9226920742439	-0.0998987475600543	0	300.768184521203	60
9	58.9062517830837	55.9062517830837	-0.16715791669408	0	305.517866141002	62
10	58.9254007195278	55.9254007195278	-0.238123880797275	0	314.331473745727	64
11	58.7636735777885	55.7636735777885	-0.184873489013825	0	319.061932238461	63

Figur 9.55: General

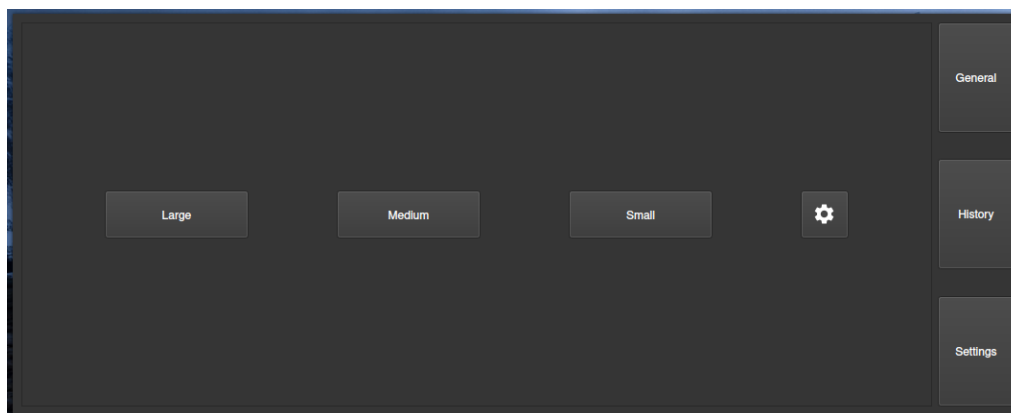
I figur 9.55 ser vi hoved vinduet til GUI'en, dette er ment til å være hovedfokuset for brukeren, her ser man en kontinuerlig strøm av måledata og en grafisk visning av resultater. Alle poser som blir godkjent av systemet får grønn farge. Helt nederst ser du en grønn fremdriftslinje. Vi har inkludert den så det er lett å trekke en konklusjon av alle målinger som er gjort. Det er også vært og legge merke til at ved å bruke virkemiddler som farger kan vi lede fokuset til brukeren da fremdriftslinjen er av lysere farge. Dette har vi gjort nettopp av den grunn at vi anser dette elementet som en viktigere del.

I figur 9.56 har vi ett vindu for tidligere målinger. På venstre siden av GUI'en har vi en filkatalog over testdata. Hver gang kunden starter en ny

	Height corrected	Height measured	Leakage	Reason	Length	Number of measurement
1	53.75293863753	50.75293863753	0....	Bag to low	348.612586241215	50
2	53.75293863753	50.75293863753	0....	Bag to low	348.612586241215	50
3	53.7516349610486	50.7516349610486	0....	Bag to low	349.386611337099	50
4	53.7515196966823	50.7515196966823	0.0219628861254151	Bag to low	318.351068845789	51
5	53.746848070663	50.746848070663	0.0161385285400115	Bag to low	305.422927431827	50
6	53.7498157999233	50.7498157999233	0.0204571572479111	Bag to low	307.431548055711	51
7	54.3872449243549	51.3872449243549	0....	0	302.644989416646	51
8	53.7491433690333	50.7491433690333	-0.00112626836359...	Bag to low	315.377368761523	51
9	54.9291072182364	51.9291072182364	-0.0455351332237441	0	294.226044379817	46
10	53.7640107957849	50.7640107957849	0....	Bag to low	335.642860103399	50
11	56.430977515571	53.430977515571	0.0855386625998094	Bag leaking	306.502561017165	54

Figur 9.56: History

test med en ny pose vil en ny fil opprettes her. Akkurat denne funksjonen med oppretting av filer har vi dessverre ikke hatt tid til å implementere, men er noe vi gjerne skulle ha hatt. Ettersom brukeren trykker på filer i katalogen åpnes de i vinduet til høyre. Her kan man se data representert på ganske lik måte som i figur 9.55.



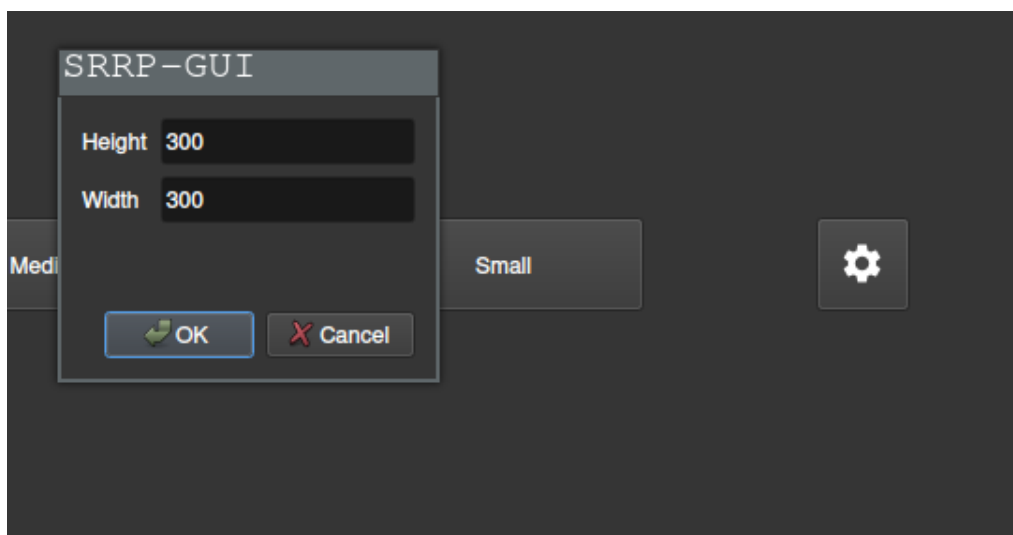
Figur 9.57: Settings

designet

Sist men ikke minst har vi innstillings-vinduet vist i figur 9.57, her kan bruker trykke på diverse poseprofiler for å tilpasse SRRP systemet til dets behov. Du ser også dette tannhjulet helt til høyre. Dette åpner ett eget vindu som du ser i figur 9.58. Her kan bruker legge inn nøyaktig mål isteden for predefinerte størrelser. Alle predefinerte posestørrelser er lagret i json filer. Og endringer gjort i vinduet vist i figur 9.58 blir lagret direkte der. Det er



verdt å nevne at om vi hadde tid skulle vi gjerne ha laget en funksjon for å kunne slette poseprofiler, redigert, og lagt til.



Figur 9.58: Egendefinert poseinnstilling

### 9.6.2 ROCK PI

Ved å bruke Raspberry Pi får vi større frihet ved valg av programmeringsspråk, ettersom man ikke som på Arduino, låses til et enkelt språk. Styringen av maskindelene er for eksempel skrevet i Python, mens GUI'en er laget med Qt (C++). Den er også kritisk med tanke på at vi skal samle inn data fra, kjøre flere prosesser samtidig og ha GUI på systemet. Valget falt på en Rock 4 SE da det var den den som var enklest å få tak til en ålreit pris.

### 9.6.3 Arduino

Ettersom vi skal bruke potensiometer for å måle høyden på snacksposene som skal gjennom systemet, og Rock Pi'en ikke har analoge I/O-pins, måtte vi finne en annen løsning. Valget falt på å bruke en Arduino, da denne har analoge porter og kan kobles i Rock Pi'en via USB. Herfra vil signalet plukkes opp av et Python-program som overvåker og samler inn data fra porten Arduino'en er koblet i. Programmet skiller også mellom poser på vei inn og ut av systemet, selv om dataen fra begge potensiometerene vil sende data likt.

### 9.6.4 Fotocelle

For at trykkmekanismen skal kjøres på riktig tidspunkt må den vite om det er snackspose på banen og hvor de er. Dette oppnås ved hjelp av en fotoelektrisk sensor som er montert ved inngangen til banen. Sensoren er en VL180-P132 fra Sick. Valget falt på denne da det var den som fungerte best av de som ble tatt med fra lageret til Tronrud Engineering. Selv om spesifikasjonene til sensoren tilsier at den skal ha mellom 10 og 30 V viste testing av sensoren at den kunne brukes med 5 V og med det kobles direkte til Rock Pi'en. Før 5 V ble testet på var det også en betydelig mengde dødtid før sensoren ga signal til Rock Pi'en. Dette skyldes trolig at det tok tid før strømmen ble lav nok til at Rock Pi'en registrerte at den ikke fikk noe signal.

### 9.6.5 Relé

For å styre trykkmekanismen brukes en 5/2 trykkventil. Denne styres ved at den får et strømsignal på 24 V. For å regulere når strømmen skal gis til ventilen har vi tatt i bruk et relé. Reléet gjør at vi kan styre når ventilen får strøm ved å reléet den et signal fra et Python-program på Rock Pi'en og at reléet så sender strøm til ventilen.

### 9.6.6 Pressestyring

Dokumentasjonen for pressestyring finner du i appendix H.2. Hovedsaklig så er det satt opp av 2 deler, **Unit** (som blir en enkelt SRRP-modul) og **Task** (som blir en samling av disse enhetene). Siden kildekoden ikke er så kompleks i motsetning til GUI'en velger vi å presentere den her.

```
1 import json
2 import time
3 import gpio as GPIO
4 from multiprocessing import Process
5 import os
6
7 class Unit():
8     def __init__(self, pin):
9         self.pin = pin
10        GPIO.setup(pin, GPIO.OUT)
11
12    def activate(self, start_delay, press_duration):
13        print(start_delay, press_duration)
14        time.sleep(start_delay)
15        GPIO.write(self.pin, GPIO.HIGH)
16        time.sleep(press_duration)
```

```
17     GPIO.write(self.pin, GPIO.LOW)
18
19     def getPin(self):
20         return self.pin
21
22
23 class Task():
24     def __init__(self, ammount, pins):
25         self.ammount = ammount
26         self.units = []
27         self.pin_array = pins
28         for i in range(ammount):
29             self.units.append(Unit(self.pin_array[i]))
30
31
32     def run(self, bag_size_in_m):
33         first_iteration = True
34         for i in range(self.ammount):
35             print("PID:", os.getpid(), " | PRESS", i+1)
36             self.units[i].activate(self.startDelay(
bag_size_in_m, first_iteration), self.pressDuration(
bag_size_in_m))
37             first_iteration = False
38
39     def startDelay(self, bag_size_in_m, is_first_iteration):
40         return (((0.025 if is_first_iteration else 0.02) +
(2 * bag_size_in_m)) / (3 * 0.83)) - 0.12
41
42     def pressDuration(self, bag_size_in_m):
43         return(bag_size_in_m / 0.8)
44
45 def CheckPhotoCell(old_state, new_state):
46     if old_state and old_state != new_state:
47         return (True, new_state)
48     else:
49         return (False, new_state)
50
51 def getWidthFromJSON(path):
52     with open(path) as f:
53         data = json.load(f)
54         width = data['Settings']['width']
55         f.close()
56         return width
57
58 if __name__ == "__main__":
59     os.system("sudo chmod a+rw /sys/class/gpio/export")
60     old_state = True
61     sensor = GPIO.setup(157, GPIO.IN)
62     # GPIO pins: 71, 74, 73
```

```

63     pin_arr = [74, 71, 73]
64
65     while True:
66         bag_passed, old_state = CheckPhotoCell(old_state,
67         GPIO.read(157))
68         if bag_passed:
69             tmp = Task(len(pin_arr), pin_arr)
70             bagWidth = getWidthFromJSON('/home/radxa/SRRP-
71             GUI/build/baginfo.json') / 1000
72             print(bagWidth)
73             p = Process(target=tmp.run, args=(bagWidth, )).
74             start()

```

På linje 40 i koden ovenfor ser du der vi kalkulerer tiden før pressen starter. Her bruker vi den formelen som ble nevnt i introduksjonen til kapittlet. Men etter mye testing var ikke dette nok da det tar litt tid for pressens og nå sitt rette punk. Derfor har vi etter testing kommet frem til at vi er nødt til å trekke fra 0.12 for å ta høyde for det.

### 9.6.7 Høydemåling

Dokumentasjonen for høydemåling finner du i appendix H.3. Koden er delt opp i tre funksjoner: *maalHoyde()*, *regnGjennomsnitt()* og *sammenlign.Hoyde()*, hvor de to siste blir kalt i den første når posene har blitt målt av potensiometerene.

```

1  import serial
2  import argparse
3  import datetime
4
5  maalingerInn = []
6  maalingerUt = []
7  counterInn = 0
8  counterUt = 0
9
10 def maalHoyde(name):
11     global counterInn, counterUt
12     inn = "Inn"
13     ut = "Ut"
14     poseInn = "PoseI"
15     poseUt = "PoseU"
16     dato = datetime.datetime.now().date()
17     try:
18         serial_port = serial.Serial(name, 9600)
19         filInn = open(f"{dato}Inn.csv", "w")
20         filUt = open(f"{dato}Ut.csv", "w")
21         while True:
22             hoyde = serial_port.readline()

```

```
23     hoydeNy = hoyde.decode("utf-8")
24     if hoydeNy.find(inn) != -1:
25         hoydeInn = hoydeNy.replace("Inn", "")
26         print(hoydeInn)
27         maalingerInn.append(hoydeInn)
28
29         if hoydeNy.find(poseInn) != -1 and len(
30 maalingerInn) > 0:
31             counterInn += 1
32             gjennomsnittInn = regnGjennomsnitt(
33 maalingerInn)
34             filInn.write(f"{counterInn}, {
35 gjennomsnittInn}, {len(maalingerInn)}\n ")
36             maalingerInn.clear()
37
38     if hoydeNy.find(ut) != -1:
39         hoydeUt = hoydeNy.replace("Ut", "")
40         print(hoydeUt)
41         maalingerUt.append(hoydeUt)
42
43         if hoydeNy.find(poseUt) != -1 and len(
44 maalingerUt) > 0:
45             counterUt += 1
46             gjennomsnittUt = regnGjennomsnitt(
47 maalingerUt)
48             filUt.write(f"{counterUt}, {gjennomsnittUt},
49 {len(maalingerUt)}\n ")
50             maalingerUt.clear()
51             sammenlignHoyde(filInn, filUt, counterUt,
52 dato)
53     except:
54         print("ERROR")
55         print("Sjekk port") # Vanligste feil er portnavn
56         exit()
57
58 def regnGjennomsnitt(maalinger):
59     gjennomsnitt = 0
60     for i in range(len(maalinger)):
61         gjennomsnitt += float(maalinger[i])
62     gjennomsnitt = gjennomsnitt/len(maalinger)
63     return gjennomsnitt
64
65 def sammenlignHoyde(filInn, filUt, counterUt, dato):
66     filInn = open(f"{dato}Inn.csv", "r")
67     filUt = open(f"{dato}Ut.csv", "r")
68     inn = filInn.readlines()
69     ut = filUt.readlines()
70     lekkasje = float(inn[counterUt][1]) - float(ut[counterUt
71 ] [1])
```

```

64     filSammenlign = open(f"{dato}Sammenlign.csv", "a")
65     filSammenlign.write(f"{counterUt}, {[counterUt][1]}, {ut
[counterUt][1]}, {lekkasje}\n")
66     filInn.close()
67     filUt.close()
68     filSammenlign.close()
69
70 ap = argparse.ArgumentParser()
71 ap.add_argument("-p", "--port", required = True, help = "Enter
    Port Name")
72 ap.add_argument("-sz", "--size", required = False, help = "
    Enter Size of the Bag")
73 args = vars(ap.parse_args())
74
75 PORT = args['port']
76
77 maalHoyde(PORT)

```

Python-programmet over leser output fra Arduino-programmet under. "Inn" og "ut" brukes til å skille mellom potensiometerene og fjernes i programmet over. "PoseI" og "PoseU" markerer for Python-programmet at posene er forbi potensiometerene.

```

1  int potPin = A8;
2  int potPin2 = A0;
3  int potVal = 0;
4  int potVal2 = 0;
5  bool pose = false;
6  int nummer = 1;
7  int poseNr = 1;
8
9  void setup() {
10     Serial.begin(9600);
11 }
12
13 void loop() {
14     potVal = analogRead(potPin);
15     potVal2 = analogRead(potPin2);
16     byte mappedValue = map(potVal, 0, 1023, 200, 0);
17     byte mappedValue2 = map(potVal2, 0, 1023, 200, 0);
18
19     if(mappedValue >= 1){
20         pose = true;
21         nummer += 1;
22         Serial.print("Inn");
23         Serial.println(mappedValue);
24     }
25     else{
26         Serial.println("PoseI");

```

```
27     }
28     if(mappedValue2 >= 1){
29         Serial.print("Ut");
30         Serial.println(mappedValue2);
31     }
32     else{
33         Serial.println("PoseU");
34     }
35
36 }
```

## **9.7 OPPNÅDDE MÅL I HENHOLD TIL REVIDERTE KRAV**

Fra seksjon 9.1 ble det satt opp reviderte krav som ble brukt internt i gruppen for prototypen.

### **9.7.1 Krav ID 1**

Dette kravet oppnår grad A.

Dette begrunnes med at båndet beveger seg omtrent 51m/min og hver pose tar 0.5m på innløpsbåndet. Stemplene har mulighet til å presse på posene i disse tilfellene og det som må endres på er algoritmen i programmet som kjører pressene. Dette er fullt mulig å gjøre sånn som prototypen er per idag.

Ved en hastighet på 51m/min og en pose hver 0.5m får en totalt 102p/min.

### **9.7.2 Krav ID 2**

For krav ID 2 var ikke tiden tilstrekkelig til å teste prototypen grundig nok så det er usikkert hva som mulighetene er der.

### **9.7.3 Krav ID 3**

Dette kravet oppnår høyeste grad C.

Dette begrunnes med at høyden på hele mekanismen kan justeres mer enn 105mm. For å få høyeste grad her må mekanismen kunne justeres minst 95mm.



## KONKLUSJON

---

### 10.1 GRUPPEARBEIDET

Prosjektmodellen har vært en stor del av gruppearbeidet. Å jobbe etter PUKK-hjulet har ført til at gruppen har fått gjort mye arbeid i løpet av kort tid. En viktig del av å ha en prosjektmodell er å ikke la den være så kompleks at den står i veien for å gjøre arbeidet som den skal fasilitere. Det ble gjort mye forskning i starten av prosjektet hvor tester ble dokumentert og alle gruppe medlemmene jobbet etter denne planen.

### 10.2 FORSKNING

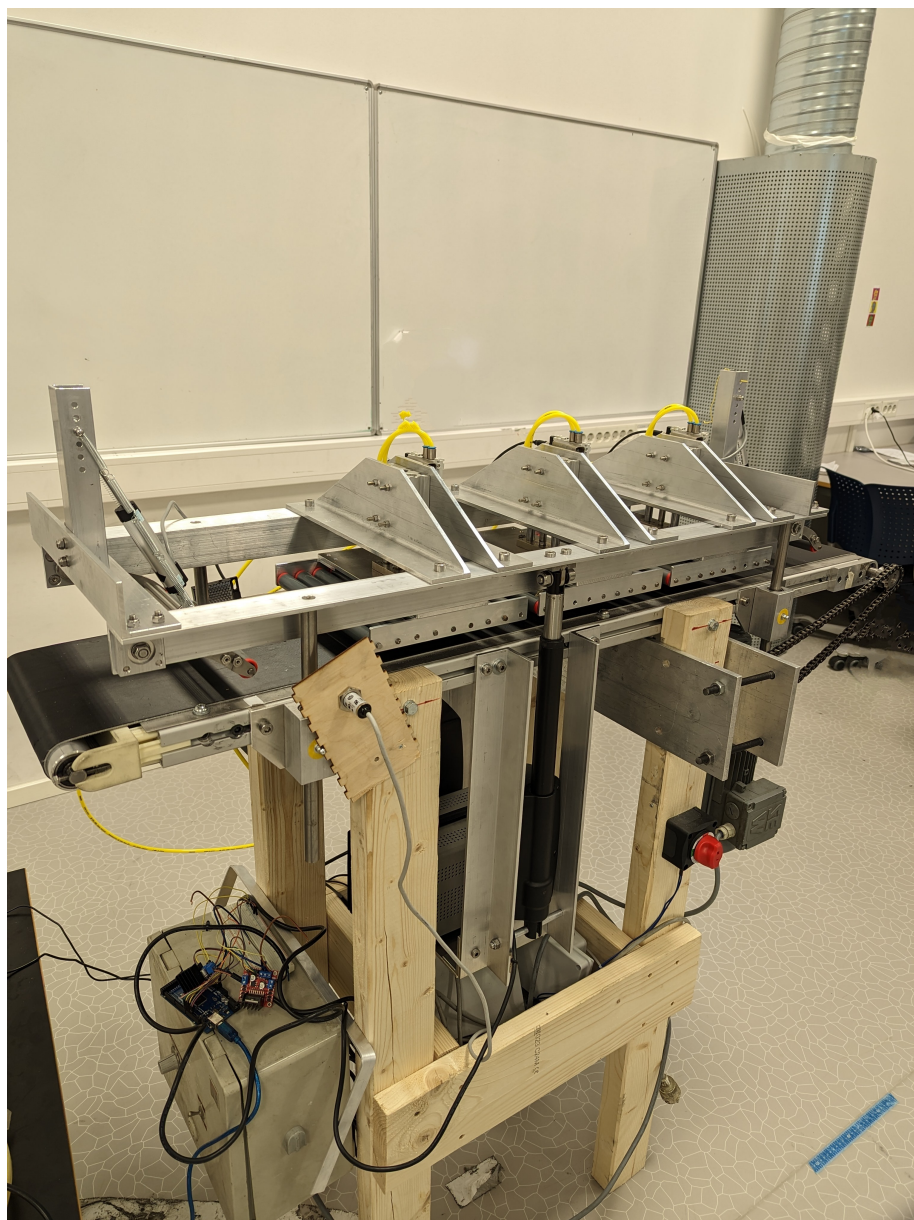
Testingen og verifiseringen som ble gjort var effektiv med en god plan i bunn. De testene som ble gjort ble det lagt mye arbeid i for å komme fram til en prototype som skulle oppfølge alle krava oppgitt i starten av prosjektet.

### 10.3 PROTOTYPEN

Det ble lagt ett mål i starten av prosjektet at en prototype skulle bli utviklet. Dette var målet fra starten av og dette målet ble nådd. Prototypen SRRP oppnådde delvis krava som ble satt internt i gruppen som nevnt fra seksjon 9.7.

## 10.4 LØSNINGEN

Det er umulig å konkludere med at det som ble kommet fram til er den beste løsningen, men den fungerer; alle kravene ble oppnådd til en viss grad av prototypen og den er kostnadseffektiv. Det at den kan fungere som et produkt for Tronrud Engineering med litt videreutvikling er realistisk.



Figur 10.1: SRRP

## 10.5 VIDERE ARBEID

For å videreutvikle denne løsningen må en først teste prototypen ordentlig og finpusse den for å se hvordan den opprettholder krav ID 2.

### 10.5.1 Mulige justeringer

Høydemålerene kan finjusteres med mekanisk fjæring. Koden for trykk mekanismen kan også finjusteres mot ulike typer poser.

Det meste av arbeidet som står igjen er å finne verdier for høyde og trykk mekanismen som passer til ulike poser, en bør starte med en spesifikk pose type og perfektionere mot disse for så å gå videre til en annen størrelse av poser for å se om verdiene kan videreføres.

Finjustering av trykk mekanisme og justering av høyden til løftmekanismen bør en legge inn justeringsmulighet i GUI slik at variablene til disse enkelt kan endres der, det vil forenkle arbeidet med å perfektionere de ovennevnte verdiene.

Ved testing av trykk mekanisme til prototypen kom det fram at det var vanskelig å kjøre systemet under 2bar. Trykket til systemet ble testet til 7.2kg dette er lavere en antatt. Da teoretisk kraft var 6,4kg og vekten på modulen med bevegelig del av sylinder er 2.7kg. Det skulle teoretisk da vært 9.1kg. Det er friksjon i systemet som fører til dette. Teoretisk skal vi greie å kjøre systemet på tilnærmet 1.2bar. Dette får man ved å ta arealet til sylinderen 20mm minus tversnitt av stempelstang som er 10mm.

$$A = 10 \text{ mm}^2 \cdot \pi - 5 \text{ mm}^2 \cdot \pi = 235 \text{ mm}^2$$

$$F = 2.7 \text{ kg} \cdot g$$

$$P = \frac{2.7 \text{ kg} \cdot g}{235 \text{ mm}^2} = 0.113 \text{ MPa}$$

$$0.113 \text{ MPa} \cdot \frac{10 \text{ bar}}{1 \text{ MPa}} = 1.13 \text{ bar}$$

Man må da kjøre på et høyere trykk en antatt for at systemet skal fungere. For å gjøre dette problemet mindre kunne det vært en fordel å gjort den delen av systemet som blir drevet av sylinderen lettest mulig. På prototypen er det endel å hente, som sagt kan man endre til stål men også fjerne endel av materialet som ikke bidrar til styrke. 2bar er en god reduksjons fra 6bar. Går man ned fra 20mm til 16mm sylinder kan også hjelpe da man slipper å strupe ned systemet like mye.

### 10.5.2 Andre målemuligheter av høyden

Potensiometre gir en rekke fordeler, inkludert enkelhet, lav kostnad og bred tilgjengelighet. De kan være nøyaktige nok for mange applikasjoner, spesielt hvis høydeendringen ikke er veldig stor som det er i vår tilfelle. Potensiometre ble vårt valg for å enkle kunne implementere i systemet vårt, oppnå måledata og tilfredsstillende kravene for en mindre kostnad. Disse imidlertid kan testes videre for datainnsamling av høydeverdier med trykk mekanismen og de verdiene som passer til ulike poser.

Hvis derimot kostnad og enkelhet er ikke så viktige faktorer, kan andre muligheter vurderes som for eksempel ikke-kontakt sensorer. Over tid kan potensiometre være utsatt for slitasje og mekaniske feil, spesielt hvis de utsettes for støt eller vibrasjoner. Ikke-kontakt sensorer kan være en annen mulighet ettersom de er ikke begrenset for mekanisk slitasje. Optiske avstandssensorer gir en ikke-kontaktbasert metode for å måle høyden. Fordeler med de er som sagt at de er mindre utsatt for slitasje og mekaniske problemer, er pålitelig og gir god presisjon. Videre kunne også disse sensorene bli testet med trykk mekanismen for datainnsamlingen med ulike poser. Ulempene i tillegg til høyere kostnad sammenlignet med potensiometre, inkluderer kompleksitet for å implementere og justere for nøyaktige målinger. Hvis ikke tid og kostnad er en risiko i videre arbeid, kunne dette være best for høydemåling.

## REFERANSER

---

- [Arbeids-og inkluderingsdepartementet, 2023] Arbeids-og inkluderingsdepartementet, Justis-og beredskapsdepartementet, K.-o. m. (2023). Maskinforskriften. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2009-05-20-544>.
- [Budynas, 2021] Budynas, R. G. (2021). Shigley's mechanical engineering design.
- [Corneliussen, 1984] Corneliussen, R. G. (1984). Korrosjon og korrosjonsvern.
- [Dalziel et al., 2000] Dalziel, S. á., Hughes, G. O., and Sutherland, B. R. (2000). Whole-field density measurements by 'synthetic schlieren'. *Experiments in fluids*, 28(4):322–335.
- [Engineering, 2023] Engineering, T. (2023). Solutions for the snacks industry. <https://www.tronrud.no/en/packaging-technology/solutions/snacks>.
- [Festo, 2023] Festo (2023). Universal directional control valves. [https://www.festo.com/no/en/c/products/industrial-automation/valves-and-valve-terminals/electrically-and-pneumatically-actuated-directional-control-valves/universal-directional-control-valves-id\\_pim254/?q=~%3AfestoSortOrderScored~%3ACC\\_Nominal\\_flow\\_rate\\_FoX\\_MYCH\\_3104\\_num\\_C\\_FP\\_GLOBAL~%3A%5B144%2C%5D](https://www.festo.com/no/en/c/products/industrial-automation/valves-and-valve-terminals/electrically-and-pneumatically-actuated-directional-control-valves/universal-directional-control-valves-id_pim254/?q=~%3AfestoSortOrderScored~%3ACC_Nominal_flow_rate_FoX_MYCH_3104_num_C_FP_GLOBAL~%3A%5B144%2C%5D).
- [Gadmade, 2023] Gadmade, S. (2023). Requirements analysis in qa. <https://www.gslab.com/blogs/requirements-analysis-in-qa/>.
- [Gauen, 2023] Gauen, K. W. (2023). How does faster-rcnn accepts various image sizes? Technical report, Purdue University.
- [Girshick et al., 2013] Girshick, R. B., Donahue, J., Darrell, T., and Malik, J. (2013). Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation. *CoRR*, abs/1311.2524.
- [Hamilton, 2023] Hamilton, T. (2023). Test plan: What is, how to create (with example). <https://www.guru99.com/what-everybody-ought-to-know-about-test-planing.html>.

- [Harvard, 2023] Harvard (2023). Schlieren optics. <https://sciencedemonstrations.fas.harvard.edu/presentations/schlieren-optics>.
- [Hsu et al., 2018] Hsu, Y.-C., Xu, Z., Kira, Z., and Huang, J. (2018). Learning to cluster for proposal-free instance segmentation.
- [IEEE829, 2008] IEEE829 (2008). Ieee standard for software and system test documentation. *IEEE Std 829-2008*, pages 1–150.
- [Institute, 2017] Institute, P. M. (2017). *A guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK guide)*. Project Management Institute, Newton Square, PA.
- [Li et al., 2022] Li, C., Li, L., Jiang, H., Weng, K., Geng, Y., Li, L., Ke, Z., Li, Q., Cheng, M., Nie, W., Li, Y., Zhang, B., Liang, Y., Zhou, L., Xu, X., Chu, X., Wei, X., and Wei, X. (2022). Yolov6: A single-stage object detection framework for industrial applications.
- [Li, 2021] Li, W. (2021). Analysis of object detection performance based on faster r-cnn. *Journal of Physics: Conference Series*, 1827(1):012085.
- [Lin et al., 2014] Lin, T., Maire, M., Belongie, S. J., Bourdev, L. D., Girshick, R. B., Hays, J., Perona, P., Ramanan, D., Doll'ar, P., and Zitnick, C. L. (2014). Microsoft COCO: common objects in context. *CoRR*, abs/1405.0312.
- [mammoth ai.com, 2023] mammoth ai.com (2023). Test plan with the ieee 829 standard. <https://www.mammoth-ai.com/how-to-write-a-test-plan-with-the-ieee-829-standard/>.
- [MatWeb, 2023a] MatWeb (2023a). Aisi 303. <https://www.matweb.com/search/datasheet.aspx?matguid=61bd8c4763af44ab82793f78c89c9c77>.
- [MatWeb, 2023b] MatWeb (2023b). Aluminum 6082-t6. [https://www.matweb.com/search/datasheet\\_print.aspx?matguid=fad29be6e64d4e95a241690f1f6e1eb7](https://www.matweb.com/search/datasheet_print.aspx?matguid=fad29be6e64d4e95a241690f1f6e1eb7).
- [MaxBotix, 2023] MaxBotix (2023). How ultrasonic sensors work. <https://maxbotix.com/blogs/blog/how-ultrasonic-sensors-work>.
- [meituan, 2023] meituan (2023). Yolov6. <https://github.com/meituan/YOLOv6/tree/main>.

- [Mette Holan, 2016] Mette Holan, P. H. (2016). *Organisasjon Og Ledelse*. NKI Forlaget, Oslo, Norway.
- [Norge, 2008] Norge, S. (2008). Maskinsikkerhet – Sikre avstander til faresoner for øvre og nedre kroppsdeler. Standard, Standard Norge, 1326 Lysaker.
- [Norge, 2014] Norge, S. (2014). Sikkerhet for pakkemaskiner. Standard, Standard Norge, 1326 Lysaker.
- [Pang et al., 2023] Pang, H., Moore, K., and Padmanabha, A. (2023). Feature vector). <https://brilliant.org/wiki/feature-vector/>.
- [paperswithcode.com, 2023] paperswithcode.com (2023). Faster r-cnn. <https://paperswithcode.com/method/faster-r-cnn>.
- [Pecor, 2023] Pecor, B. (2023). How a fog machine works. <https://spectrum.rosco.com/how-a-fog-machine-works>.
- [PMI, 2017] PMI, P. M. I. (2017). *A guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK guide)*. Project Management Institute, Newtown Square, Pennsylvania, United States.
- [proff.no, 2023] proff.no (2023). Tronrud engineering as. <https://www.proff.no/selskap/tronrud-engineering-as/h%C3%B8nefoss/produsenter/IE3NPHK016D/>.
- [Raffel, 2015] Raffel, M. (2015). Background-oriented schlieren (bos) techniques. *Experiments in fluids*, 56(3):1–17.
- [Raffel et al., 2011] Raffel, M., Hernandez-Rivera, R., Heine, B., Schröder, A., and Mulleners, K. (2011). Density tagging velocimetry. *Experiments in fluids*, 51(2):573–578.
- [Redmon et al., 2015] Redmon, J., Divvala, S. K., Girshick, R. B., and Farhadi, A. (2015). You only look once: Unified, real-time object detection. *CoRR*, abs/1506.02640.
- [Ren et al., 2015] Ren, S., He, K., Girshick, R. B., and Sun, J. (2015). Faster R-CNN: towards real-time object detection with region proposal networks. *CoRR*, abs/1506.01497.
- [Ropital, 2010] Ropital, F. (2010). Corrosion and degradation of metallic materials: understanding of the phenomena and applications in petroleum and process industries.

- 
- [Sols, 2014] Sols, A. (2014). *Systems Engineering, theory and practice*, chapter 7, pages 201–219. Rico Adrados, S.L., Spain.
- [Walden et al., 2015] Walden, D. D., Roedler, G. J., Forsberg, K. J., Hamelin, R. D., and Shortell, T. M. (2015). *System Engineering Handbook*, chapter 4, pages 52, 79–90. John Wiley & Sons, Inc, Hoboken, New Jersey.
- [Wikipedia, 2023] Wikipedia (2023). Small object detection. [https://en.wikipedia.org/wiki/Small\\_object\\_detection](https://en.wikipedia.org/wiki/Small_object_detection).



# Vedlegg

## RISIKOANALYSE

---

Risiko ID	Risikoer	Mulig årsak	S	K	R	Risikoreduserende tiltak
TR-	Teknisk risiko					
TR-001	Utbrent motor	Overoppheting	2	4	8	Implementer termiske beskyttelsesenheter, overvåk jevnlig ytelsesmålinger.
TR-002	Overdreven vibrasjon	Mekaniske eller elektriske problemer	2	4	8	Inspiser og vedlikehold motorkomponenter regelmessig, bruk vibrasjonsdempende materialer.
TR-003	Motorfeil	Slitasje, utilstrekkelig smøring	1	5	5	Følg anbefalte vedlikeholdsplaner, overvåk ytelsesmålene.
TR-004	Elektrisk sjokk	Feilfungerende elektriske komponenter eller eksponert ledning	1	4	4	Sørg for riktig jording, regelmessig inspeksjon og vedlikehold av ledninger og elektriske komponenter.
TR-005	Brann på motor	Kortslutning, overoppheting	1	5	5	Implementer termisk beskyttelsesutstyr, regelmessig inspeksjon og vedlikehold av elektriske systemer.
TR-006	Motor støyforurensning	Vibrasjon, utilstrekkelige støyreducerende tiltak	1	4	4	Bruk vibrasjonsdempende materialer, implementer lydisoleringstiltak.
TR-007	Motorfeiljustering	Utilstrekkelig installasjon eller dårlig vedlikehold	1	5	5	Bruk presisjonsjusteringsverktøy og -teknikker, regelmessig inspeksjon og vedlikehold av justering.
TR-008	Motor Forurensning	Støv, smuss eller avfallsakkumulering	1	4	4	Regelmessig inspeksjon og rengjøring av motorkomponenter, bruk av beskyttelsesdeksler når det er mulig.
TR-009	Strømvavbrudd	Strømbrydd, spenningsfluktasjoner	1	5	5	Implementer backup-strømkilder, bruk spenningsstabilisatorer.
TR-010	Overbelastning	Strømstøt eller spenningspikes	1	5	5	Bruk spenningsregulatorer eller overspenningsvern, implementer backup-strømkilder.
TR-011	Elektrisk interferens	Elektriske signaler fra andre utstyr eller kilder	1	4	4	Implementer avskjermingsteknikker, følg anbefalte plasserings- og avstandskrav.
TR-012	Vannskade	Inntrenging av vann i motorområdet	1	5	5	Beskytt motoren med vanntette deksler eller kabinetter, regelmessig inspeksjon og vedlikehold.
TR-013	Elektrisk støt	Kontakt med levende elektriske deler, skadet isolasjon eller utstyr, eller feilaktig ledningsnett.	1	4	4	Riktig jording og isolasjon, bruk av beskyttelsesutstyr, jevnlig inspeksjon og vedlikehold av elektrisk utstyr og ledningsnett.
TR-014	Elektriske branner	Overbelastning av elektriske kretser, skadet ledningsnett eller isolasjon, eller bruk av brennbare materialer nær elektrisk utstyr.	1	5	5	Riktig utforming og installasjon av elektriske kretser, jevnlig inspeksjon og vedlikehold av elektrisk utstyr og ledningsnett, bruk av ikke-brennbare materialer nær elektrisk utstyr.
TR-015	Kabelskade	Fysisk skade eller slitasje, eksponering for elementene, eller feil installasjon.	1	5	5	Riktig kabelinstallasjon og ruting, jevnlig inspeksjon og vedlikehold, bruk av kabelbeskyttere og strekkavlastning.
TR-016	Feil kabeltilkobling	Utilstrekkelig eller feil merking, feil tilkobling av kabler, eller utilstrekkelig opplæring.	1	5	5	Riktig merking og identifikasjon av kabler, riktig opplæring av personell, implementering av standardiserte tilkoblingsprosedyrer.
TR-017	Sensoren oppdager ikke lineær forskyvning nøyaktig	Mekanisk slitasje, Feil installasjon, Elektrisk forstyrrelse	2	5	10	Regelmessig vedlikehold og inspeksjon, sikre at riktige installasjonsprosedyrer følges, implementere elektrisk støyskjerming
TR-018	Sensoren opplever uregelmessig ytelse	Miljøfaktorer som ekstreme temperaturer eller høy luftfuktighet, Støv eller rusk interferens, spenningsustabilitet	1	4	4	Installer i en miljøkontrollert område, bruk beskyttelsesdeksler for støv og rusk, stabil strømforsyning
TR-019	Feil på grunn av overbelastning	Overskrider sensorens driftsområde, Feil dimensjonert sensor for bruk	1	5	5	Installer sensor som passer til forskyvningsområdet,
TR-020	Dataoverføringsfeil	Feil ledninger, programvarefeil, dårlig nettverkstilkobling	1	2	2	Regelmessig inspeksjon av ledninger, implementere pålitelige programvaresystemer, opprettholde robust nettverkstilkobling
TR-021	Sensordrivingscyklus avsluttes for tidlig	Kontinuerlig høystressbruk, utilstrekkelig vedlikehold, Bruk under tøffe forhold	1	4	4	Planlegg og følg opp med forebyggende vedlikehold, Overvåk bruk for å unngå overstress.
TR-022	Sensorfeil på grunn av strømstøt	Spenningsstopper, utilstrekkelig beskyttelse mot strømforsyning	1	4	4	Sjekk strømforsyningen regelmessig

TR-023	Aktuatoren kan ikke bevege seg	Mekanisk hindring, Elektrisk feil, Utilstrekkelig strømforsyning	1	5	5	Inspiser og rengjør aktuatoren regelmessig, test de elektriske koblingene med jevne mellomrom, sørg for stabil strømkilde
TR-024	Aktuatoren beveger seg for sakte eller raskt	Feil programmert hastighet, varierende belastningsforhold, utilstrekkelig strømforsyning	1	4	4	Verifiser og juster programmeringsparametere, Vurder belastningsforhold under valg, Sørg for tilstrekkelig strømforsyning
TR-025	Aktuatorens levetid slutter for tidlig	Slitasje på grunn av overdreven bruk, dårlig vedlikehold, tøffe driftsforhold	1	5	5	Overvåk bruk og unngå overbelastning, bruk aktuatorer designet for tøffe miljøer
TR-026	Aktuator produserer overdreven støy	Mekanisk slitasje, Feil installasjon, Mangel på smøring	1	5	5	Regelmessig vedlikehold, Sørg for riktig installasjon.
TR-027	Aktuator holder ikke posisjon	Mangel på bremse- eller låsefunksjon, For stor belastning, Strømbrudd	2	5	10	Ikke overskrid aktuatorenes nominelle belastning, Bruk reservestrømforsyning.
TR-028	Aktuatorbevegelse er ikke nøyaktig	Utslitte mekaniske komponenter, Feil kalibrering	2	5	10	Regelmessig inspeksjon og, Kalibrer med jevne mellomrom
TR-029	Aktuatoren vibrerer for mye	Mekaniske ubalanser, Feiljustering, Løse komponenter	1	5	5	Sjekk for mekanisk balanse, Riktig justering, Inspiser og stram løse deler regelmessig
TR-030	pneumatisk sylinter kan ikke forlenges eller trekkes tilbake	Mangel på tilstrekkelig lufttrykk, Tette luftledninger, Skadede tetninger	1	4	4	Overvåk og oppretthold lufttrykket regelmessig, rengjør luftledningene regelmessig
TR-031	pneumatisk sylinter fungerer for sakte eller raskt	Feil lufttrykk, dårlig justerte strømningskontroller, for stor eller utilstrekkelig belastning	1	4	4	Juster lufttrykket etter behov, sjekk og juster strømningskontrollene regelmessig, Vurder belastning i systemdesign
TR-032	For tidlig pneumatisk sylinderstøt	Overdreven belastning, høy syklushastighet, utilstrekkelig eller feil smøring	1	4	4	Sørg for at lasten er innenfor sylinderkapasiteten, optimaliser syklushastigheten
TR-033	pneumatisk Sylinderkorrosjon	Bruk av uforenlige materialer, Manglende vedlikehold	1	4	4	Bruk sylindre laget av korrosjonsbestandige materialer, Regelmessig inspeksjon og vedlikehold,
TR-034	pneumatisk Sylinder lekker luft	Slitte eller skadede tetninger, Løse beslag, Sprekker i sylinderen	1	5	5	Inspiser og bytt tetninger regelmessig, Stram alle beslag godt, Inspiser sylinderen for sprekker og skift ut om nødvendig
TR-035	Løsning av komponenter på grunn av løse skruer	Feil installasjon, Korrosjon	1	4	4	Inspiser og stram skruene regelmessig, Sørg for riktig installasjon, Bruk korrosjonsbestandige skruer
TR-036	L298N Overoppheting	Drift med høye spenninger over 35V eller høye strømmen over 2A, eller begge deler, kan føre til overdreven varmeutvikling. Kortslutninger kan også forårsake overoppheting.	2	4	8	Kjør alltid innenfor spesifiserte spennings- og strømgrenser for brikken. Bruk en kjøleribbe om nødvendig for å spre varmen. Implementer strømbegrensende motstander eller sikringer for å forhindre kortslutning.
TR-037	L298N Elektrisk støyforstyrrelse	Høyspenningstopper på grunn av rask veksling av induktive laster som motorer.	2	4	8	Use flyback diodes across the inductive loads to clamp the voltage spikes. Implement decoupling capacitors close to the power supply pins of the chip.
TR-038	L298N Feil motordrift	Feil tilkobling av motor, strømforsyning eller styresignaler kan føre til at motoren ikke fungerer som forventet.	1	5	5	Følg koblingsskjemaet gitt i databladet for riktig tilkobling av motorer og styresignaler. Dobbeltsjekk alltid tilkoblingene før du slår på kretsen.
TR-039	L298N Varig skade	Drift av brikken utover dens absolutte maksimale verdier for forsyningsspenning (Vs) på 50V, logisk forsyningsspenning (Vss) på 7V, topputgangsstrøm på 3A.	1	5	5	Sørg alltid for at driftsbetingelsene er innenfor disse absolutte maksimalverdiene. Bruk passende beskyttelseskretser som spenningsregulatorer, strømbegrensere osv. for å forhindre utilsiktet overbelastning.

## TEST PLAN

---



# HOLDOT

Hull- og lekkasje deteksjons teknologi

## Test Plan

Test dokument for veiledning og utføring av test og verifisering

14.02.2023

# INNHold

---

<b>Innhold</b>	<b>i</b>
<b>1 Test Plan</b>	<b>1</b>
1.1 Omfang og test-mål . . . . .	1
1.2 Krav analyse . . . . .	1
1.3 Teststrategi . . . . .	1
1.4 Testkriterier . . . . .	2
1.5 Utføring av test og prosedyre . . . . .	2
1.6 Verifisering . . . . .	3
1.7 Loggføre og konkludere . . . . .	3

# TEST PLAN

---

Test Planen er en utarbeidet analytisk og systematisk prosess for å sikre at testene blir utført og verifisert i samspill med kravene og selve systemet. Test planen har følgende punkter:

1. **Omfang og test-mål**
2. **Krav analyse**
3. **Teststrategi**
4. **Testkriterier**
5. **Utføring av test**
6. **Verifisering**
7. **Loggføre og konkludere**

## 1.1 OMFANG OG TEST-MÅL

Her skal omfanget defineres. Identifiser funksjonene og funksjonaliteten som må bli testet, og hva som ikke trengs å bli testet for å unngå risiko. Samtidig definer hva som er målet med testen og hva som skal bli oppnådd med testen. Det er viktig å være spesifikk og vise verdikriterier som må vurderes i akseptkriterier.

## 1.2 KRAV ANALYSE

Når test-mål og omfang har blitt definert, skal kravene sjekkes for å verifisere at de kan bli oppnådd med testen. Da defineres hvilket krav skal testen ta i betraktning. Pass på at krav er målbart og realistisk sammen med testen.

## 1.3 TESTSTRATEGI

Samtidig som omfanget er definert, skal også strategien til testen bli definert. Strategien vil være hvordan skal testen utføres, hvilken test metodikken som brukes og hvilken testutstyr trengs for å ta eventuelle målinger og betraktninger. Test metodikken er måten den testen kan verifisere kravene.

Måter å verifisere kravene med test-metodikker:



- Test: Teknisk test.
- Inspeksjon: Visuell.
- Analyse: Simuleringer, utregninger og eventuelle analytiske betraktninger som ikke er mulig å oppnå med en teknisk test.

## 1.4 TESTKRITERIER

Testene trenger et aksept kriterium for at de kan bli verifisert og validert. Aksept kriteriene sier om testen har fått gjort det som står i beskrivelse av test og som er målet.

## 1.5 UTFØRING AV TEST OG PROSEDYRE

Etter at testgrunnlaget og kriteriene har blitt definert skal testen kjøres. Prosedyre for test er som følgende:

1. Til planlegging på onsdager, skriv test du vil utføre på verifiseringmatrise før du utfører test. Excel-matrise finner du på Teams under Dokumenter > General > Dokumentasjon > Testing og verifisering. Eller klikk på **lekken her**.
2. Gi en test ID til testen som referanse. Pass på at hvis du gjør en ny test bruker en ny ID. Dette er forklart i verifisering matrise på neste kapittel.
3. På verifisering matrise skal du ha med test-mål og akseptkriteriene.
4. Start å lage test rapport. Skriv test beskrivelse og test-mål. Og finn fram test utstyr som blir brukt til å teste. **Link til test-rapport mal**.
5. På torsdager skal testen utføres og eventuelle beregninger og måleresultater skal være klare.
6. Til fredag klokken 15:00 skal test-rapport være ferdig og inneholde et konklusjon. Test-rapport skal ha bilder fra test og eventuelle referanser som for eksempel, datablad, hjelpemidler etc.
7. Test-rapport filene skal ligge på Teams under **Testing-Ferdigstilt**. Hver ferdigstilt test skal ha en PDF fil og en Latex-Overleaf link for redigering med samme test navn.

8. Siste steg er og alltid passe på å oppdatere *excel-matrisen*.
9. Hvis testen og test-rapport er ikke ferdig til uken, kan den ligge på mappe *Under arbeid*.

## 1.6 VERIFISERING

Her skal verifiseres om testen som har blitt utført har oppfylt kravene og oppnådd aksept kriteriene.

## 1.7 LOGGFØRE OG KONKLUDERE

Under hele testprosedyren skal testene loggføres. Alle testene gruppen tar skal kunne finnes på verifiseringmatrisen (RVTM), denne matrisen vil ta hensyn på alle kravene som blir verifisert og validert. Et eksempel er vist i Verifiseringmatrise på neste kapittel. Eventuelle rapporter om testen blir dokumentert i test-dokumentet for det systemet som gjelder. Test rapporten inneholder en struktur som da viser målet med testen, fysiske og analytiske målinger som har blitt tatt under testen og eventuell konklusjon til testen. Struktur til rapport er som følgende:

1. Beskrivelse
2. Konklusjon
3. Tegninger og Illustrasjoner
4. Mål
5. Akseptkriterier
6. Utstyr
7. Hypotese
8. Fremgangsmåte
9. Resultater
10. Beregninger
11. Vedlegg

## VERIFISERINGSMATRISEN

---

Verifiseringmatrisen også kalt for RVTM er den verketøy som blir brukt for å holde styr på at hver av systems kravene blir testet og verifisert. Den gir en strukturert måte å holde oversikt på kravene i hele prosessen.

Her blir alle testene loggført og referert til eventuelle test rapporter. Hver gang et funksjonalitet eller design skal testes må disse skrives ned i denne matrisen før testen blir utført.

Forklaring for hver av de kolonnene er som følgende:

- T-ID: Dette er test ID som blir referert i rapporten.
- V-Metode: Dette er den metoden du skal bruke for å verifisere kravene
- Krav-ID: Kravet som skal bli testet og verifisert.
- Utførende: Den eller de som utfører testen.
- Verifikasjonsbeskrivelse: Beskrivelse for hvordan test skal gjennomføres og hva skal testen oppnå.
- Prioritet: Test prioritet fra lav, middels eller høy.
- Test rapport: Hvis det finnes et rapport for testen så skal det skrives ja. Hvis ikke, så skrives nei, men husk dette er viktig for da hvis ikke testen er dokumentert så er ikke testen gjort!
- Status: Status til testen blir fargelagt og det er tre forskjellige type statuser. For bestått test blir fargen **grønn**, for ikke bestått test blir fargen **rød**, for ikke-gjennomført test blir fargen **gul** og for forkastet test blir fargen **lille**.
- System navn: Navn til systemet som er under testing.
- System-ID: Tilsvarende system ID.
- System type: System type er det subsystemet eller del av en større system som blir testet.
- System type-ID: Tilsvarende system type ID.
- Ansvarlig for verifisering: Den som er ansvarlig for å sjekke om testen har oppnådd kriteriene.

- Verifisering dato: Når testen har blitt verifisert og validert.
- Akseptkriterier: Kriteriene som må til for at test kan verifiseres og valideres.

Se neste side for å se verifiseringsmatrisen som prosjektgruppen har lagt og jobbet med.

## Verifikasjonsmatrise

T-ID	V-Metode	Krav-ID	Utførende	Verifikasjonsbeskrivelse	Prioritet	Test rapport (ja/nei)	Status	System navn	System-ID	System type	System type-ID	Ansvarlig for verifisering	Verifiserings dato dd/mm/åå	Akseptkriterier
	Prosjekt navn:	HOLDT												
	Prosjekt beskrivelse:	Prosjektet tar for seg å utvikle og designe en modul som skal måle lekkasje i snacksposer i bevegelse.												
1	Test	1	Andri	Gir mer tid for å teste	Høy	Nei	Midlertidig forkastet	Karusell	1	Innløpsbånd	1	Maskin	17.02.2023	Kan monteres på 305mm førebånd.
2	Test	2 og 3	Mehdi	Gravity Electrochemical Oxygen Sensor (0-100%Vol) - I2C blir koblet til arduino MEGA 2560 for å måle forandring av oksygen.	Middels	Ja	Bestått	OSP-M1	4	Sensor	2	Elektro	17.02.2023	Sensor kan detektere gasser som kommer ut fra posen.
3	Test	1,2 og 3	Andri og Dag	Rullene monteres på samleband for å presse på snacks poser. Måling for å detektere lekkasje gjøres med høyde på en visuell måte.	Høy	Ja	Bestått	SRP	2	Trykk	3	HOLDT	17.02.2023	Rullene montert på samlebandet og snacksposene kjøres vellykket gjennom mens det blir lagt press på dem. Høyden kan bli målt enkel med kamera.
4	Test	Ikke kravbasert	Eskild	Undersøke QT og dens funksjoner. Verifisere skalerbarhet og brukervennlighet.	Lav	Ja	Bestått	QT	3	Brukergrensesnitt	4	Data	17.02.2023	For at undersøkelsen skal bli akseptert må løsningen tilby: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sømløs integrasjon av sensor data.</li> <li>• Brukervennlighet.</li> <li>• Skalerbart.</li> </ul>
5	Analyse	2	Kristoffer	Utrekning av trykk eller fysisk test av Schlieren	Middels	Ja	Ikke bestått	Deteksjon av lekkasje med schlieren	5	Schlieren	5	HOLDT	17.02.2023	Tilførsel av nitrogengass i lufta over båndet skal enkel kunne avdekkes ved hjelp av Schlieren.
6	Test	1 og 2	Andri og Dag	I denne testen vil det bli gått gjennom de forbedringene som ble funnet nødvendige i test med id #3 (SRP funksjonstest).	Høy	Ja	Bestått	SRP	2	Trykk	3	Maskin	24.02.2023	Se rapport
7	Test	Ikke kravbasert	Kristoffer	Lage et program som kan se potetgullposer ved hjelp av OpenCV	Middels	Under arbeid	Ikke bestått	SBG	11	Video	7	Data	03.03.2023	Produsert trenningssett skal være i stand til å hjelpe et program med å finne poser i videoer.
8	Test	2 og 3	Mehdi	I denne testen skal vi se om vifte kan forbrede respons tiden på Gravity Electrochemical Oxygen Sensor (0-100%Vol) - I2C	Middels	Ja	Ikke bestått	OSP-M2	4	Sensor	2	Elektro	24.02.2023	Eksperimentet ble ansett som vellykket hvis bruken av en vifte viste seg å forbedre responstiden til den elektrokjemiske oksygensensoren uten å påvirke ytelsen negativt.
9	Test	2 og 3	Javier	Roterende Potensiometer B50K blir koblet til arduino MEGA 2560 for å måle forskyning og eventuell sjekke for forandring i høyden og rekkevidde.	Middels	Ja	Bestått	Potensiometer	7	Sensor	2	Elektro	24.02.2023	Høyden kan bli målt med roterende potensiometer. Virkemåten og dimensjoner av potensiometeret er egnet til å måle høyden på minimum 23mm.
10	Test	Ikke kravbasert	Dag og Andri	Teste hvor lang tid det tar for posen og bli klemt sammen når det blir plasert vekt på den. diameter 2mm på hullet. vekt fra 0.75kg til 11kg	Høy	ja	Bestått	SRP	2	Mekanisk	4	Maskin	27/2/2023	Målet her er å se hvor lang tid det tar og tømme posens volum .Testene blir sett på som vellykket om vi får dokumentert tiden det tar og tømme posen med vekt fra 0.75kg til 11kg.
11	Analyse	2	Javier og Eskild	Sjekke og analysere lineæritet og repeterbarhet på potensiometer.	Middels	ja	Bestått	Potensiometer	7	Sensor	2	Elektro	03.08.2023	Potensiometer er lineær og har en linearitets og hiteresys feil margin på mindre enn +/-0,5% av hele rekkevidden på utgangen . Repeterbarhet har en feil margin på mindre enn 0,05% av helle rekkevidden på utgangen.
12	Test	2	Dag	Teste roterende potensiometer med SRP.	Høy	ja	Ikke bestått	Potensiometer/SRP	8	Mekanisk	4	Maskin	03.02.2023	For at testen skal anses som vellykket må potmeter bli rotert av at en pose som løfter den midterste rullen opp. Rullen må også gå ned igjen til start posisjon.
13	Test	1	Andri og Eskild	Finn rett fart innstilling på bor for å få en hastighet så nærme 60m/min som mulig på innløpsbåndet.	Høy	ja	Bestått	Motor	9	Innløpsbånd	1	Maskin	03.03.2023	Alle hastighets hakk skal testes og en skal finne de som gir innløpsbåndet en hastighet så nærme som mulig 60m/min.

14	Test	1 og 2	Andri og Eskild	Teste om et lineært potmeter tilbyr god rekkevidde på måleverdier og lav input jitter.	Høy	ja	Bestått	Potensiomet er	7	Sensor	2	Data	03.06.2023	Input jitter < +-10, målerekkevidde >= 400
16	Test	2	Andri	Hvordan fungerer potensiometeret i kombinasjon med SRP. Det skal testes med poser uten og med hull på 2mm. Hensikten er å se om det blir en målbar forskjell i dataen.	Høy	ja	Bestått	SRP	2	Prototype	6	Maskin	03.10.2023	6 poser skal ha blitt testet individuelt 6 ganger uten og med 2mm hull. Verdier skal dokumenteres i tabeller og sammenlignes.
17	Analyse	2	Eskild	Er maskinlæring en potensiell kandidat for lekkasje analyse av potetgullposer?	Lav	ja	Bestått men midlertidig forkastet	AI	6	Bildegjenkjenning	8	Data	03.10.2023	Denne testen var mer lik en teoretisk analyse basert på intuisjon.
18	Test	1	Mehdi	Finne maximal hastigheten på motor fra Tronrud engineering.	Middels	ja	Bestått	Motor	9	Innløpsbånd	1	Elektro	03.10.2023	Hastighetsverdien skal være nøyaktig og pålitelig.
19	Analyse	2	Andri	Torque til motor blir beregnet på rundt 12kg press.	Middels	Ja	Bestått	SRRP	10	Motor	9	Maskin og Elektro	16/03/2023	Beregningen skal bli mest mulig standardisert slik at en fort kan gjøre nye beregninger ved design endringer og gir reele verdier for valg av motor.
20	Test	Ikke kravbasert	Andri	Eloksering skal oppnås ved hjelp av utstyr tilgjengelig på Krona (i tillegg til noe innkjøpte kjemikalier)	Middels	Ja	Bestått	SRRP	10	Mekanisk	4	Maskin		Oksidbelegg har dannet seg på alu. test bit

## TEST DOKUMENTER

---

### D.1 ID 2 - OSP M1 OKSYGENGASS SENSOR



# HOLDOT

Hull- og lekkasje deteksjons teknologi

## Test

NAVN Gass måling	ID 2	Prioritet HØY
------------------	------	---------------

## Ansvarlige

Utført av Mehdi Chamran	Verifisering Elektro
-------------------------	----------------------

## System

NAVN OSP-M1	ID 4
-------------	------

## System type

NAVN Sensor	ID 2
-------------	------

Krav ID 2 og 3



## INNHold

---

<b>Innhold</b>	<b>i</b>
<b>1 Beskrivelse</b>	<b>1</b>
<b>2 Konklusjon</b>	<b>1</b>
<b>3 Tegninger og illustrasjoner</b>	<b>1</b>
<b>4 Mål</b>	<b>3</b>
<b>5 Akseptkriterier</b>	<b>3</b>
<b>6 Utstyr</b>	<b>3</b>
<b>7 Hypotese</b>	<b>3</b>
<b>8 Fremgangsmåte</b>	<b>4</b>
<b>9 Resultater</b>	<b>4</b>
<b>10 Beregninger</b>	<b>4</b>

## BESKRIVELSE

---

Elektrokjemiske oksygenføleren fungerer ved å bruke den elektrokjemiske reaksjonen mellom oksygen og en føleelektrode for å generere en elektrisk strøm. Når oksygenmolekyler kommer i kontakt med føleelektrode, reagerer de med elektrodematerialet, noe som resulterer i overføring av elektroner og produksjon av en elektrisk strøm. Størrelsen på strømmen er proporsjonal med konsentrasjonen av oksygenmolekyler i gassprøven.

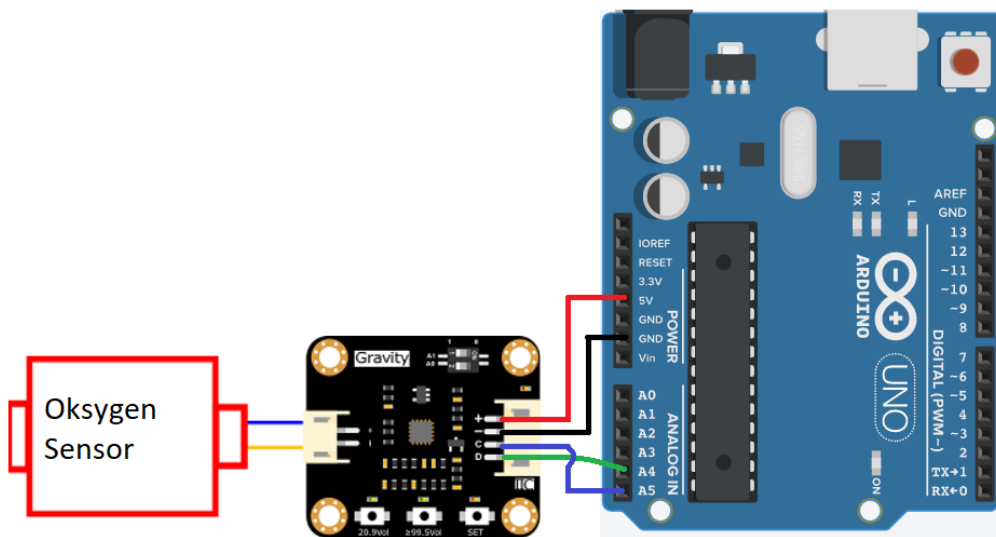
## KONKLUSJON

---

Den elektrokjemiske oksygen sensoren er et pålitelig verktøy for å måle konsentrasjonen av oksygen i forskjellige gasser. Resultatene fra eksperimentet vårt viser sensorens evne til å oppdage endringer i oksygenkonsentrasjon over tid, samt effekten av oksygenforbruk på konsentrasjonen av oksygen i en gassprøve. Tilstedeværelsen av nitrogen i potetgull posen har ikke en direkte effekt på reduksjonen i oksygenkonsentrasjonen.

## TEGNINGER OG ILLUSTRASJONER

---



Figur 3.1: Koblingskjema til oksygen-gass sensor



Figur 3.2: Gass måling

```
oxygen concetnration is 100.00% VOL  
oxygen concetnration is 100.00% VOL  
oxygen concetnration is 100.00% VOL  
oxygen concetnration is 100.00% VOL  
oxygen concetnration is 98.95% VOL  
oxygen concetnration is 94.27% VOL  
oxygen concetnration is 94.94% VOL  
oxygen concetnration is 96.94% VOL  
oxygen concetnration is 98.95% VOL  
oxygen concetnration is 100.00% VOL  
oxygen concetnration is 100.00% VOL  
oxygen concetnration is 100.00% VOL
```

Figur 3.3: Testresultater

## MÅL

---

I dette eksperimentet hadde vi som mål å teste ytelsen til elektrokjemiske oksygen sensor ved å plassere den over et hull laget i en potetgullpose vist i figur 3.2. Målet var å observere endringene i oksygenkonsentrasjon når potetgullposen åpnes og luften inni potetgullpose innblander med den ytre atmosfæren, vi kan se endringen på figur 3.3.

## AKSEPTKRITERIER

---

Sensoren kan måle prosentandelen av oksygen i luften over potetgullposen. Sensoren kan oppdage en reduksjon i oksygenkonsentrasjonen når det er oppdaget en lekkasje Sensoren kan skille mellom normale variasjoner i oksygenkonsentrasjon (f.eks. på grunn av endringer i romluft) og en faktisk lekkasje i potetgullposen.

## UTSTYR

---

- Arduino uno x1
- Gravity: AO2 Oxygen Sensor Signal Adapter Board x1
- AO2 Oxygen Sensor Probe x1
- Gravity-4Pin Cable x1
- Molex 2510 - PH2.0 cable (20 cm) x1
- Potetgullpose x1

## HYPOTESE

---

Den elektrokjemiske oksygensensoren vil oppdage en reduksjon i oksygenkonsentrasjonen når den plasseres over et hull i en potetgullpose, da oksygen vil lekke ut av posen og redusere den totale konsentrasjonen av oksygen i det omkringliggende miljøet. I tillegg kan tilstedeværelsen av nitrogen inne i potetgullposen bidra til en liten reduksjon i oksygenkonsentrasjonen på grunn av fortrengning av oksygen av nitrogengass.

## FREMGANGSMÅTE

---

For å teste den elektrokjemiske oksygen sensor, lagde vi et lite hull i en potetgullpose og plasserte sensoren 5-10 cm over hullet som vist i figur 3.2. Posen var ikke i bevegelse, Dette var for å simulere et virkelig scenario der sensoren måtte oppdage lekkasjer i en forsegletpakke. sensoren var koblet på Arduino vist i figur 3.1, dataene ble lest derfra vist i figur 3.3

## RESULTATER

---

Som vi forventet, oppdaget den elektrokjemiske oksygen sensor en reduksjon i oksygenkonsentrasjonen da posen ble punktert, og volumet av oksygen gass falt. Denne reduksjonen var synlig på sensorens avlesning, som viste en reduksjon i den elektriske strømmen som ble generert av sensoren da oksygenkonsentrasjonen avtok. Data-ene oppnådd fra oksygen sensor eksperimentet indikerte at det var en reduksjon i oksygenkonsentrasjonen. konsentrasjonen falt gradvis fra 100% til 98.98% på 0.5 sekunder og ned til 94.27% på et sekund fra 100%, og brukte da 1.5 sekunder til å gå tilbake til 100%, som vist i figur 3.3. Årsaken til reduksjonen i volumet av oksygen gass inne i posen skyldes på grunn, diffusjon av oksygen gjennom hullet i posen, noe som reduserer konsentrasjonen av oksygen. I atmosfæren utgjør oksygen omtrent 21% av luften. Når gasser diffunderer ut av posen, synker konsentrasjonen, og den elektrokjemiske oksygen sensor oppdager dette fallet i konsentrasjonen. målingene ble utført

Nitrogenet inne i potetgull posen er ikke direkte involvert i den elektrokjemiske oksygen sensor drift, da nitrogen ikke reagerer med sensorens elektrolytt. Imidlertid er nitrogen en inert gass og kan fortrenge oksygen, noe som kan bidra til oksygen konsentrasjonsfallet detektert av sensoren.

## BEREGNINGER

---

Ikke nødvendig.

## D.2 ID 3 - SRP FUNKSJONSTEST

Denne testen ble gjort for å finne ut om ett system som bruker ruller til å utøve trykk på snacks posene vil fungere i praksis og luke ut eventuelle problemer.



# HOLDT

Hull- og lekkasje deteksjons teknologi

## Test

NAVN SRP Funksjonstest	ID 3	Prioritet HØY
------------------------	------	---------------

## Ansvarlige

Utført av Dag Henning Halvorsen og Andri Vidar Tryggvason	Verifisering HOLDT
---	--------------------

## System

NAVN SRP	ID 2
----------	------

## System type

NAVN Trykk	ID 3
------------	------

Krav ID 1, 2 og 3

# INNHold

---

<b>Innhold</b>	<b>i</b>
<b>1 Test-mål</b>	<b>1</b>
<b>2 Akseptkriterier</b>	<b>1</b>
<b>3 Utstyr</b>	<b>1</b>
<b>4 Hypotese</b>	<b>1</b>
<b>5 Fremgangsmåte</b>	<b>2</b>
<b>6 Måleresultater</b>	<b>2</b>
6.1 Feilet test 1 . . . . .	2
6.2 Godkjent test 1 . . . . .	2
<b>7 Beregninger</b>	<b>2</b>
<b>8 Konklusjon</b>	<b>3</b>
8.1 SRP-A1 . . . . .	3
8.2 SRP-D1 . . . . .	6



## TEST-MÅL

---

Målet med denne testen er å verifisere at SRP fungerer som tenkt på en potetgull pose som har en betydelig lekkasje.

Det vi ser på er høyden før og etter posen har vært igjennom rullen. vi skal også se på om det er fare for at poser sprekker ved bruk av rullen.

Konseptet er å bruke malings ruller som er plassert etter hverandre, hver av disse rullene vil trykke på posen. Metoden som disse malings rullene presser på posen skal lett kunne justeres med å laserkutte forskjellige mekanismer.

## AKSEPTKRITERIER

---

Rullene skal være montert på samlebåndet og snacksposene kjøres vellykket gjennom mens det blir lagt press på dem. Måling kan gjøres enkelt ved å observere bevegelsen til rullene med kamera. Sensorer kan vurderes av elektro etter at denne testen er gjort og vurdert som vellykket.

## UTSTYR

---

- Test rigg
- Samlebånd
- Snacks poser
- Laserkutta deler
- Festeelementer

## HYPOTESE

---

Hvis man har en pose fylt med luft og den har et hull i seg vil luften sige ut av hullet. Ved å legge variert grad av trykk på posen vil man kunne regulere hvor hurtig luften går ut av posen. En pose med et lite hull vil fortsatt ha en viss høyde, den krymper ikke av seg selv. Ved å legge et trykk på den vil man tvinge posen til å krympe sammen, og ved hull vil trykket sakte men sikkert presses ut ved å legge trykk på posen. Hastigheten dette skjer ved varierer med størrelsen på hullet. Poser med hull skal da være krympet

mer enn poser uten hull etter å ha lagt trykk på dem og dette skal være målbart.

## FREMGANGSMÅTE

---

Måten vi skal teste dette på er ved å kjøre en potetgull pose gjennom SRP i en gitt hastighet. vi skal så måle posen før og etter gjennom kjøring. posen skal ha et hull i seg, størrelse er urelevant da vi kun skal se om systemet tar i mot posene på korrekt måte.

## MÅLERESULTATER

---

Vi testet systemet med poser uten hull, systemet fungerte som ønsket. Vi fikk nytting informasjon som plassering av ruller og høyde på ruller.

### 6.1 FEILET TEST 1

En av posene poppet (åpnet seg) da det ble for mye trykk fra rullene. Dette skjedde i delsystem SRP-D1.

### 6.2 GODKJENT TEST 1

Etter å ha gjort noen justeringer på mekanismen ble det prøvd på nytt. Vi brukte en pose som hadde et hull med ca 2mm diameter hull i seg. Etter gjennomkjøring ble posen betydelig lavere noe som viser at systemet fungerer.

## BEREGNINGER

---

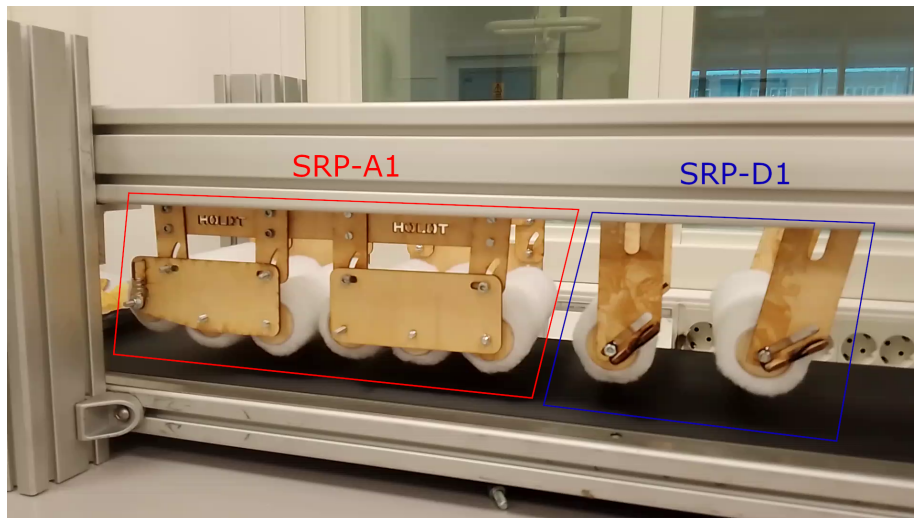
Ikke nødvendig

## KONKLUSJON

---

Vi kom fram til at det vi har laget fungerer som tenkt, men at vi må passe på at rullene ikke står for nærme hverandre og ikke for langt unna. Så videre må vi endre på avstanden på rullene og muligheten for å justere trykket de presser med.

Det ble jobbet med to mekanisme typer gitt nedenfor.



### 8.1 SRP-A1

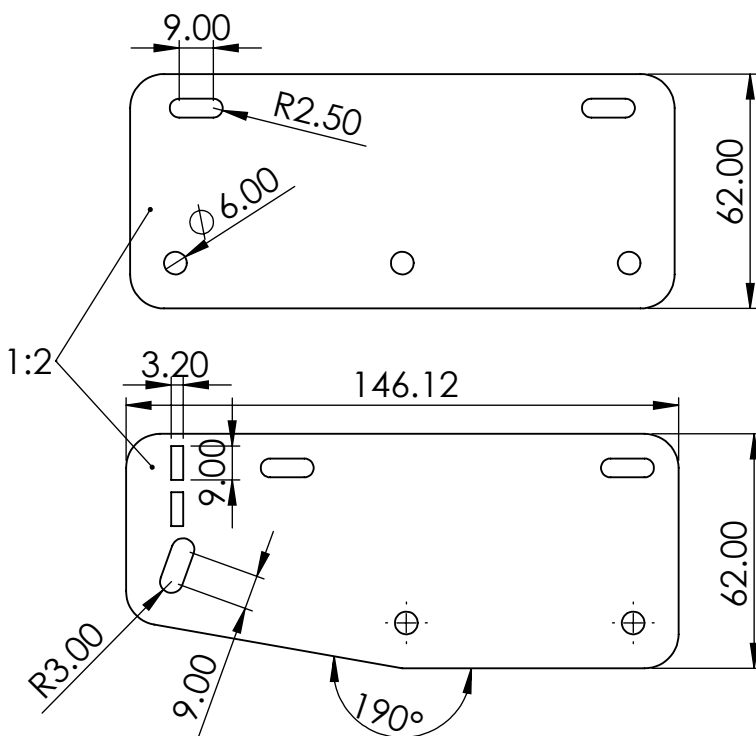
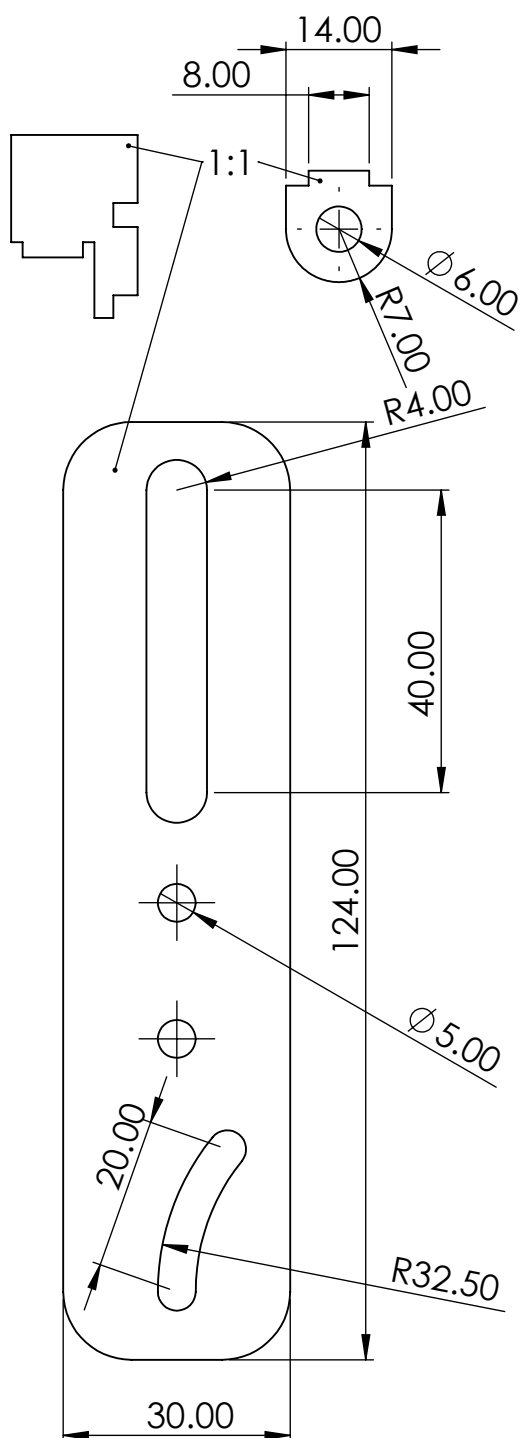
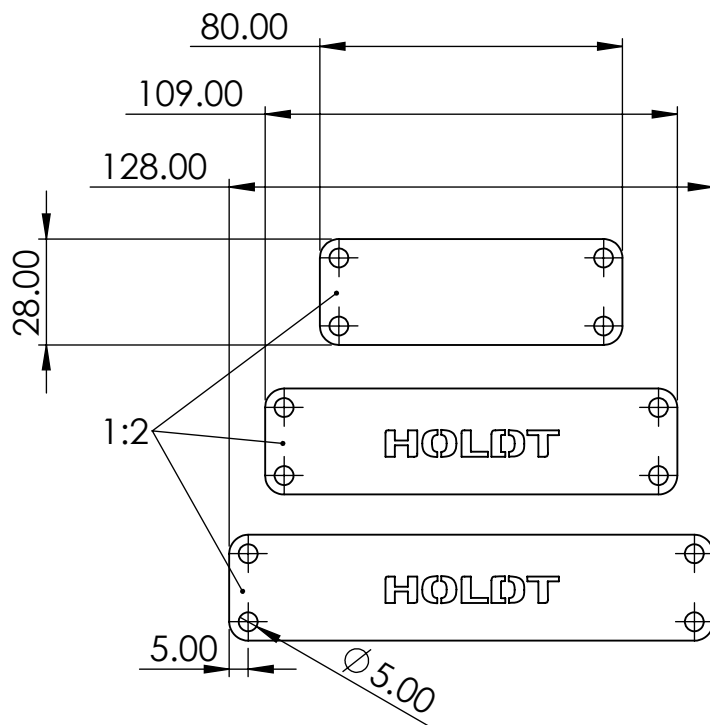
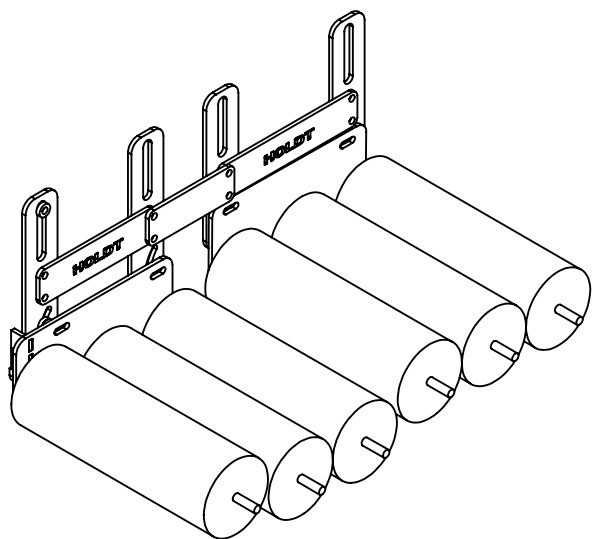
Sånn som dette systemet er tiltenkt skal en kunne montere vekter på toppen, disse vektene skal kunne justeres for pose typer. Vi kan da gjøre en del testing for forskjellig massetrykk.

I løpet av denne testen ble det ikke montert noen vekter. Poenget var å teste om den fungerte uten å ødelegge posene.

#### **Forbedringer som bør utføres til neste revisjon**

- Finn rett vinkel og geometri på slots. Slots skal gi minst mulig motstand slik at chips posen ikke stopper ved starten av mekanismen.
- Låsemuttere på alle roterende skruer.

- 
- Om mulig, teflonskiver mellom flater som møter hverandre. Eller bare forbedre de flatene som møter hverandre slik at det blir mindre friksjon. Dag hadde en god løsning på dette.
  - Mulighet for montering av vekter.
  - Mulig flere fjærbelasta ruller og vinkel på alle ruller i mottakeren.



1:5 om ikke annet er spesifisert



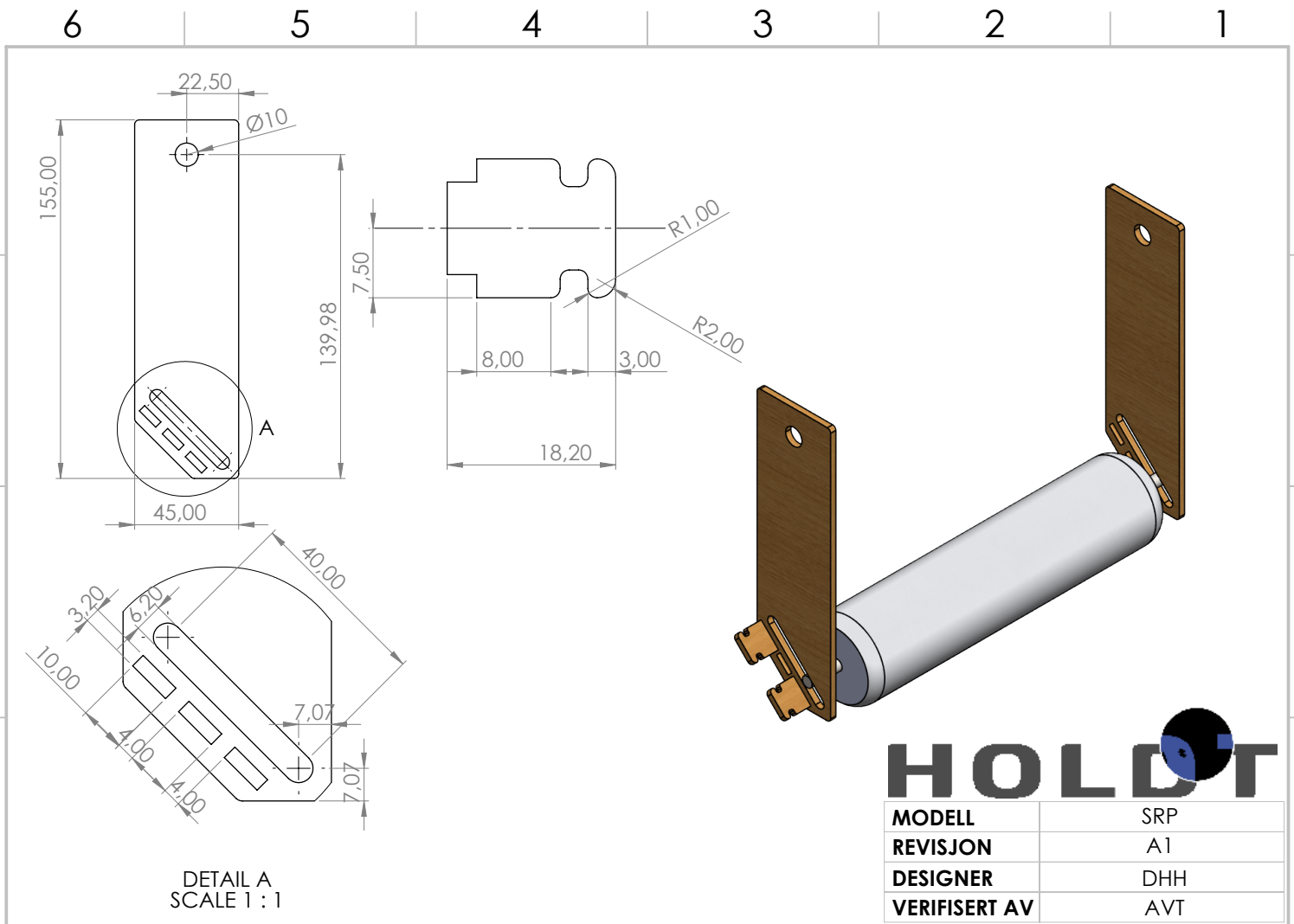
MODELL	SRP
REVISJON	A1
DESIGNER	AVT
VERIFISERT AV	DHH

## 8.2 SRP-D1

Sånn som denne mekanismen ble satt opp ga den et trykk på posene da rullen hadde strikker på hver ende. Hensikten var å teste avstandene mellom rullene og om det fungerte som tenkt.

### **Forbedringer som bør utføres til neste revisjon**

- plasere rullene med 5mm til 10mm avstand fra hverandre .
- lage en modul med 3 ruller slik at det blir mer likt SRP-A1.
- Gå fra strikk til fjøring.
- Legge til mulighet for å stramme fjørene.



## D.3 ID 4 - QT BRUKERGRENSSESNITT





# HOLDOT

Hull- og lekkasje deteksjons teknologi

## Test

NAVN QT - GUI Alternativ	ID 4	Prioritet Lav
--------------------------	------	---------------

## Ansvarlige

Utført av Eskild D. Svennungsen	Verifisering Data
---------------------------------	-------------------

## System

NAVN QT	ID 3
---------	------

## System type

NAVN Brukergrensesnitt	ID 4
------------------------	------

## INNHOLD

---

<b>Innhold</b>	<b>i</b>
<b>1 Test-mål</b>	<b>1</b>
<b>2 Akseptkriterier</b>	<b>1</b>
<b>3 Funn</b>	<b>1</b>
<b>4 Konklusjon</b>	<b>1</b>
<b>Bibliografi</b>	<b>2</b>

## TEST-MÅL

---

Målet med denne undersøkelsen er å finne et godt alternativ til en grafisk løsning for produktet. Det er viktig for kunden at produktet kan enkelt monitoreres og vise resultater.

## AKSEPTKRITERIER

---

For at undersøkelsen skal bli akseptert må løsningen tilby:

- Sømløs integrasjon av sensor data.
- Brukervennlighet.
- Skalerbart.

## FUNN

---

Nettsiden til QT tilbyr mye god dokumentasjon[2] som er godt strukturert. Dette gir oss i software-avdelingen på gruppen ett godt grunnlag for utvikling. QT er et utbredt produkt som tas i bruk av mange anerkjente aktører[1], blant annet Tronrud Engineering. Det tilbyr flere rammeverk som gir bruker mulighet til å velge det som passer best for seg. Man kan enten jobbe digitalt i QT Design Studio med noe de kaller for QML. Dette er et markup språk som tilbyr noe lignende HTML og XML. Man kan også bruke QT Creator, en IDE som tilbyr rammeverk for både C++ og Python.

Vi har tenkt å bruke Arduino for å lese sensor data, noe som også er bygget på C++. Dette vil si at det burde være ganske lett å integrere resultater i grensesnittet vi utvikler med tid.

## KONKLUSJON

---

Vi har konkludert med at QT er den beste løsningen for oss. Man har noen alternativer, ImGui f.eks. men det er ikke like intuitivt. Grunnet til at vi velger QT er rett og slett fordi det er så utrolig mye god dokumentasjon, hver gang jeg har lurt på noe så finner man alltid lett frem til et godt svar på nett. Det er også veldig skalerbart da man enkelt kan sammenkoble enheter, UI's og applikasjoner med native C++. I QT Create har man mulighet til å bruke et enkelt visuelt design verktøy samtidig som man programmerer

backenden noe som gjør det veldig enkelt og greit. Og sist men ikke minst, Tronrud Engineerings sine ansatte har erfaring med QT i litt større skala, så har vi noen spørsmål kan man alltid høre med dem.

## BIBLIOGRAFI

---

- [1] *Customer case*. URL: <https://www.qt.io/resources/qt?content-type=Customer+Case>. (accessed: 17.02.2023).
- [2] *QT Documentation / Tools*. URL: <https://doc.qt.io/tools.html#qa>. (accessed: 17.02.2023).

## D.4 ID 5 - SCHLIEREN METODEN

For å få en tilfredsstillende virkningsgrad ved bruk av Schlieren metoden må en ha stor nok densitets forskjell mellom gassen i omgivelsene og gassen inni posen som strømmer ut til omgivelsene. Fra denne testen ble det funnet at forskjellen er for liten til at denne metoden kan brukes. Beregninger er gjort av Andri.



# HOLDT

Hull- og lekkasje deteksjons teknologi

## Test

NAVN Schlieren metoden	ID 5	Prioritet MIDDELS
------------------------	------	-------------------

## Ansvarlige

Utført av Kristoffer Solheim	Verifisering HOLDT
------------------------------	--------------------

## System

NAVN Deteksjon av lekkasje med schlieren	ID 5
--	------

## System type

NAVN Schlieren	ID 5
----------------	------

Krav ID 2

## INNHold

---

<b>Innhold</b>	<b>i</b>
<b>1 Test-mål</b>	<b>1</b>
<b>2 Akseptkriterier</b>	<b>1</b>
<b>3 Utstyr</b>	<b>1</b>
<b>4 Hypotese</b>	<b>1</b>
<b>5 Fremgangsmåte</b>	<b>1</b>
<b>6 Beregninger</b>	<b>1</b>
<b>7 Konklusjon</b>	<b>3</b>

## TEST-MÅL

---

Regne ut eller teste hvorvidt Schlieren er en gjennomførbar måte å avdekke hull i potetgullposer.

## AKSEPTKRITERIER

---

- Det er mulig å se nitrogen ved hjelp av Schlieren.

## UTSTYR

---

- Optisk benk
- Speil/konvekst glass
- Lyskilde
- Kamera

## HYPOTESE

---

Forskjellen i tettheten mellom vanlig luft og nitrogengassen i potetgullposen vil være mulig å visualisere ved hjelp av Schlieren-metoden ettersom det vil være forskjell i brytningsindeksen i mediet.

## FREMGANGSMÅTE

---

For å teste hvorvidt Schlieren er en gjennomførbar løsning for prosjektet har vi regnet ut forskjellen på tettheten til nitrogengass kontra tørr luft.

## BEREGNINGER

---

### Poseareal

$$A_p = 0.2m \cdot 0.13m = 0.026m^2$$

### Kraftberegninger



Vi ser for oss å bruke fra 6kg opp til 10kg masse for å lage kraften som trykker ned på posen

**6kg kraft og trykket i posen**

$$F_{6kg} = 6kg \cdot 9.81m/s^2 = 51.86N$$

$$P_{6kg} = \frac{F_{6kg}}{A_p} \approx 2.26kPa$$

**10kg kraft og trykket i posen**

$$F_{10kg} = 10kg \cdot 9.81m/s^2 = 98.1N$$

$$P_{10kg} = \frac{F_{10kg}}{A_p} \approx 3.77kPa$$

**Lufttetthet ved 20 celsius fra tabell A-9 i Fluid Mechanics 3rd edition av Cengel**

$$\rho_{atm} = 1.204kg/m^3$$

**Nitrogentetthet ved atmosfærisk trykk fra tabell A-10 i Fluid mechanics 3rd edition av Cengel**

$$0^\circ C = 1.2498kg/m^3$$

$$50^\circ C = 1.0564kg/m^3$$

$$\rho_{N_{atm}} = 1.2498kg/m^3 - \frac{(1.2498kg/m^3 - 1.0564kg/m^3)}{50^\circ C} \cdot 20^\circ C = 1.1724kg/m^3$$

**Nitrogentetthet ved pose trykk**

$$T = 293.15K; P_{atm} = 101.33kPa; R_{nitrogen} = 0.2968kJ/kg \cdot K;$$

$$\rho_{N_{6kg}} = \frac{P_{atm} + P_{6kg}}{R_{nitrogen}T} \approx 1.1912kg/m^3$$

$$\rho_{N_{10kg}} = \frac{P_{atm} + P_{10kg}}{R_{nitrogen}T} \approx 1.2079kg/m^3$$

## KONKLUSJON

---

Forskjellen mellom tetthet i luft og nitrogen i atmosfærisk trykk er  $\rho_{atm} - \rho_{N_{atm}} = 0.0316 \text{ kg/m}^3$ .

Ca 2.6% differanse.

Forskjellen mellom tetthet i luft og nitrogen i pose med 6kg masse som trykker er  $\rho_{atm} - \rho_{N_{6kg}} = 0.0128 \text{ kg/m}^3$ .

Ca 1.1% differanse.

Forskjellen mellom tetthet i luft og nitrogen i pose med 10kg masse som trykker er  $\rho_{N_{10kg}} - \rho_{atm} = 0.0039 \text{ kg/m}^3$ .

Ca 0.3% differanse.

Når forskjellene i tettheten mellom nitrogenet og luften rundt er så små som de er vil det være for vanskelig å avdekke hull ved hjelp av Schlieren. Jeg ser ingen grunn til å gå videre med dette konseptet.

## D.5 ID 6 - FORBEDRE SRP-A1 OG D1 TIL REV A2 OG D2

Videreføring av test med ID 3 fra Appendix D.2. Denne videreføringen tar for seg mulige forbedringer av SRP systemene.



# HOLDOT

Hull- og lekkasje deteksjons teknologi

## Test

NAVN Forbedre SRP-A1 og D1 til rev A2 og D2.	ID 6	Prioritet HØY
--	------	---------------

## Ansvarlige

Utført av Andri Vidar Tryggvason og Dag Henning Halvorsen	Verifisering Maskin
---	---------------------

## System

NAVN SRP	ID 2
----------	------

## System type

NAVN Trykk	ID 3
------------	------

Krav ID 1, 2

## INNHold

---

<b>Innhold</b>	<b>i</b>
<b>Nomenklatur</b>	<b>ii</b>
<b>1 Beskrivelse</b>	<b>1</b>
<b>2 Konklusjon</b>	<b>1</b>
2.1 SRP-A1 . . . . .	1
2.2 SRP-D1 . . . . .	1
<b>3 Tegninger og illustrasjoner</b>	<b>2</b>
3.1 Første revisjons tegninger . . . . .	2
3.2 Andre revisjons tegninger . . . . .	5
<b>4 Mål</b>	<b>8</b>
4.1 SRP-A1 . . . . .	8
4.2 SRP-D1 . . . . .	9
<b>5 Akseptkriterier</b>	<b>9</b>
5.1 SRP-A1 . . . . .	9
5.2 SRP-D1 . . . . .	10
<b>6 Utstyr</b>	<b>10</b>
<b>7 Hypotese</b>	<b>13</b>
7.1 SRP-A1 . . . . .	13
7.2 SRP-D1 . . . . .	18
<b>8 Fremgangsmåte</b>	<b>19</b>
8.1 SRP-D2 . . . . .	19
8.2 SRP-A2 . . . . .	20
<b>9 Resultater</b>	<b>20</b>
9.1 SRP-A2 . . . . .	20
9.2 SRP-D2 . . . . .	20
<b>10 Beregninger</b>	<b>20</b>
10.1 Minimum høyde på SRP-A1 spor . . . . .	20

## NOMENKLATUR

---

### **Generelt**

*SRP* Super-rulle prototype

### **SRP-A1**

*Mottaker* Første mekanismen i SRP-A1 som mottar posen

## BESKRIVELSE

---

I denne testen vil det bli gått gjennom de forbedringene som ble funnet nødvendige i test med id #3 (SRP funksjonstest).

Forbedringene som skal utføres er beskrevet i kapittel 4.

Innløpsbåndet som brukes til testingen har en hastighet på 120m/min som er det dobbelte av kravet fra Tronrud på 60m/min.

## KONKLUSJON

---

### 2.1 SRP-A1

Vellykket, mekanismen ble testet med poser og ingen sprakk.

Vinkelen  $\beta$  var muligens noe for stor, denne kan med fordel være justerbar for å ta forskjellige former av snacks poser.

Låsemuttere er blitt montert på alt av roterende bolter så at ting skal falle fra hverandre under testing er ikke et problem lenger.

Vinkel på spora som ble justert fungerte bra.

Fjæra som gjør at mekanismen faller på plass igjen til opprinnelig plassering hver gang var et godt tillegg, det kan med fordel bli montert en fjær på hver side av skruen for å forhindre unødvendig låsing i spora av at bolten går skjevt. Se fig 3.2.

Fortsatt noe friksjon i systemet men det er vanskelig å unngå med limtre. Dette fungerer godt nok som en prototype og kan bare bli bedre.

### 2.2 SRP-D1

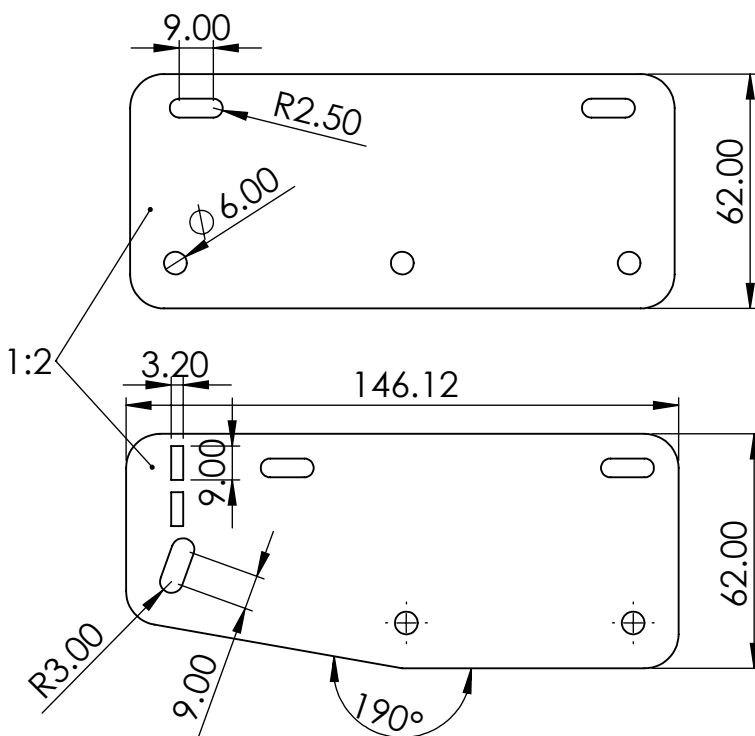
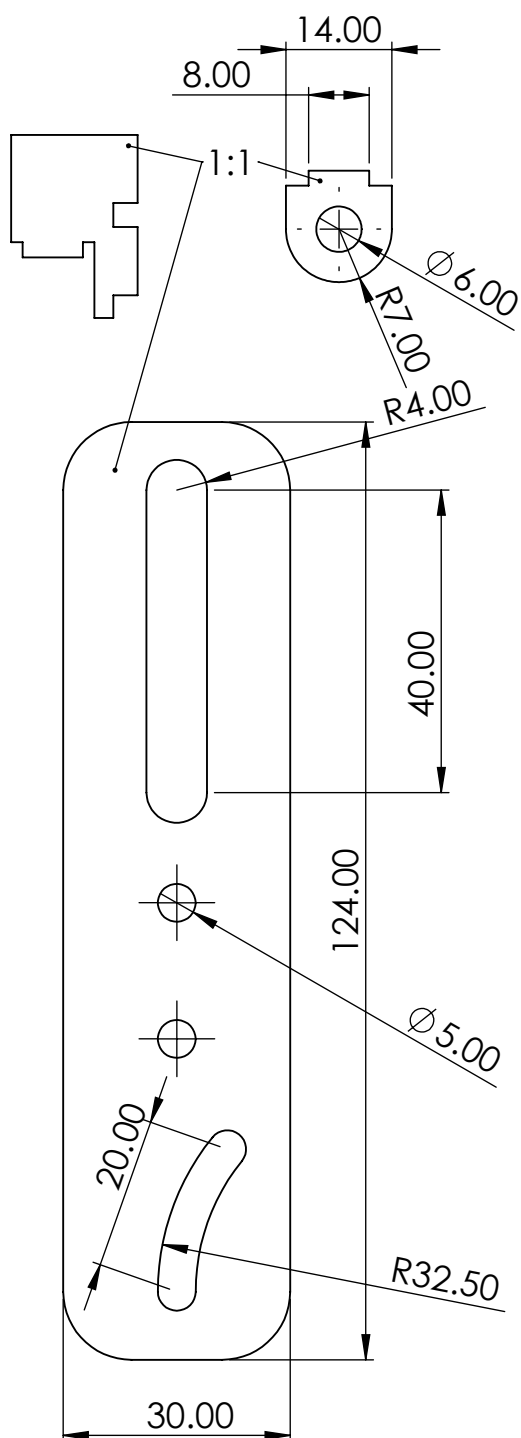
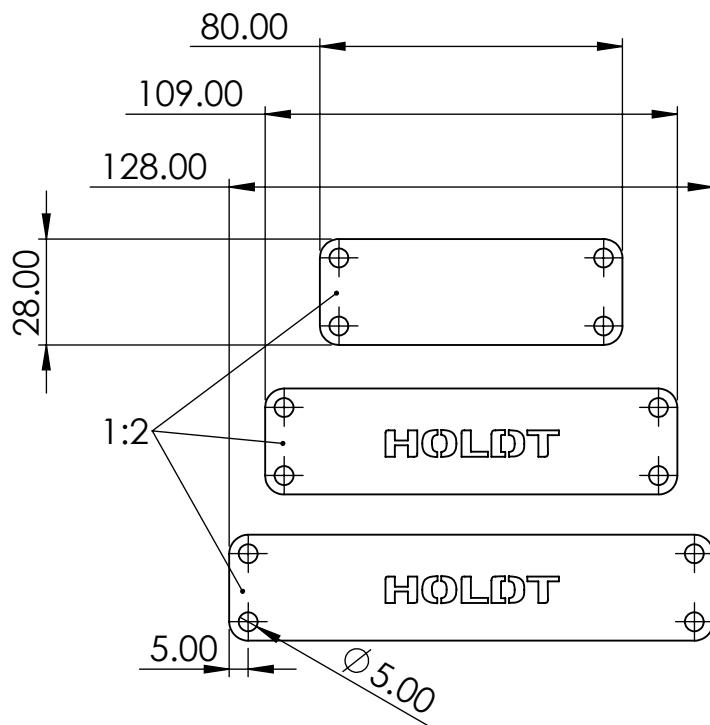
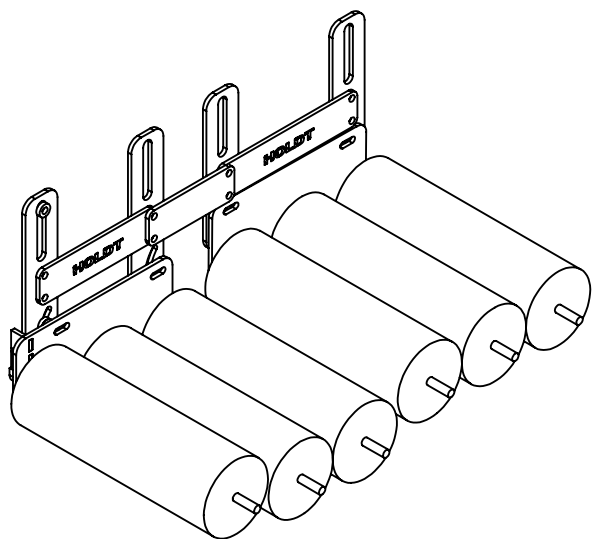
Testen av denne delen av systemet var vellykket. Fjøringen fungerte som ønsket og posene beveget seg ikke på oversiden av rullene. Det som blir tatt med videre fra denne testen er at man kan øke trykket på fjørene slik at man muligens får presset mer luft ut av en defekt pose. Videre testing med variert fjør trykk skal gjøres med en for for måling.

## TEGNINGER OG ILLUSTRASJONER

---

## 3.1 FØRSTE REVISJONS TEGNINGER

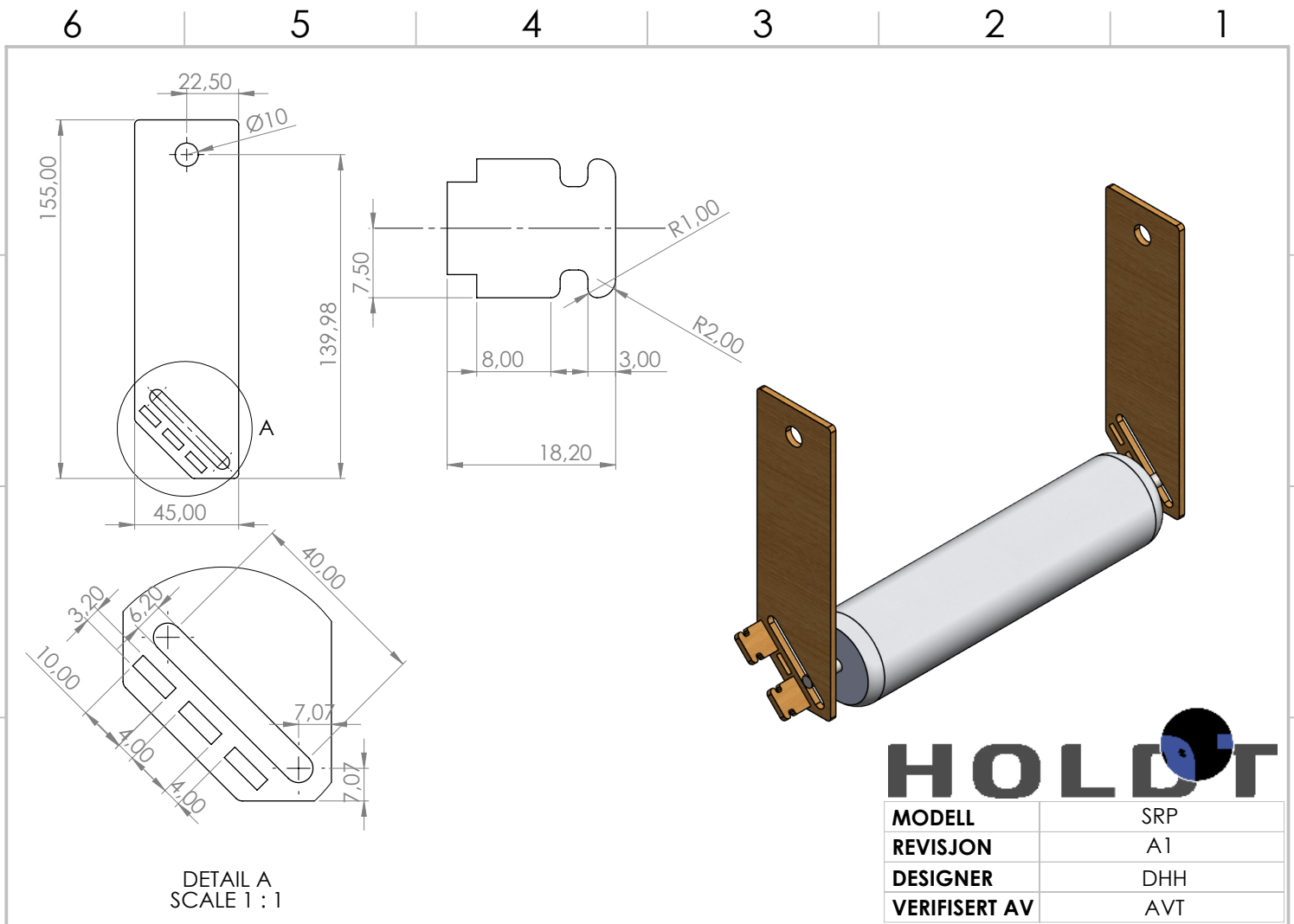




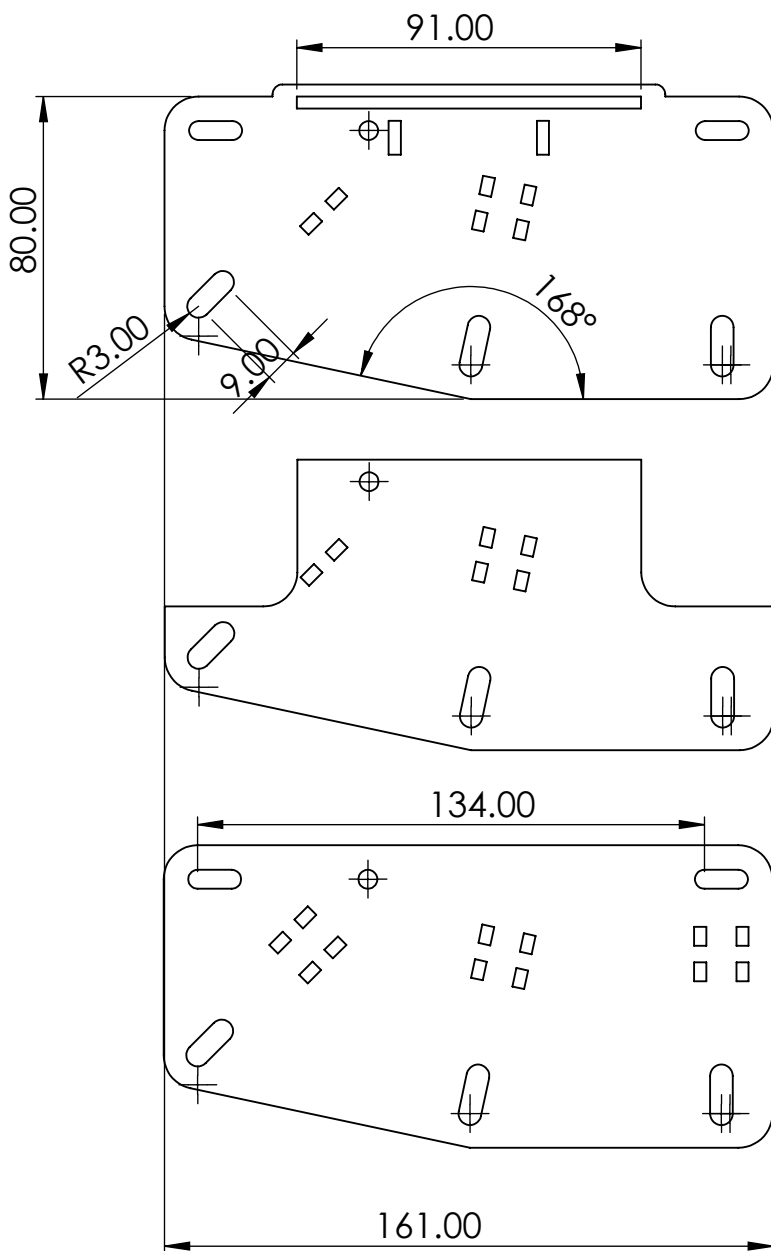
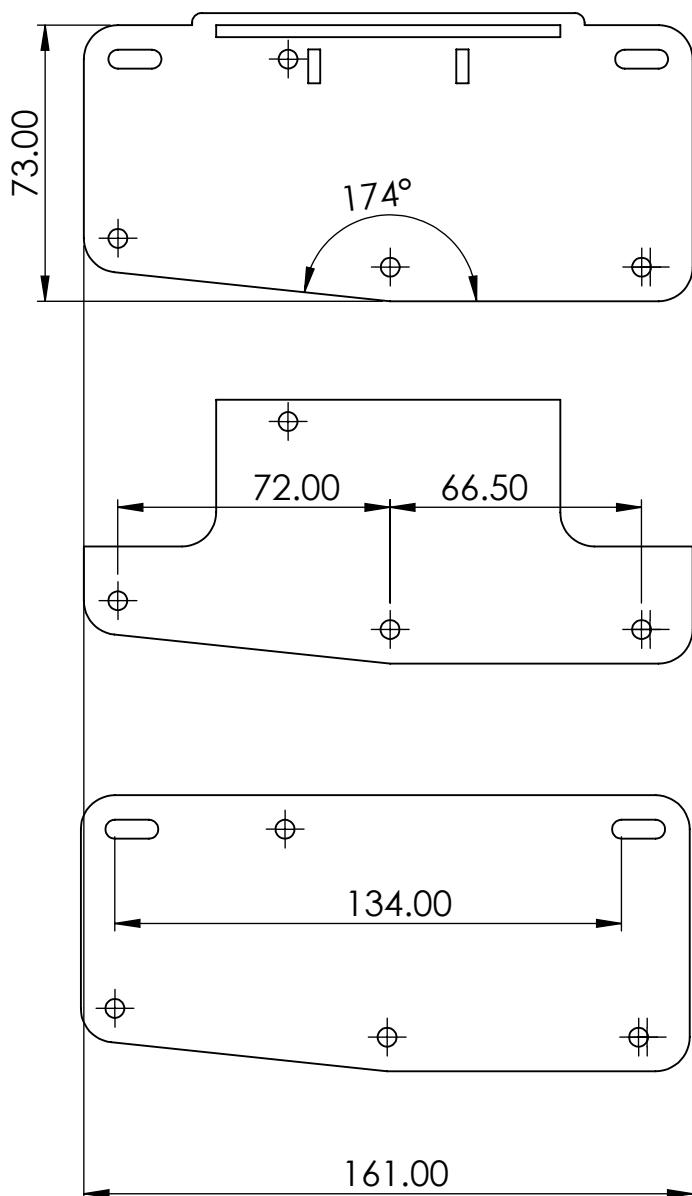
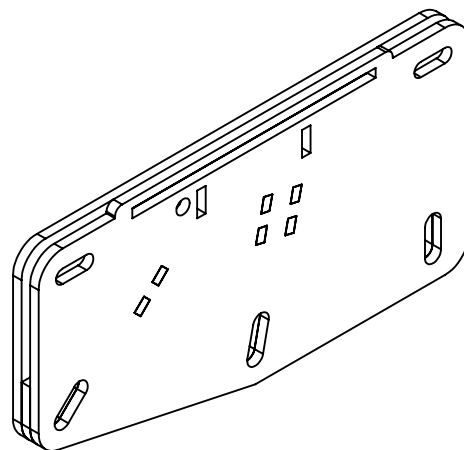
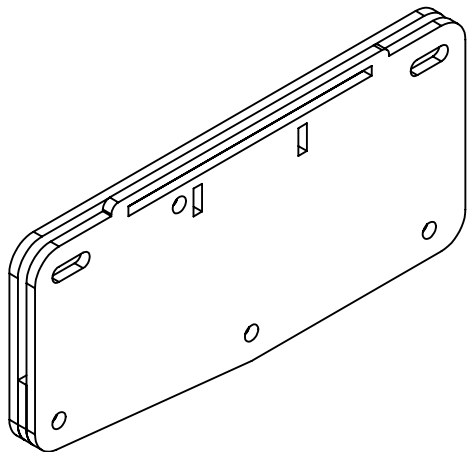
1:5 om ikke annet er spesifisert



MODELL	SRP
REVISJON	A1
DESIGNER	AVT
VERIFISERT AV	DHH



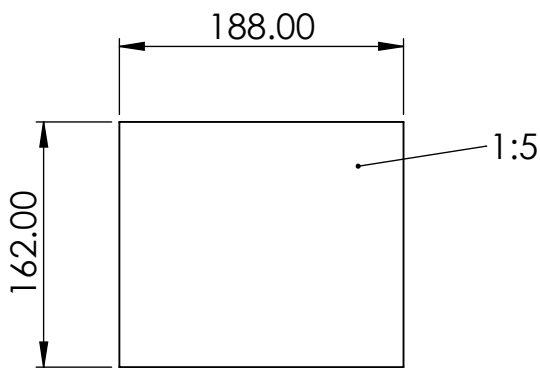
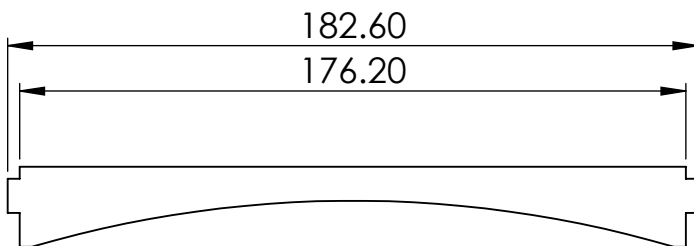
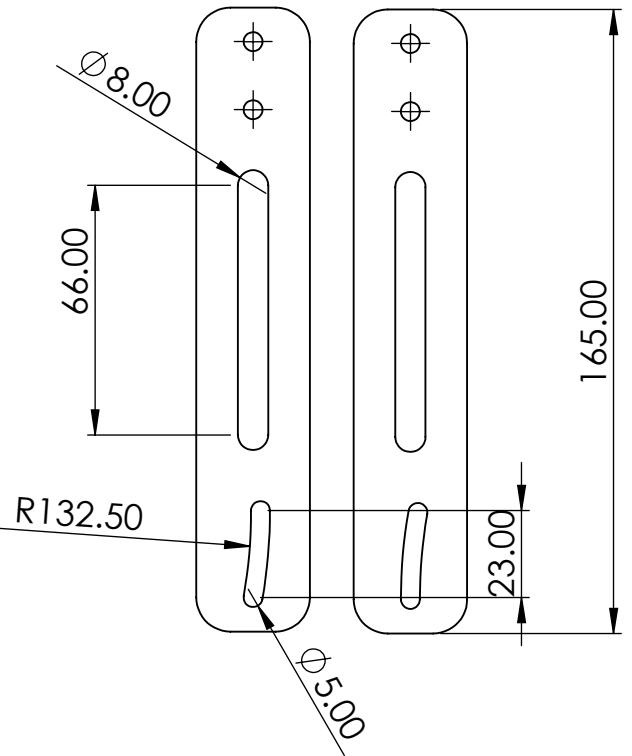
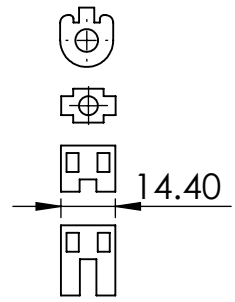
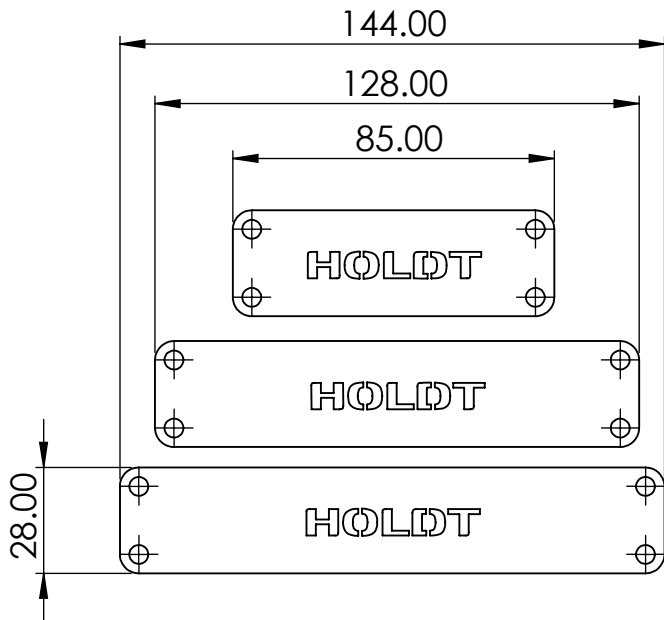
## 3.2 ANDRE REVISJONS TEGNINGER



1:2 om ikke annet er spesifisert



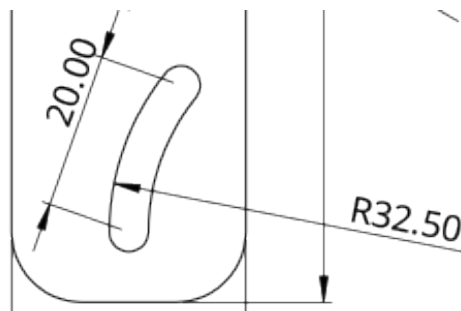
<b>MODELL</b>	SRP
<b>REVISJON</b>	A2
<b>DESIGNER</b>	AVT
<b>VERIFISERT AV</b>	DHH



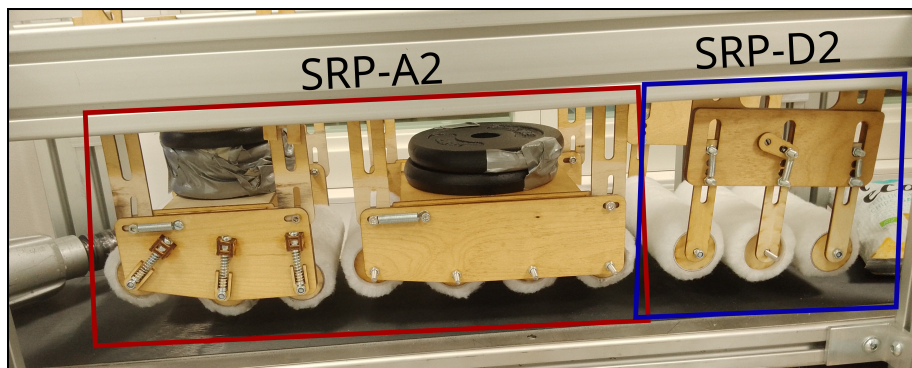
1:2 om ikke annet er spesifisert



MODELL	SRP
REVISJON	A2
DESIGNER	AVT
VERIFISERT AV	DHH



Figur 3.1: Slot geometri fra første revisjon som skal forbedres.



Figur 3.2: Oppsettet av mekanismene på innløpsbåndet.

## MÅL

---

### 4.1 SRP-A1

1. Forbedre spor, se figur 3.1. Finn rett vinkel og geometri på sporet. Sporet skal gi minst mulig motstand slik at chips posene ikke stopper ved starten av mekanismen.
2. Låsemuttere på alle roterende bolter.
3. Om mulig, teflonskiver mellom flater som møter hverandre. Eller bare forbedre de flatene som møter hverandre slik at det blir mindre friksjon. Dag hadde en god løsning på dette. Den innebærer å øke arealet på friksjonsflaten.
4. Mulighet for montering av vekter.
5. Mulig flere fjærbelasta ruller og vinkel på alle ruller i mottakeren.

## 4.2 SRP-D1

1. Plassere rullene nærmere hverandre, For å forhindre at posen blir dytter på over siden av neste rulle.
2. Lage en modul med 3 ruller slik at det blir mer likt SRP-A1.
3. Gå fra strikk til fjøring. Trykk fra fjører er lettere og bruke da det er mer tilgjengelig. Det vi også bli lettere og montere og demontere.
4. Legge til mulighet for å stramme fjørene. Dette er ønskelig da man er usikker på hvor lett posen vil entre udner rullene.

## AKSEPTKRITERIER

---

### 5.1 SRP-A1

- **Akseptkriterie for mål 1** Forbedring av bevegelse skal oppnås. Med forbedring menes det at kraften som snacks posene må utøve på mekanismen når de blir ført inn gjennom av løpebåndet skal reduseres, mest mulig av kraften skal gå i å løfte mekanismen. Kraften som posen utøver på mekanismen virker i både X og Y-retning så derfor blir det lagt på en radie, hvor mye som virker i X og hvor mye i Y retning gjenstår å finne ut av.
- **Akseptkriterie for mål 2** Låsemuttere skal være montert på alle bolter som roterer.
- **Akseptkriterie for mål 3** Alle bevegelige deler har fått en forbedring som minsker friksjon.
- **Akseptkriterie for mål 4** Det skal være mulig å teste mekanismen med forskjellig masse. Derfor skal det designes inn en plate eller lignende slik at vekter kan enkelt tas av og på ved behov.
- **Akseptkriterie for mål 5** Det skal være undersøkt om flere fjører forbedrer mekanismen, hvis de gjør det, skal de designes inn i mekanismen og monteres.

## 5.2 SRP-D1

- **Akseptkriterie for mål 1**

Under testing skal ikke posene bli dyttet i mellom rullene. om rullene klarer 10 kjøringer uten tegn til at posen vil gå i mellom rullene er testen vellykket.

- **Akseptkriterie for mål 2** - Målet er nådd om alle rulene blir plasert på en felles plate slik som SRP-A1.

- **Akseptkriterie for mål 3** - målet er vellykket om SRP-D1 fungerer med fjører. Som vil si at rullene skal dytte ned på posene med kraft fra fjøringen.

- **Akseptkriterie for mål 4** - Det skal være mulighet for å justere fjørene uavhengig av hverandre. om det er mulig og justere kraften fjørene dytter rullene med blir målet sett på som vellykket.

### UTSTYR

---

- CAD modeller av SRP-A1 og D1.
- Laserkutter.
- Limtre plater med 3.2mm tykkelse for laserkutting.
- Superlim eller trelim.
- Fjærsett fra Clas Ohlson.
- Låsemuttere for 5mm, 6mm og 8mm bolter.
- Innløpsbånd



## Stor pose



## Tykkelse

Omtrent 70mm, avhengig av luft/nitrogen mengde i pose.

## Liten pose



## Tykkelse

Omtrent 55mm, avhengig av luft/nitrogen mengde i pose.

**HYPOTESE**

---

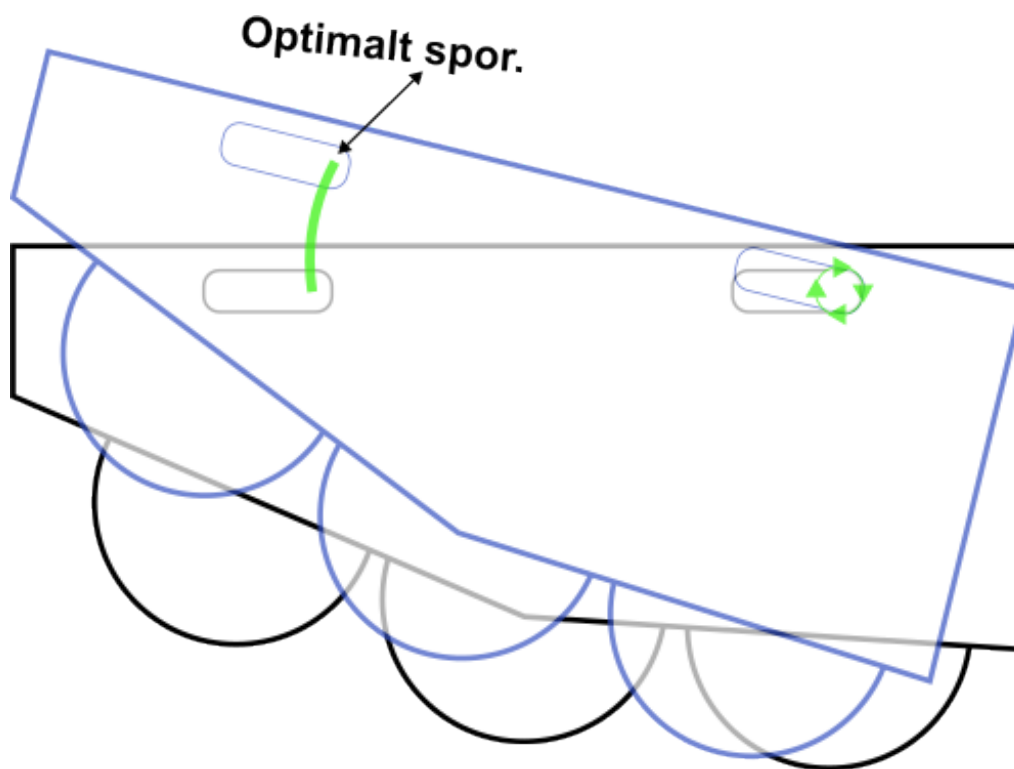
## 7.1 SRP-A1

### Hypotese for mål 1

#### Høyde

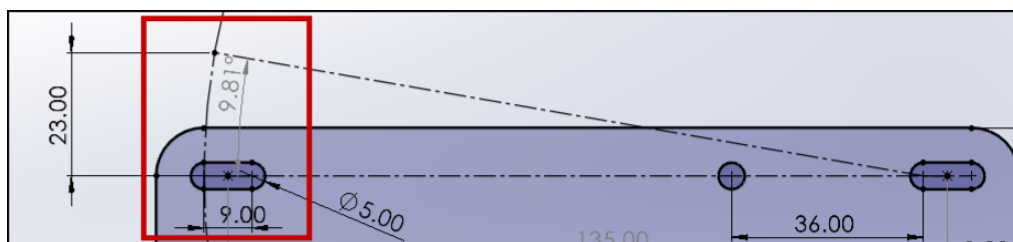
Den største chips posen som det blir testet mot nå har en tykkelse på omtrent 70mm. Om en får presset ut 1/4 av lufta i posen skal dette være en stor nok forandring til å kunne detektere lekkasje ved høydemåling. Det legges til 1/3 av minimum høyden for å sikre lang nok vandring. **Høyden på sporet må være minst  $\approx 23mm$ .**

#### Radie og geometri

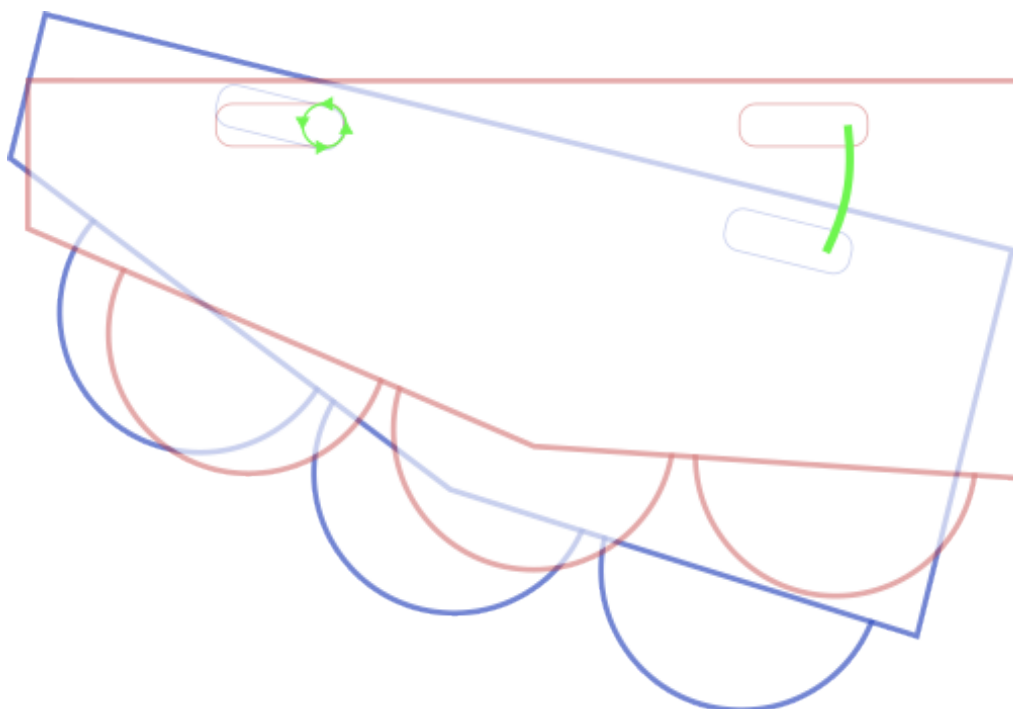


Figur 7.1: Bevegelse av mekanismen ved inntak av pose.

Som en ser på figur 7.1 kan en finne den optimale geometrien for spora ved å se på rotasjonen fra stillpunkt til topp av pose. Dette gjøres enkelt i CAD programmer.



Figur 7.2: Her er optimal spor geometri funnet i solidworks sketchen.



Figur 7.3: Optimalt spor på motsatt side har samme geometri men flippa 180 grader.

## Hypotese for mål 2

Hypotesen er enkel. Muttere løsner ved roterende bolter. Derfor blir de montert på alle bolter som har mulighet for å rotere.

## Hypotese for mål 3

Sideplatene som flyter i spora skal dobles opp slik at en får ett større overflateareal mot festet.

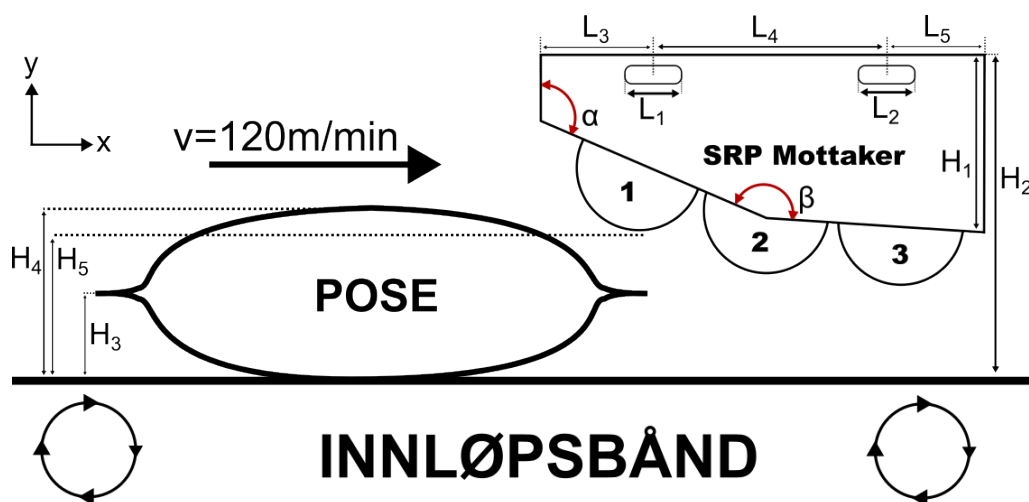
## Hypotese for mål 4

Vekter skal kunne monteres for å teste med forskjellig masse og finne den optimale massen for hver chips pose.

## Hypotese for mål 5

Når posen ligger på innløpsbåndet har den en fart i forhold til SRP mottaker som står i ro. Denne farten er 120m/min i denne testen. Når den møter første rullen i SRP vil den da utøve en kraft på den i X retning som en må prøve å kompensere for å konvertere til kraft i Y retning da det er den veien en vil at mekanismen skal gå.

Mål 1 ble forklart med at spor måtte forbedres. Men for å få minst mulig motstand og en jevn bevegelse til posen må en også se på selve designet av mottakeren.

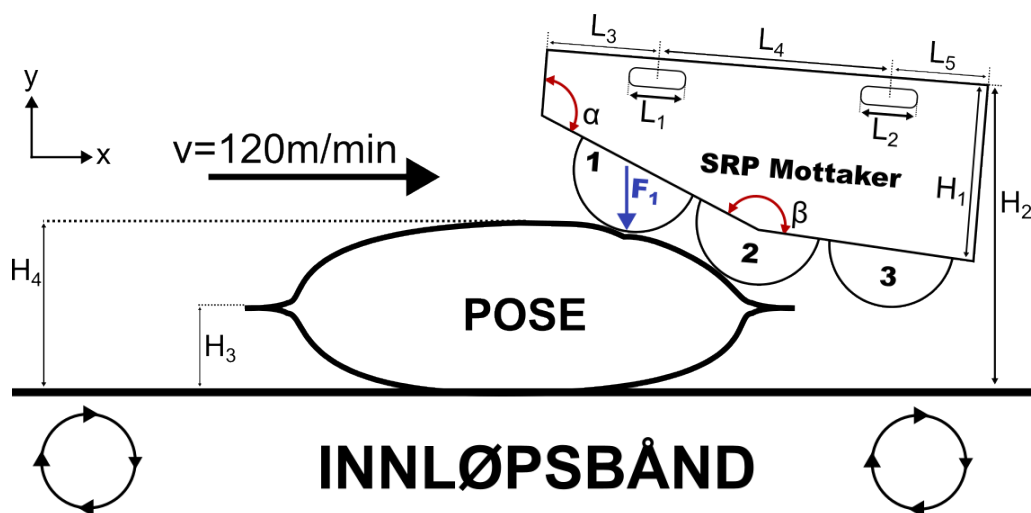


Figur 7.4: På mottakeren er det flere variabler som har en påvirkning på mekanismens bevegelse og posens innføring.

## Vinkel på rullene

1. Det vil være viktig å få den første rullen til å lande på eller over  $H_5$  på kurvaturen hvor vinkelen begynner å flate ut. Etter at rulle 1 er på posen vil vinkelen endre seg i tillegg til at posen får et trykk mot innløpsbåndet som øker friksjonskoeffisienten og dermed minsker muligheten for at posen stopper i mottaker. I tillegg til dette vil

vinkelen på mottakeren og hele mekanismen bli endret, dette må en ta i betraktning på rulle 2.



Figur 7.5: Mottakeren har endret vinkel etter at rull 1 har fått kontakt med posen.

2. Når rull 2 skal starte sin overgang til posen har kurvaturen endret seg i tillegg til at posen har fått bedre kontakt med innløpsbåndet.
3. Etter at rull 2 er på posen vil mottakeren begynne å rette seg opp igjen og stå vinkelrett mot løpebåndet når rull 3 har fått full kontakt. Dette punktet er ikke kritisk. Det beste utgangspunktet her er at rull 2 og 3 er parallelle med hverandre og løpebåndet slik at begge får en jevn kontakt med posen.

### Fjæring på ruller

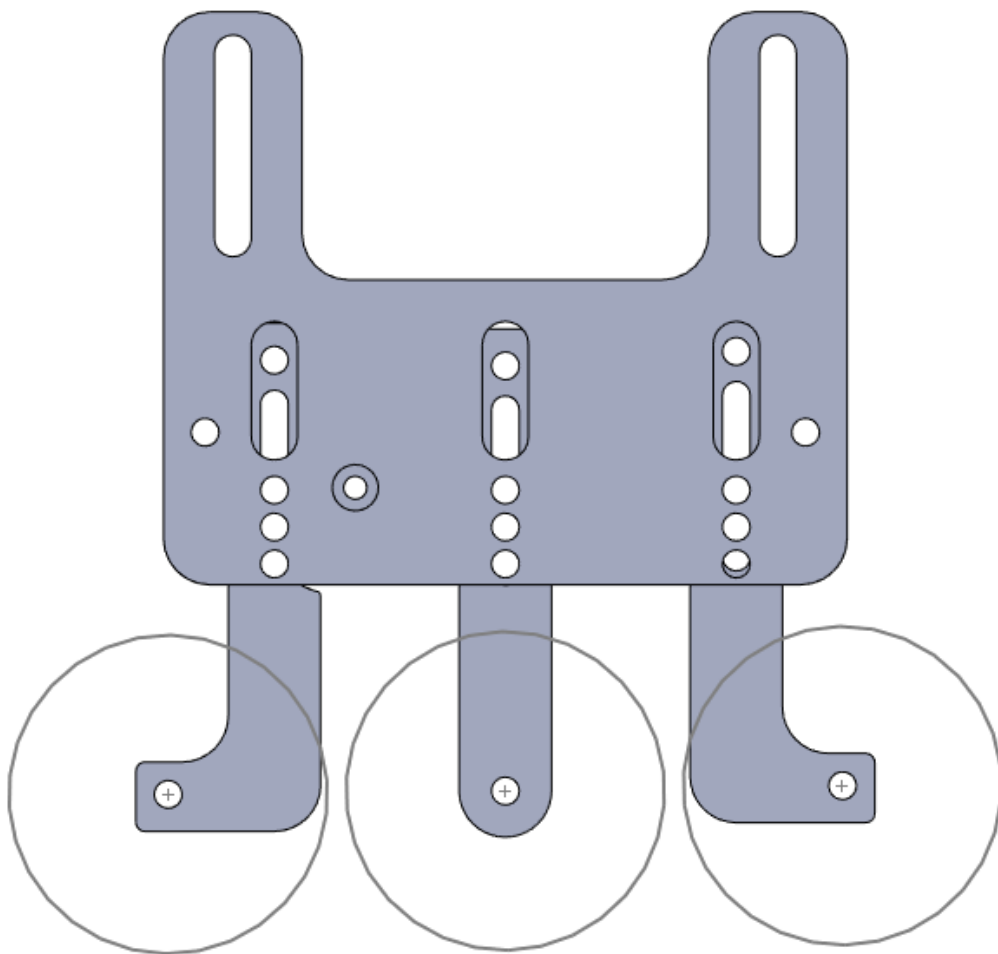
I revisjon 1 var det fjæring på rull 1. Denne revisjonen fungerte i utgangspunktet bra med tanke på dette målet. Det som kan vurderes er å montere fjæring på rull 2 hvor den har et toppunkt som er parrallelt med rull 3. Dette vil i teorien føre til at den får tidligere kontakt med posen og kan igjen gi en jevnere overgang. Denne bør være stillbar for forskjellige størrelser av poser men dette kan en se på i neste revisjon.

## 7.2 SRP-D1

### Hypotese for mål 1

#### Avstand ruller

For at posene ikke skal klemme seg i mellom rullene slik på tideliger testing skal de bli plassert nærmere hverandre. For å hindre problemer blir rullene plassert nesten inntil hverandre.



Figur 7.6: Rulle feste fra siden



## **Hypotese for mål 2**

### **Felles plate**

Siden rullene ikke lenger trenger og være fri fra hverandre for å teste avstand, vil de bli festet på en felles plate. slik at det blir likere SRP-A1, som gjør at systemet vil se mer likt ut i en hel het men også bli enklere og montere da det er ferre deler.

## **Hypotese for mål 3**

### **Fjøring**

Strikk fungere veldig fint til første test, men da fjører er tigjengelig vil dette blir brukt istede. For å sikre at fjørene dytter på rullene med mest mulig plass. er menaismen designet slik at det er fjør bein som beveger seg mellom 2 plater i holderen. på denne måten får man en system med lite friksjon og som er enkelt å sette opp.

## **Hypotese for mål 4**

### **Stramming av fjører**

For å ha mulighet til å regulere hvor mye fjørene blir strammet med er det laget 3 mulige monterings posisjonere. På denne måten kan man reduserer eller øke presset fra rullene på posen. dette kan være ønskelig da det kan være problemer for posen å entre rullene når de er helt stramme.

## **FREMGANGSMÅTE**

---

### **8.1 SRP-D2**

#### **Fremgangsmåte for mål 1-4**

Måten dette skal testes på er ved å teste SRP-D1 montert på samlebandet. Rullene skal være montert slik at de er 30mm over båndet. Det skal kjøres 10 poser gjennom systemet for å se hva som skjer med det.

## 8.2 SRP-A2

Alle deler blir laserkutta på nytt og det nye konseptet blir montert på innløpsbåndet. Deretter blir chips poser kjørt gjennom mekanismen for å kontrollere visuelt bevegelsen av mekanismen. Deretter blir det montert vekter og posene blir igjen kjørt gjennom mekanismen. Hovedmålet er at posene ikke sprekker.

### RESULTATER

---

## 9.1 SRP-A2

- Måtte redesigne fjærholderen for kompresjons fjørene på mottakeren da de hadde en tendens til å bøye seg.
- Vinkelen  $\beta$  fra fig 7.4 var for lav, spesifisert som 168 grader på andre revisjons tegninga. Den kan med fordel være litt nærmere 180 grader. Denne vinkelen kunne også vært stillbar slik at den da kan stilles inn etter hvilken pose type er på båndet.
- En ulempe med å bruke limtre er stivheten. Dette ble lagt merke til når mekanismen var i lav posisjon, det vil si nærmere båndet. Derfor bør heller aluminiums profilene være de som bestemmer høyden.

## 9.2 SRP-D2

Ved testing ser systemet ut til å fungere som ønsket. Posen entret bra og fjørene presset på posen som tenkt. Det ble også testet hvor mye trykk systemet presset med. Det ble målt til 3kg samlet og 1 kg per rulle. Neste blir nå og koble opp digital avmåling av høyden. Fjørene sto på strammeste stillingen og ble ikke justert ned da det fungerte som ønsket.

### BEREGNINGER

---

## 10.1 MINIMUM HØYDE PÅ SRP-A1 SPOR

$$\text{Max posehøyde} = H = 70\text{mm}$$



Figur 9.1: Bilde av SRP-D1 test

$$\text{Min. spor høyde} = \frac{H}{4} \cdot (1 + 1/3) \approx 23\text{mm}$$

D.6 ID 7 - SBG



# HOLDOT

Hull- og lekkasje deteksjons teknologi

## Test

NAVN Haar cascade for posegjenkjenning	ID 7	Prioritet MIDDELS
--	------	-------------------

## Ansvarlige

Utført av Kristoffer	Verifisering Data
----------------------	-------------------

## System

NAVN SBG	ID 11
----------	-------

## System type

NAVN Video	ID 7
------------	------

Krav ID Ikke kravbasert

## INNHold

---

<b>Innhold</b>	<b>i</b>
<b>1 Beskrivelse</b>	<b>1</b>
<b>2 Konklusjon</b>	<b>1</b>
<b>3 Mål</b>	<b>1</b>
<b>4 Akseptkriterier</b>	<b>1</b>
<b>5 Utstyr</b>	<b>1</b>
<b>6 Hypotese</b>	<b>1</b>
<b>7 Fremgangsmåte</b>	<b>2</b>
<b>8 Resultater</b>	<b>2</b>

## BESKRIVELSE

---

Lage et Haar cascade som kan brukes til å fortelle et program hva det skal se etter i en videostrøm.

## KONKLUSJON

---

Da det har blitt brukt omtrent ti forsøk på å lage et tilfredstillende treningssett uten hell, vurderes det som nødvendig å skrape dette konseptet.

## MÅL

---

Et program skal klare å finne potetgullposer i en videostrøm ved hjelp av treningsettet.

## AKSEPTKRITERIER

---

For at dette skal kunne vurderes må treningsettet som blir produsert være i stand til å hjelpe et program med å finne poser i videoer.

## UTSTYR

---

- OpenCV
- Python
- VM

## HYPOTESE

---

Ved bruk av OpenCV vil vi kunne lage et program som kan lage en boks rundt potetgullposen. Denne boksen vil kunne fargelegges forholdsvis rød eller grønn avhengig av hvorvidt systemet har klart å finne hull i posen for å visualisere for produsent hvilke poser det er hull i.

## FREMGANGSMÅTE

---

For å utføre denne testen kjøpte vi tilgang til en virtuell maskin. Dette ble gjort ettersom Haar cascades ikke er mulig å lage med OpenCV 4.x og det ble gjort en vurdering om at 25,- for en ukes tilgang var verdt det opp mot arbeidet det ville kreve å nedgradere OpenCV lokalt.

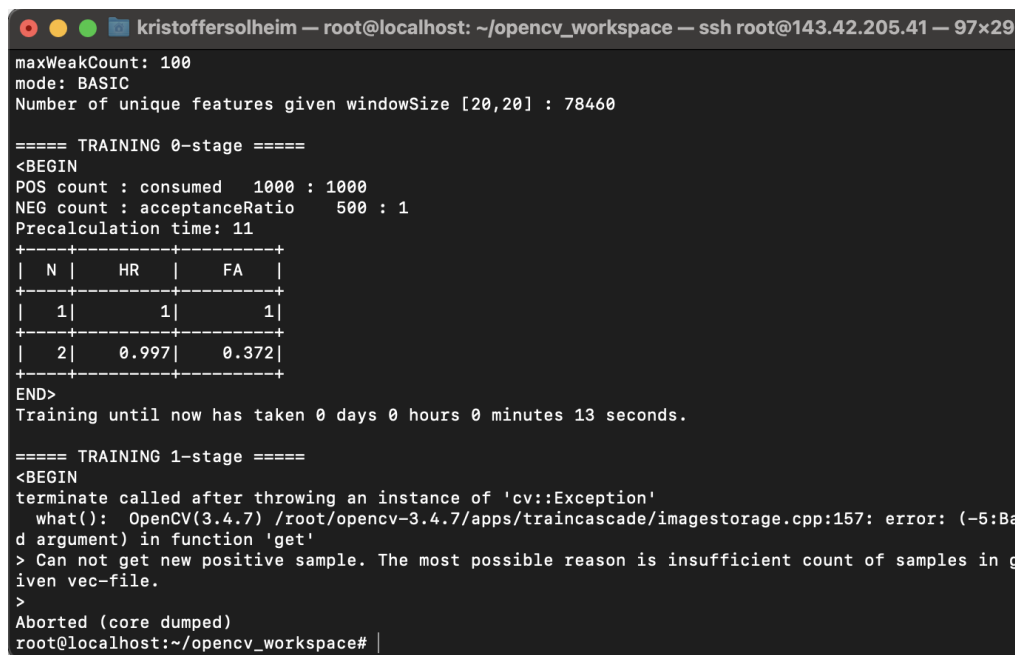
For å kunne trene opp programmet er man avhengig av eksempelbilder. For å få tak i disse la vi lenker til bilder på Wikimedia Commons uten potetgullposer (negative) i en HTML-fil og lagde et pythonscript som lastet de ned.

Deretter ble mappen med bildene overført til VMen og kjørt gjennom en kommando som lager kopier av bildene med potetgullposer over seg (positive) i en egen mappe. I tillegg til dette ble det laget en fil med informasjon om hvor posene befant seg på de positive bildene.

Så ble en treningskommando kjørt for å lage en XML-fil som skal fortelle programmet hva det skal se etter for å finne poser.

## RESULTATER

---



```
kristoffersolheim — root@localhost: ~/opencv_workspace — ssh root@143.42.205.41 — 97x29
maxWeakCount: 100
mode: BASIC
Number of unique features given windowSize [20,20] : 78460

===== TRAINING 0-stage =====
<BEGIN
POS count : consumed 1000 : 1000
NEG count : acceptanceRatio 500 : 1
Precalculation time: 11
+-----+
| N | HR | FA |
+-----+
| 1 | 1 | 1 |
+-----+
| 2 | 0.997 | 0.372 |
+-----+
END>
Training until now has taken 0 days 0 hours 0 minutes 13 seconds.

===== TRAINING 1-stage =====
<BEGIN
terminate called after throwing an instance of 'cv::Exception'
  what():  OpenCV(3.4.7) /root/opencv-3.4.7/apps/traincascade/imagestorage.cpp:157: error: (-5:Bad argument) in function 'get'
> Can not get new positive sample. The most possible reason is insufficient count of samples in given vec-file.
>
Aborted (core dumped)
root@localhost:~/opencv_workspace#
```

Fig. 1: Terminert produksjon av Haar cascade



Selv om det bare ble brukt 1000 bilder i eksempelet over var det en gjenganger at prosessen ble terminert, uavhengig av mengden bilder som ble brukt og prosessorkraft på maskinen.. XML-fila man satt igjen med ble aldri tilstrekkelig og programmet var ikke i stand til å finne potetgullposer i en videostrøm.

D.7 ID 8 - OSP M2 OKSYGENGASS-SENSOR  
MED VIFTE



# HOLDOT

Hull- og lekkasje deteksjons teknologi

## Test

NAVN Gass måling	ID 9	Prioritet HØY
------------------	------	---------------

## Ansvarlige

Utført av Mehdi Chamran	Verifisering Elektro
-------------------------	----------------------

## System

NAVN OSP-M2	ID 4
-------------	------

## System type

NAVN Sensor	ID 2
-------------	------

Krav ID 2 og 3

## INNHold

---

<b>Innhold</b>	<b>i</b>
<b>1 Beskrivelse</b>	<b>1</b>
<b>2 Konklusjon</b>	<b>1</b>
<b>3 Tegninger og illustrasjoner</b>	<b>1</b>
<b>4 Mål</b>	<b>2</b>
<b>5 Akseptkriterier</b>	<b>2</b>
<b>6 Utstyr</b>	<b>2</b>
<b>7 Hypotese</b>	<b>2</b>
<b>8 Fremgangsmåte</b>	<b>2</b>
<b>9 Resultater</b>	<b>3</b>
<b>10 Beregninger</b>	<b>3</b>

## BESKRIVELSE

---

Rapporten under arbeid men her ett eksempel. Denne rapporten beskriver et eksperiment utført for å forbedre responstiden til en elektrokjemisk oksygensensor ved å bruke en vifte for å øke luftstrømmen over sensoren

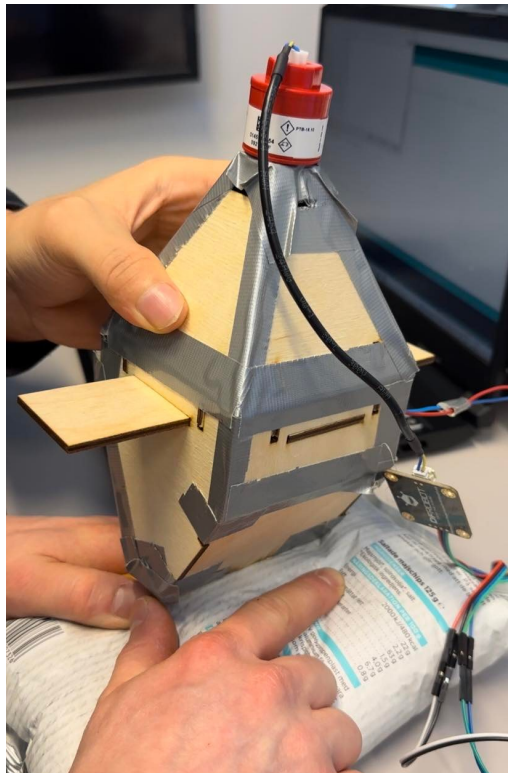
## KONKLUSJON

---

Resultatene av eksperimentet indikerer at bruk av en vifte for å øke luftstrømmen over den elektrokjemiske oksygensensoren påvirket sensorens ytelse negativt. Sensorens responstid økte og avlesningene ble mer ustabile når viften ble slått på.

## TEGNINGER OG ILLUSTRASJONER

---



Figur 3.1: Test av oksyngengass sensor med vifte

## MÅL

---

Målet med eksperimentet var å undersøke effekten av økende luftstrøm over den elektrokjemiske oksygensensoren og finne ut om den kunne forbedre sensorens responstid.

## AKSEPTKRITERIER

---

Eksperimentet ble ansett som vellykket hvis bruken av en vifte viste seg å forbedre responstiden til den elektrokjemiske oksygensensoren uten å påvirke ytelsen negativt.

## UTSTYR

---

- Elektrokjemisk oksygensensor
- Vifte
- Strømforsyning
- Datamaskin
- Hus for sensor og vifte

## HYPOTESE

---

Det ble antatt at å øke luftstrømmen over den elektrokjemiske oksygensensoren ved hjelp av en vifte ville forbedre sensorens responstid. Hypotesen var basert på ideen om at økt luftstrøm ville forbedre oksygendiffusjonen til sensorens elektrodeoverflate, noe som resulterer i raskere reaksjonskinetikk og kortere responstid.

## FREMGANGSMÅTE

---

Eksperimentet ble utført ved først å sette opp den elektrokjemiske oksygensensoren og koble den til et datamaskin. Sensoren ble først testet som vanlig uten vifte som vist på dokumentasjon (2-OSP-M1-Oksyngengass sensor), da fungerete sensoren som normalt. Eksperimentet ble gjentatt med vifte med hus og sensoren plassert 10 cm over viften for å øke luftstrømhastigheten

over sensoren. Vi skulle da prøve å måle Responstiden til sensoren og dataene ble analysert for å finne ut om det var noen forbedring i sensorens responstid.

## RESULTATER

---

Resultatene av eksperimentet viste at bruk av en vifte for å øke luftstrømmen over den elektrokjemiske oksygensensoren hadde en negativ innvirkning på sensorens ytelse. Responstiden til sensoren økte og avlesningene ble mer ustabile eller ikke avlesninger i heletatt når viften ble slått på. Disse resultatene tyder på at bruk av en vifte for å øke luftstrømmen over den elektrokjemiske oksygensensoren kanskje ikke er en effektiv metode for å forbedre ytelsen. Mulige årsaker til viftens negative innvirkning på sensorens ytelse inkluderer:

- Turbulens: Viften kan ha skapt turbulent strømming, som kan forstyrre diffusjonen av oksygen til sensorens elektrodeoverflate, noe som fører til langsommere reaksjonskinetikk og lengre responstid.
- Varmeutvikling: Viften kan ha generert varme, noe som kan påvirke stabiliteten til sensorens utgang og føre til lengre responstid.
- Vibrasjoner: Viften kan ha forårsaket vibrasjoner som forstyrret sensorens drift, noe som førte til ustabile avlesninger.

Oppsummert viste eksperimentet at bruk av en vifte for å øke luftstrømmen over en elektrokjemisk oksygensensor påvirket ytelsen negativt. Funnene av dette eksperimentet kan hjelpe til med å veilede fremtidig innsats for å optimalisere ytelsen til elektrokjemiske oksygensensorer. Ytterligere studier kan være nødvendig for å undersøke andre metoder for å forbedre sensorens responstid, for eksempel å endre sensorens elektrodedesign eller endre gassstrømningshastigheten.

## BEREGNINGER

---

Ikke nødvendig.

D.8 ID 9 - POTENSIOMETER,  
HØYDEMÅLINGSENSOR





# HOLDOT

Hull- og lekkasje deteksjons teknologi

## Test

NAVN Potensiometer og høydemåler	ID 9	Prioritet Middels
----------------------------------	------	-------------------

## Ansvarlige

Utført av Javier	Verifisering Elektro
------------------	----------------------

## System

NAVN Potensiometer	ID 7
--------------------	------

## System type

NAVN Sensor	ID 2
-------------	------

Krav ID 2 og 3

## INNHold

---

<b>Innhold</b>	<b>i</b>
<b>Nomenklatur</b>	<b>ii</b>
<b>1 Beskrivelse</b>	<b>1</b>
<b>2 Konklusjon</b>	<b>1</b>
<b>3 Tegninger og illustrasjoner</b>	<b>1</b>
<b>4 Mål</b>	<b>5</b>
<b>5 Akseptkriterier</b>	<b>5</b>
<b>6 Utstyr</b>	<b>5</b>
<b>7 Hypotese</b>	<b>5</b>
<b>8 Fremgangsmåte</b>	<b>6</b>
<b>9 Beregninger</b>	<b>6</b>
<b>10 Resultater</b>	<b>7</b>

## NOMENKLATUR

---

$\theta$  Referanse vinkel for rotasjonspotensiometer

$I$  strøm

$P$  effekt

$R$  resistans

$r$  radius

$S$  Buelengde

$V$  spenning

## BESKRIVELSE

---

Høyden av snacks poser blir målt for å sjekke om det er nok luft eller nitrogen gass inn i posene og det ikke er lekkasje. Det gjøres ved å se høyde forandring med en bestemt posestørrelse. Høydemåler vil bli brukt for se forandring i høyden. Å måle høyde forandring kan være som å måle en forskyvning der et objekt har beveget seg en viss avstand fra et referansepunkt. Det finnes forskjellige måter å måle høyden på, men her vil det være mest aktuell å måle den med en sensor. Siden det som skal måles er forandring i høyde og dette er en forskyvning, kan en sensor som måler forskyvning brukes til å måle høyden.

Potensiometrene består av en motstand med en glidende kontakt som kan dras over lengden til motstanden. Da vil en forskyvning av den elektriske glidende kontakt være en forandring i resistans og dermed en forandring i høyde. Så dermed blir dette testet med en potensiometer.

## KONKLUSJON

---

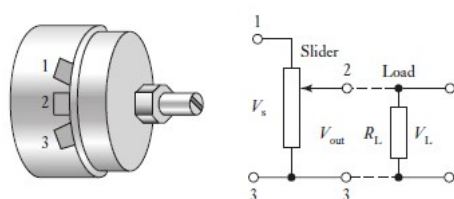
Høyden eller i dette tilfelle forskyvningene avhengig av pose størrelse. Og det som potensiometeret klarer å måle maksimal avhenger av lengden til skyvestang hvis det er lineær potensiometer eller avhenger av diameter til roterende aksel hvis det er en rotasjonspotensiometer. Diameter til akselen av potensiometer kan fikses mekanisk, og det kan bli lagt til et tannhjul med en større diameter eller lege til en mekanisme hvor radius fra midtpunktet av akslingen til dreiepunktet er større enn 2cm langt, så da kan en større forskyvning bli lest.

Sammen med en mekanisk oppsett vil høyden kunne måles og eventuell få data som er viktig for å detektere om det er lekkasje i snacks posene. Men hvor nøyaktig blir målingen når det blir testet med posene står fortsatt uklart, derfor vil disse sensorene testes flere ganger med samme målingen for å sjekke nøyaktighet og repeterbarhet.

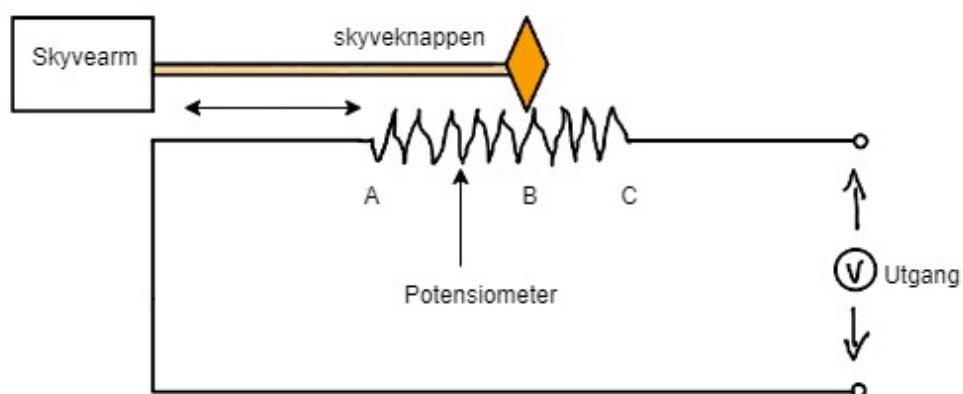
## TEGNINGER OG ILLUSTRASJONER

---

Det finnes forskjellige type potensiometere som kan brukes til å måle forskyvning men det er nødvendig og velge den som passer best for å måle en lineær forskyvning eller forandring i høyde. Det er to type potensiometere som har blitt vurdert. Lineære potensiometere vist i figur 3.2 som består av en lineær resistiv flate og som gir en lineær respons på posisjonendringen. Og rotasjonspotensiometere vist i figur 3.1 som i motsetning til lineære har



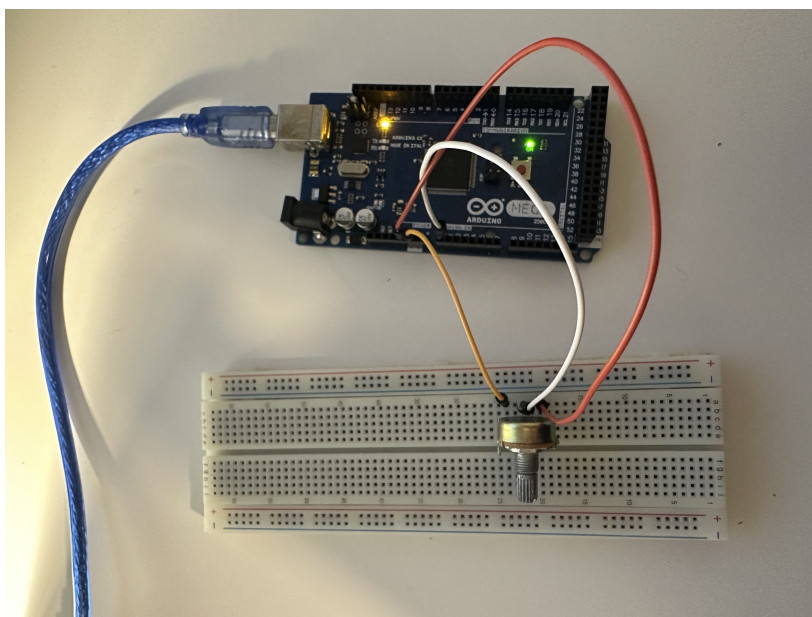
Figur 3.1: Rotasjonspotensiometer



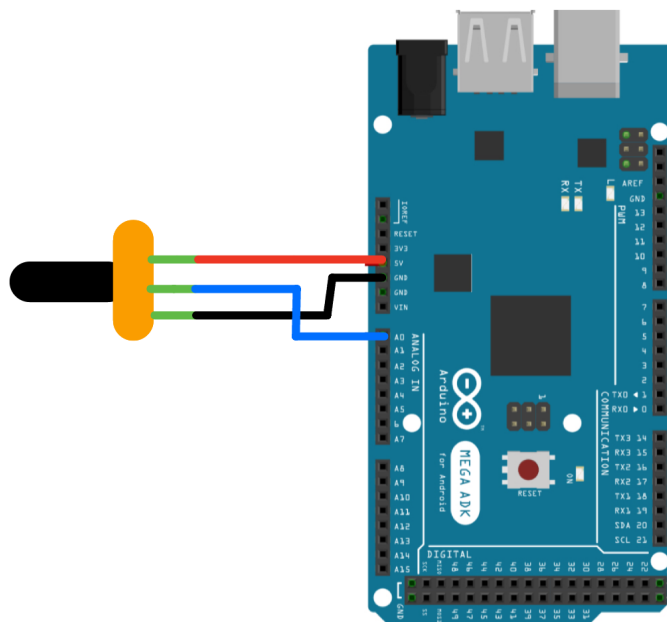
Figur 3.2: Lineær potensiometer

en sirkulær resistiv flateform og brukes til å måle rotasjonsbevegelser i de fleste tilfeller. Men de kan bli brukt og bli gjort om til lineære bevegelser i andre tilfeller.

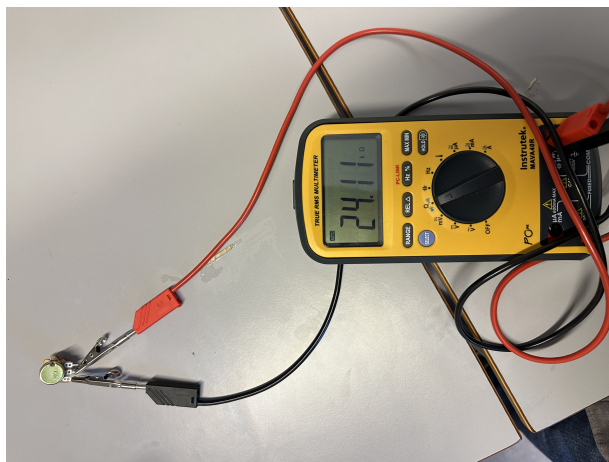
Figur 3.5 viser potensiometer koblet med en multimeter for å teste om det er et lineært motstandavsmalning potensiometer. Hvor halv forskyvning gir halv motstand verdi.



Figur 3.3: Potensiometer koblet til Arduino MEGA



Figur 3.4: Kobling mellom potensiometer og Arduino MEGA



Figur 3.5: Måling av resistans når potentiometer ble forskyvet halvveis.

∞ COM6
0.00 Volts
0.00 Volts
0.00 Volts
0.83 Volts
1.46 Volts
1.97 Volts
2.53 Volts
3.10 Volts
3.43 Volts
4.03 Volts
4.73 Volts
5.00 Volts
5.00 Volts
5.00 Volts
5.00 Volts
5.00 Volts
5.00 Volts

Figur 3.6: Spenning målt ut av potensiometer når den ble forskyvet fra 0 grader til 270 grader.

## MÅL

---

Testen vil bestemme om en potensiometer er egnet for å måle høyden til disse snacks poser og eventuell sjekke hvis signalet ut fra potensiometer sammen med mekanismen kan gi resultat for en høyde forandring på minimum 23mm høyde.

## AKSEPTKRITERIER

---

Ved bruk av en potensiometer kan høyde forandring på minimum 23mm bli målt ved å måle spenning forandring ut av potensiometer med Arduino Mega.

## UTSTYR

---

- x1 50k $\Omega$  Potensiometer lineær tapper
  - Modell: B50K
  - Motstand verdi: 50K  $\Omega$
  - Effekt: 1/2W
  - Type: Singel lineær (Type B)
  - Akseldiameter: 6mm / 0.23"
- x1 Arduino MEGA 2560
- x1 Multimeter

## HYPOTESE

---

For hypotesen har det blitt vurdert å lege til en mekanisme som roterer eller skyver potensiometeret. Her må vurderes også hva som er best å bruke. Enten blir det bedre å bruke et lineær potensiometer eller et rotasjonspotensiometer.

Når en snackpose kommer i kontakt med mekanismen vil det være mulig med potensiometer å føle eller detekttere høyde forandring med en forandring i resistans. Da vil høyden sjekkes for å se om posen har nok luft inn i seg.



## FREMGANGSMÅTE

---

For å teste potensiometer ble den koblet med en multimeter først for å sjekke linearitet som er avhengig av rotasjonen og resistans. Da koblet vi til arduino å kjørte kode for å se spenning forandring mot posisjon.

## BEREGNINGER

---

Da testen ble gjennomført kom det flere kriterier som vi måtte ta hensyn til potensiometer. Den første var den potensielle rating til potensiometer som ikke hadde så mye påvirkning i testen. Arduino gir 5v spenning til potensiometer og dette er ikke nødvendigvis mye for at vi måtte ta hensyn til det men så ble det allikevel beregnet.

**Effekt rating:** For å beregne strømforbruket i watts av en 50K  $\Omega$  potensiometer med en spenningkilde på 5 volts, trenger vi å bruke omhls lov.

$$P = V \cdot I \quad (9.1)$$

$$P = \frac{V^2}{R} \quad (9.2)$$

$$P = \frac{5^2}{50000\Omega} = 0,0005W \quad (9.3)$$

Dette er derfor veldig lite og er langt under effekt rating for en 50K  $\Omega$  potensiometer som er 0,5W. Derfor vil det være trygt å bruke en 50K  $\Omega$  potensiometer med en spenningkilde på 5V. Dette betyr hvis vi bruker en større spenning som gir mer effekt forbruk enn effekt rating til potensiometeret, da trenger vi en potensiometer med en større effekt rating eller større motstand for at den skal tåle strømforbruket og ikke blir slitet fort.

Det andre kriteriet var å se på akseldiameter som gir maksimal forskyvning lengde til den rotasjonspotensiometer. Siden den er en singel turn potensiometer så må vi ta hensyn på den 6mm diameter aksel. Da blir plassering til potensiometer viktig for å da måle høyden optimalt.

**Forskyvning lengde på en rotasjonspotensiometer:** Diameter på akslingen er 6mm og den rotasjonspotensiometer går fra 0 grader opp til 270 grader. Den maksimale lineær forskyvning som potensiometer kan oppnå avhenger av radius fra midtpunktet av akslingen til dreiepunktet.

$$S = \theta * r \quad (9.4)$$

Siden det trenges en forskyvning på cirka minimum 23mm for å lese av høyde forandring til posene, med en 60 grader forskyvning får vi:

$$r = \frac{23 \text{ mm}}{\frac{\pi}{3}} \approx 22,0 \text{ mm} \quad (9.5)$$

hvor  $r$  er radius,  $\theta$  er vinkelen i radianer og  $S$  er buelengde eller lineær forskyvningen. Dette betyr at potensiometer vil være rundt 2cm bort fra målepunktet.

## RESULTATER

---

Test resultatene var som vist i figur 3.6 at potensiometer kunne lese av signalet for en helt forskyvning fra 0 grader til 270 grader. Dette ga en lineær bevegelse hvor spenning var proporsjonalt med forskyvningen. Denne lineære sammenheng kunne bli brukt til å måle lineære bevegelser og dermed bli brukt for å se høyde forendring. Rotasjonspotensiometer kan bli brukt til å måle lineære forskyvninger og de vil være lettere å justere for en ønsket forskyvning lengde. Lineære potensiometer er mer avhengig av størrelsen og lengden til skyvearmen men er lettere å bli kalibrert siden de har en spesifikk skyvelengde.

Etter å få test resultatene, andre kriterier ble kjent og de måtte ta hensyn på. De var plassering av potensiometer, mekanisk løsning for fysisk kontakt med potensiometer og repeterbarheten mellom inngang og utgang til potensiometer. Disse er kriterier vi må teste videre med systemet for å få målt høyde forandring og få et ønsket resultat.

## D.9 ID 10 - TIDS BEREGNINGER (MASSETRYKK)

Denne testen ser på tiden det tar for en definert mengde masse til å presse ut luft av en snacks pose med hull på 2mm i diameter.



# HOLDOT

Hull- og lekkasje deteksjons teknologi

## Test

NAVN Tids beregninger	ID 10	Prioritet Høy
-----------------------	-------	---------------

## Ansvarlige

Utført av Dag Henning Halvorsen og Andri Vidar Tryggvason	Verifisering Maskin
---	---------------------

## System

NAVN SRP	ID 2
----------	------

## System type

NAVN Mekanisk	ID 4
---------------	------

## Krav ID

## INNHold

---

<b>Innhold</b>	<b>i</b>
<b>Nomenklatur</b>	<b>ii</b>
<b>1 Beskrivelse</b>	<b>1</b>
<b>2 Konklusjon</b>	<b>1</b>
<b>3 Mål</b>	<b>1</b>
3.1 Pose . . . . .	2
<b>4 Akseptkriterier</b>	<b>3</b>
<b>5 Utstyr</b>	<b>3</b>
<b>6 Hypotese</b>	<b>3</b>
<b>7 Fremgangsmåte</b>	<b>3</b>
<b>8 Resultater</b>	<b>5</b>
<b>9 Beregninger</b>	<b>5</b>

## NOMENKLATUR

---

$\rho$	Densitet
$A$	Areal
$P$	Trykk
$V$	Volum
$v$	Hastighet

## BESKRIVELSE

---

I denne testen skal det ses på hvor lang tid det tar og tømme volumet på en pose potetgull ved hjelp av vekter. Vi skal plassere vekter fra 0.75-11kg til 0.75kg på posen. I rekkefølgen 0.75kg 2kg 4kg 6kg 8kg 11kg.

## KONKLUSJON

---

Det vi har fått ut av denne testen er data på hvor mye vekt vi trenger for å få ønsket volumendring på posen, når den går gjennom systemet. Disse dataene kan man bruke på et senere tidspunkt, da man har et mer komplett system. Vi ser at beregninger og faktisk testing ikke er helt riktig, grunnet at det teoretiske og det faktiske volumet ikke helt stemmer. Dette er fordi vi har regnet posen som et kvadrat. På grunn av posenes mer ovale form har de et mindre volum en beregnet. Dette har vi prøvd å ta høyde for ved å lage en konstant faktor, samt å trekke fra volumet til innholdet i posen. Ved å bruke dette kommer vi ganske nærme testverdien med utregnet verdi. Det er også flere faktorer som kan spille inn, som temperatur og utformingen på hullet luften strømmer ut fra.

## MÅL

---

Målet for denne testen er å se hvor lang tid det tar å tømme en potetgullpose med et hull på 2mm i diameter. Det skal bli brukt variert mengde vekt på posen for å se hvor stor innvirkning vektene har. Disse resultatene skal også sammenlignes med manuelle beregninger for å se om det er en korrelasjon mellom fysiske og utregnede resultater.

### 3.1 POSE



#### Tykkelse

Omtrent 55mm, avhengig av luft/nitrogen mengde i pose.



## AKSEPTKRITERIER

---

Testene blir sett på som vellykket om vi får dokumentert tiden det tar å tømme posen med vekt fra 0.75kg til 11kg.

## UTSTYR

---

- Vektskiver
- Pose med påfyllingsmekanisme

## HYPOTESE

---

Ved å legge på vekt på posene vil trykket i posen øke. Når trykket i posen øker vil hastigheten på luften ut av et hull øke. Ved å bruke dette kan man finne ut hvor mye vekt som skal til for å få redusert volumet på posen når den beveger seg gjennom systemet.

## FREMGANGSMÅTE

---

Man trenger to individer til denne testen. En som holder vektene over posen og sier ifra når han slipper vektene. Når vektene blir sluppet tar den andre tiden. Tiden skal bli stoppet når posen vekten er i bunn. Testen vil bli gjennomført to ganger. Da kan man sammenligne tiden på forsøkene, og eventuelt teste igjen om man får vesentlig avvik på de to forsøkene. Dette er for å luke ut feil som kan skje under testen.



## RESULTATER

---

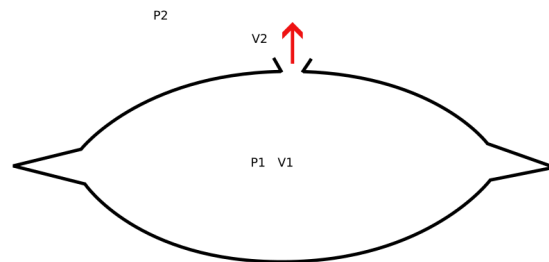
Resultater fra eksperiment som ble gjort med 2mm hull i posen, stoppeklokke for å ta tiden og vekter som massen på posen.

Masse	Tid	
<b>0.75kg</b>	18.1s	15.5s
<b>2kg</b>	9.2s	9.4s
<b>4kg</b>	8.1s	8.8s
<b>6kg</b>	7.1s	7.2s
<b>8kg</b>	6.4s	6s
<b>11kg</b>	5.1s	5.3s

Tiden som det vises til er til vekta når bunnen av chips posen.

## BEREGNINGER

---



Bruker Bernoullis formel for å finne hastigheten på luften ut av en pose med et hull på 2mm.  $p_1$  er trykket inn i posen.  $p_2$  er på utsiden av posen.  $V_1$  er hastigheten på luften inn i posen.  $V_2$  er hastigheten på luften på vei ut av posen.  $\rho gh_1$  og  $\rho gh_2$  er potensiell energi. Siden vi ikke har en hastighet inn i posen blir  $V_1 = 0$ . vi har heller ikke potensiell i form av høyde forskjell så disse blir også satt til 0. vi står da igjen med trykk på utsiden av posen  $p_2$  og inn siden  $p_1$  og hastigheten til luften ut av posen. Trykket i posen kan man finne med å ta arealet av posen og ønsket vekt. Man deler da vekten gjort om til  $N \cdot M \cdot g$  delt på arealet. Da får man  $N/mm^2$ . dette kan man så sette inn i formelen for  $p_1 - p_2$ . da  $p_2$  er atmosfærisk trykk + trykket man får av vekten. Ved å snu på formelen får man uttrykket som er vist på slutten av figuren under.

Bernoullis formel

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g h_2$$

$$P_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v^2$$

$$P_{1-2} = \frac{1}{2}\rho v^2$$

$$V = \sqrt{\frac{2P_{1-2}}{\rho}}$$

$$\rho_{\text{luft}} = 1.293 \text{ kg/m}^3$$

I følge disse beregningene tar det 8 sekunder å tømme den minste posen for luft med 10kg vekter.

Hastigheten man finner i figur bruker man videre til å finne volumhastighet. Man ganger da arealet av hullet som er  $A = \pi r^2$  med hastigheten man har funnet. Om man da deler volumet av posen på volumhastigheten vil man stå igjen med tid. Dette er da tiden det tar for volumet av potetgull posen og tømme seg med valgt vekt.

Volum pose

$$V_p = BHL$$

Hull Areal

$$A = \pi r^2$$

Volumstrøm

$$\dot{V} = V_p \cdot v$$

Tid som blir brukt på og tømme volumet

$$t = \frac{V}{\dot{V}}$$

## Hastighet på luft ut fra posen basert på vekt

vekt	Hastighet i m/s
0,75	18,89
2	30,84
4	43,62
6	53,42
8	61,69
11	72,34

## Tid det tar og tømme en pose ut ifra vekt uten korreksjons faktor

kg	Tid i s
0.75kg	24,6
2kg	15,1
4kg	10,7
6kg	8,7
8kg	7,5
11kg	6,4

Nederst i rapporten finnes tabell som er utregnet med korreksjons faktor som har tilnærmet samme verdiene som de fysiske testene.

## Dimensjoner

Lengde	Bredde	Høyde	volum
220	145	55	175450

## Volum test

På grunn at snakcsposene ikke er kvadratiske blir volumet feil ved å bruke formelen  $V=BHL$ . for å finne det faktiske volumet har vi plassert posen ned i vann for å se hvor mye vann den fortrenger. Måten det ble gjort på er å fylle en bøtte med ca 1liter vann for å så merka av vann nivået. man plasserer så posen under vann til hele posen er under vann overflaten. Ved

å måle forskjellen på vann nivået før og etter samt ha diameter på bøtten kan man regne ut volumet posen fortrenger.

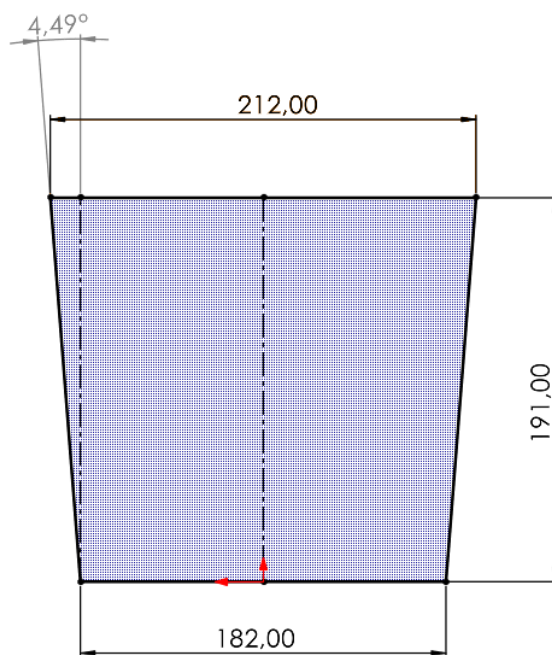
### Utregninger til fortrengt volum

På grunn av bøtten er konisk er ikke volumet så enkelt og finne. Formelen man kan bruke er.

$$V = \frac{\pi h}{3}(r_1^2 + r_1 r_2 + r_2^2)$$

Her må man bruke diameter for å finne volumet. Ved å måle diameteren på bunnen og toppen av bøtten samt høyden kan man finne vinkelen ved å bruke formelen.

$$a = \tan^{-1} \frac{D - d}{2l}$$



For å finne diameteren der vann høyden er før posen blir plassert i bøtten kan man bruke Pytagoras  $\tan(a) = \frac{Mot}{Hos}$  her vil motstående katet være høyden man må legge til bunn diameteren for og få ny diameter. Man kan så gjøre det samme etter man har plassert posen i bøtten og fått den under vannet. Man kan da bruke formelen for V nevnt over til og finne volumet posen fortrenger.

## Utregninger med mål som er funnet ved testing

### Info

Høyde på bøtten  $l = 191mm$

Diameter på bunnen av bøtten  $d = 182mm$

Diameter på toppen av bøtten  $d = 212mm$

Begynner med å finne vinkelen på bøtten.

$$a = \tan^{-1} \frac{D - d}{2l}$$

$$a = \tan^{-1} \left( \frac{21,2 - 18,2}{2 \cdot 19,1} \right)$$

$$a = 4,49^\circ$$

Finner diameter med formelen under

$$D_{t1} = D_1 + 2cD_2$$

$$\tan(a) = \frac{D_1}{L_1}$$

$$D_{t1} = \tan(a)L_1$$

$$D_{t1} = \tan(4,49^\circ)38,4mm$$

$$D_{t1} = 3mm$$

$$D_{t1} = 182 + 2 \cdot 3mm$$

$$D_{t1} = 188$$

### Volum

Høyden til vannet før posen er i vannet = 38,4mm etter posen er i vannet 83,2mm som gir  $(83,2 - 38,4)mm = 44,8mm$

$$\tan(a) = \frac{D_1}{L_1}$$

$$D_{t2} = \tan(a)L_1$$

$$D_{t2} = \tan(4,49^\circ)83,2\text{mm}$$

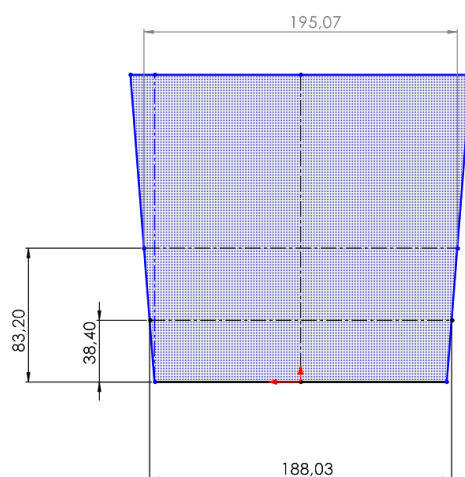
$$D_{t2} = 6,5\text{mm}$$

$$D_{t2} = 182 + 2 \cdot 6,5\text{mm}$$

$$D_{t2} = 195\text{mm}$$

$$V = \frac{\pi 44,8\text{mm}}{3} (188\text{mm}^2 + 188\text{mm} \cdot 195\text{mm} + 195\text{mm}^2)$$

$$V = 1290500\text{mm}^3 = 12,905\text{DL}$$



Om man regner volumet med formele  $V = BHL$  får man  $V = 13\text{cm} \cdot 22\text{cm} \cdot 51\text{cm} = 1458,6\text{cm}^3$

Ved å dele det faktiske volumet på det man har funnet med  $V=BHL$  får man en faktor.

Denne faktoren blir

$$\frac{1290,05\text{cm}^3}{1458,6\text{cm}^3} = 0.885$$

Om man bruker denne faktoren og trekker fra volumet av innholdet kan man finne ut hvor stort volum det er av gass/luft i posen.

Innholdet i snacksposene påvirker hvor mye man får presset ut av posene. Testene ble utført med innholdet i posen. For å finne ut av hvor mye plass dette innholdet tar, har man målt innholdet i desiliter og veid det, slik at man kan si hvor mye volum innholdet tar med en gitt vekt. Innholdet i posen ble veid til 31,5gram pr dl.



posen som ble testet har et innhold med en vekt på 125g. Dette blir da

$$\frac{125g}{31,5g} = 3,97dl$$

Volumet av posen som er testet tidligere er  $1626,9cm^3$

Ved å gange dette med faktoren og trekke fra volumet av innholdet får vi  $V = (16.26dl \cdot 0.885) - 3,97dl = 10.43dl$

Om man bruker dette volumet for og regne ut tiden det tar å tømme posen i en tabell for vi disse tidene.

kg	Tid i s
0.75kg	19,3
2kg	11,8
4kg	8,4
6kg	6,8
8kg	5,9
11kg	5,0

D.10. ID 11 - Linearitet og hysteresetest til høydemålinger med  
potmeter

237

---

D.10 ID 11 - LINEARITET OG HYSTERESE TEST  
TIL HØYDEMÅLINGER MED POTMETER



# HOLDOT

Hull- og lekkasje deteksjons teknologi

## Test

NAVN Linearitet og repeterbarhet test	ID 11	Prioritet Middels
---------------------------------------	-------	-------------------

## Ansvarlige

Utført av Javier og Eskild	Verifisering Data og Elektro
----------------------------	------------------------------

## System

NAVN Potensiometer	ID 7
--------------------	------

## System type

NAVN Sensor	ID 2
-------------	------

Krav ID 3

## INNHold

---

<b>Innhold</b>	<b>i</b>
<b>1 Beskrivelse</b>	<b>1</b>
<b>2 Konklusjon</b>	<b>1</b>
<b>3 Tegninger og illustrasjoner</b>	<b>2</b>
<b>4 Mål</b>	<b>6</b>
<b>5 Akseptkriterier</b>	<b>6</b>
<b>6 Utstyr</b>	<b>6</b>
<b>7 Fremgangsmåte</b>	<b>6</b>
<b>8 Beregninger</b>	<b>9</b>
<b>9 Resultater</b>	<b>9</b>

## BESKRIVELSE

---

Potensiometer blir testet og analysert for linearitet og hysteresis og sjekket for repeterbarhet.

Siden det som blir målt er en lineær bevegelse som er forandring i høyden, så er linearitet i denne tilfelle et viktig faktor for det som blir målt inn og ut av potensiometer. Forholdet mellom inngang og utgang på potensiometer skal være lineært og nøyaktig. Det må kunne gi repeterbare resultater i de samme forholdene, som betyr at hver gang potensiometer måler høyden det oppnås samme resultatene.

For å teste dette skal et lineært taper potensiometer bli brukt. Det blir holdt flere gjentatte målinger i de samme forholdene for å sjekke repeterbarhet og det blir beregninger for å se forholdene mellom teoretiske og praktiske resultater for linearitet og hysteresis. Til denne testen vil utgang spekteret være fra 0 til 1023 bits ut av potensiometer med arduino og inngang spekteret vil være fra 0 til 23 millimeter som er forskyvning. For den lineære potensiometer er spekteret fra 0 til  $50k\Omega$  som er brukt til å få et digitalt utgang på 1023bits.

## KONKLUSJON

---

Det som ble antatt til det lineære forholdet mellom inngang og utgang, som er posisjonen til skyvearmen og spenning forandringen til Arduino, er omtrent lik det som ble funnet da potensiometer ble testet med Arduino. Linearitet og hysteresis feil er så pass liten at det kan være neglisjert. Og som det ble sett med repeterbarhet er feil margin på cirka 0.4% som kan bli neglisjert. Når dette er implementert i systemet med en mekanisme kan lasten fra mekanismen gjøre feil margin enda større. Men fra bare potensiometer vil denne feilmargin bli neglisjertbar.

Da er hysteresis feil, linearitet og repeterbarhet blitt godkjent til å implementere potensiometer til systemet. Testen er dermed godkjent da denne har gitt en feilmargin mindre enn den som har blitt antatt.

## TEGNINGER OG ILLUSTRASJONER

---

Det antas at forholdet mellom inngang og utgang fra potensiometeret skal være lineært. Ved å se verdiene i tabellen nedenfor (tabell ??) fås en lineær forhold vist i figur 3.1.

Inngang (mm)	Utgang (bit)
0	0
2.875	127.875
5.75	255.75
8.625	383.63
11.5	511.5
14.375	639.375
17.25	767.25
20.125	895.125
23	1023

Tabell 3.1: Forskyvning vs digital utgang i bit.

Inngang (mm)	Utgang (bit)
0	0
2.875	6250
5.75	12500
8.625	18750
11.5	25000
14.375	31250
17.25	37500
20.125	43750
23	50000

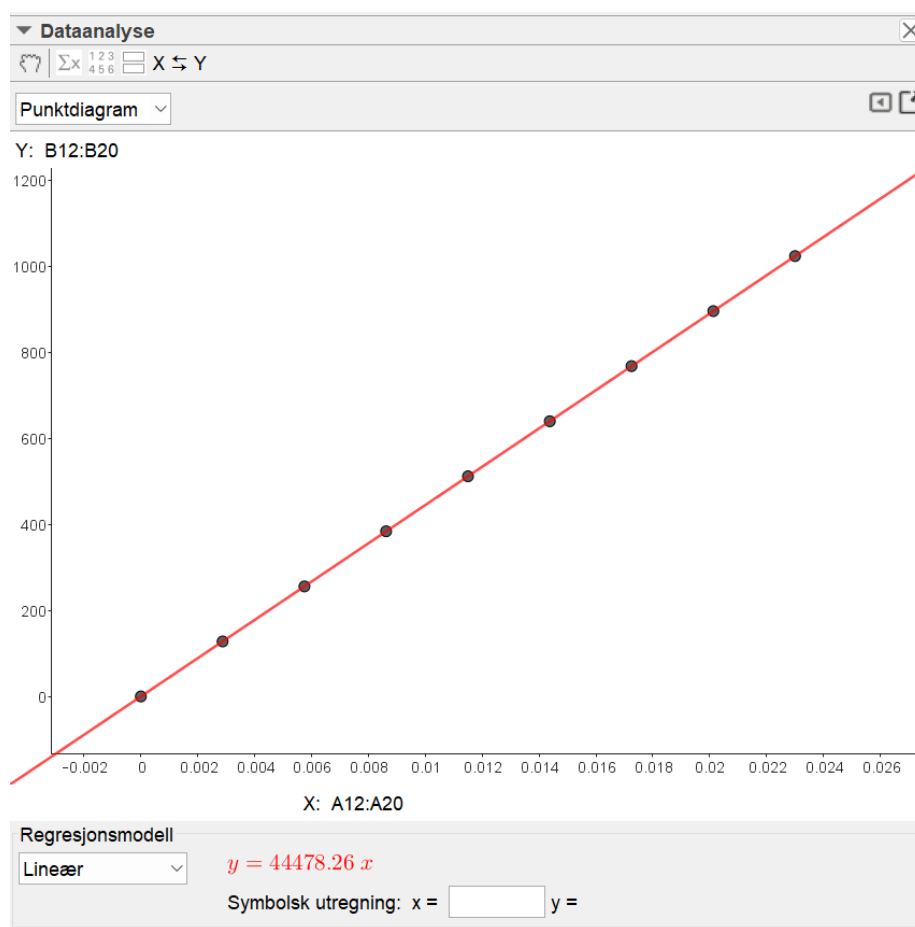
Tabell 3.2: Forskyvning vs resistans.

Da har vi et lineær likning til utgang av potensiometer som er:

$$y = 44478.26 \cdot x \quad (3.1)$$

hvor  $y$  er utgang i bit og  $x$  er inngang i mm.

Det har blitt fått følgende resultater fra målinger til potensiometer og posisjonen til akslingen som er visst i tabell 3.3.



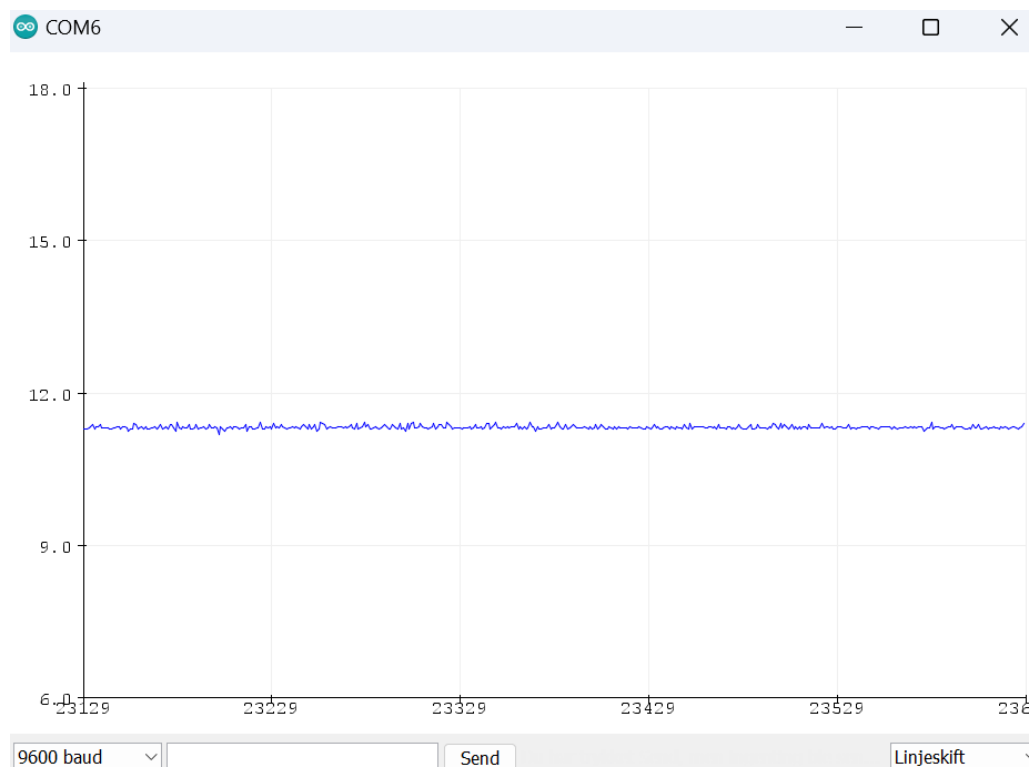
Figur 3.1: Lineær forhold inngang vs utgang.

Disse målingene er en gjennomsnittlig verdig av det som var posisjonen til akslingen eller skyvearmen til potensiometer. Figur 3.2 viser ar når potensiometer holdte samme posisjonen så oscillerte mellom den gjennomsnittlige verdien. Dette vil påvirke stabiliteten til systemet og dermed får systemet en ustabil repeterbarhet.

Som vi ser i figur3.3 så vil hysteresis og ikke lineær feil være den største feil margin. Så dette i grafen har vist at den største feilen er cirka på 7.75 bits som gir av resolusjonen 0.01mm linearitetsfeil som også kan føre til hysteresis feil. Dette i prosent er 0.4% som er mindre enn det vi har antatt i beregninger og som ikke gjør mye feilmargin. Som repeterbarhet, linearitet og hysteresis vil denne feilmargin være minimalt for målinger.

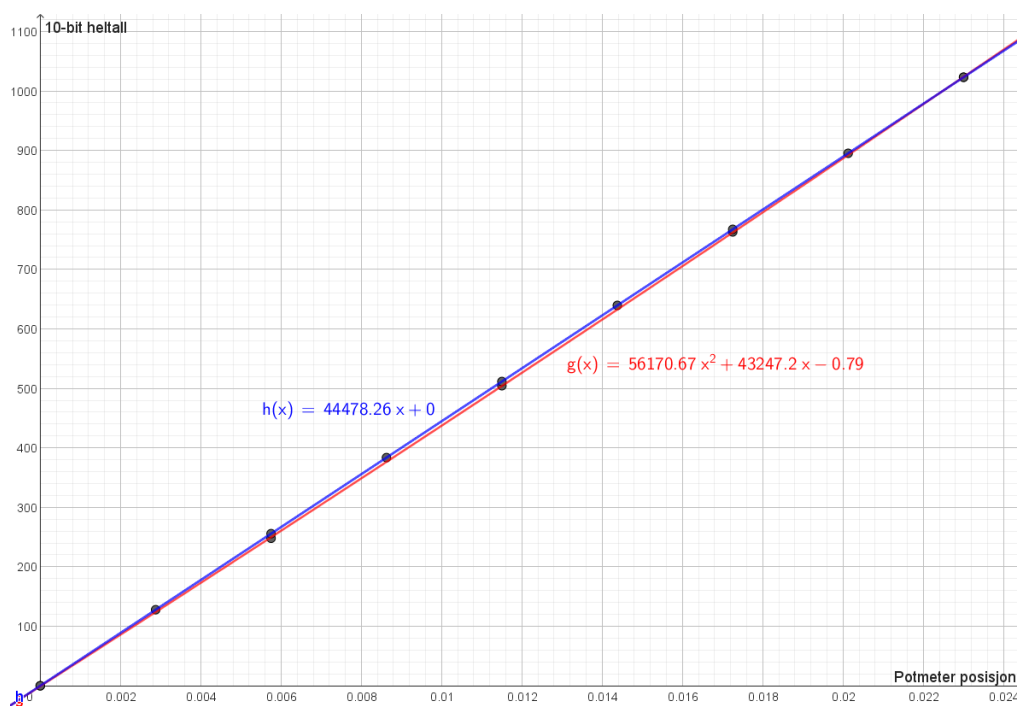
Virkelig posisjon til akslingen (mm)	Gjennomsnittlig inngang fra Arduino (mm)	Utgang (bit)
0	0	0
5.75	5.575	248
11.5	11.33	504.5
17.25	17.14	763
23	22.98	1023

Tabell 3.3: Målinger fra Arduino med målte posisjoner i akslingen til potensiometer.



Figur 3.2: Realtime potmeter målinger. Oscillasjoner ved samme inngangsverdi.





Figur 3.3: Blå grafen er den lineære likningen og den røde grafen er den som viser den hysteresis og ikke lineær feilmargin.

## MÅL

---

Repeterbarhet i forhold mellom inngang og utgang skal være likt nær den lineære konstanten

$$\frac{Utgang}{Inngang} = \text{Linearitetskonstant},$$

så at det oppnås nøyaktig målinger og feilmarginen blir mindre. Målet er å undersøke linearitet forhold mellom inngang å utgang og hvor repetierbar potensiometerets utgang er.

## AKSEPTKRITERIER

---

Akseptkriteriet i denne test rapporten blir å få en repeterbarhet på rundt  $\pm 2.5\%$  av helle utgang spekteret. Dette er bare en tilnærming og kan derfor forandre avhengig av den resolusjonen fra potensiometer med arduino MEGA. Linearitet og hysteresis feil kan også være et tilnærmet verdi som er vurdert til å ikke føre til et stort feilmargin. Den hysteresis feil er rundt  $\pm 2\%$  av hele utgang spekteret.

## UTSTYR

---

- x1 50k $\Omega$  Potensiometer lineær tapper
  - Modell: B50K
  - Motstand verdi: 50K $\Omega$
  - Effekt: 1/2W
  - Type: Singel lineær (Type B)
  - Akseldiameter: 6mm / 0.23"
- x1 Arduino MEGA 2560
- x1 Multimeter

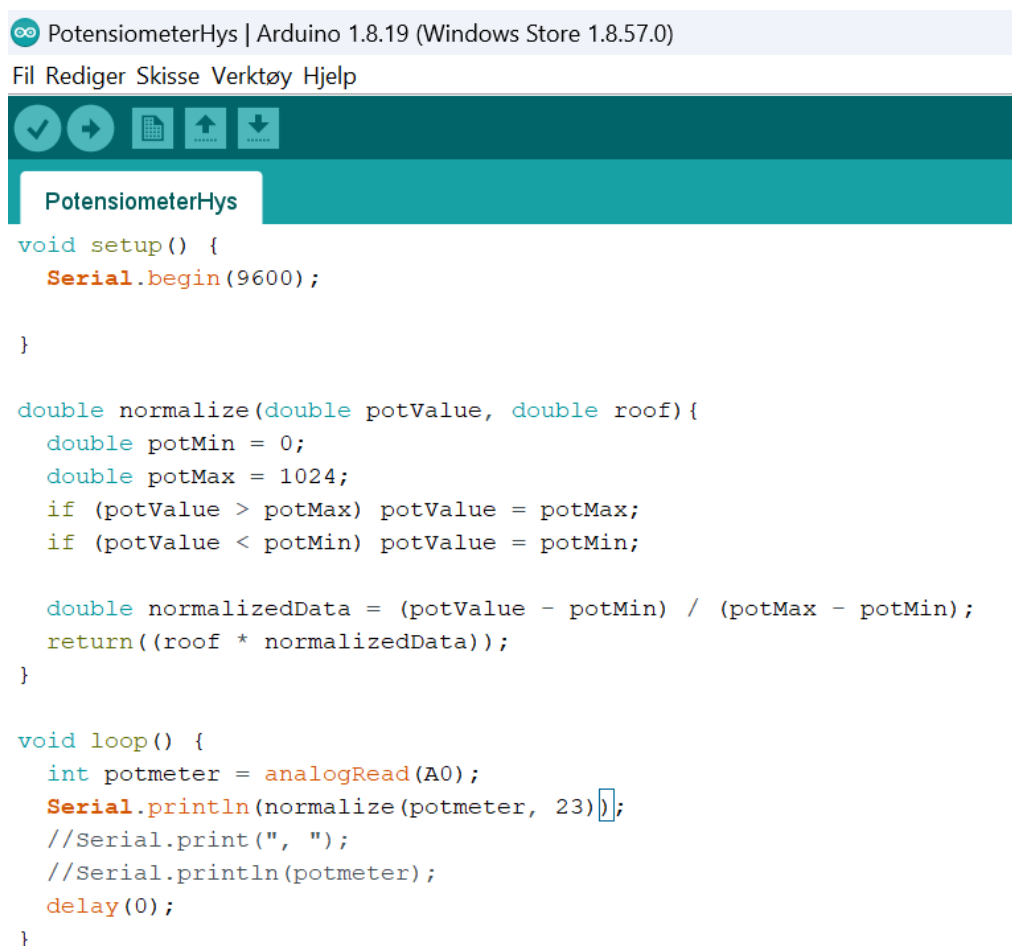
## FREMGANGSMÅTE

---

Fremgangsmåte er å se det som er teoretisk med det som er praktiske. Linearet forholdet mellom inngang og utgang er beregnet og deretter sammenlignet med målinger som har blitt tatt med potensiometer for å se hysteresis feil og repeterbarhet. Når det blir tatt målinger kobles potensiometer

med Arduino MEGA og det blir tatt flere målinger med forskjellige inngang størrelser som er da forskyvning i potensiometer. Dette vil gi da hentet fra Arduino og analysert i Python eller selve Arduino. Når målingene har blitt fått kan de sammenlignes da med den lineære forholdet og hente det som blir den reelle feilmargin.

Figur 7.1 viser koden for å teste potensiometer med Arduino for å finne linearitet feilmargin. Og figur ?? viser koblingen med potensiometer til arduino mens potensiometeret var i halv sitt rekkevidde. For å måle nøyaktig posisjonen til roterende akslingen til potensiometer det ble sjekket at gapet til akslingen var i vannrett posisjon så det var halv sitt rekkevide og målte ved å observere.



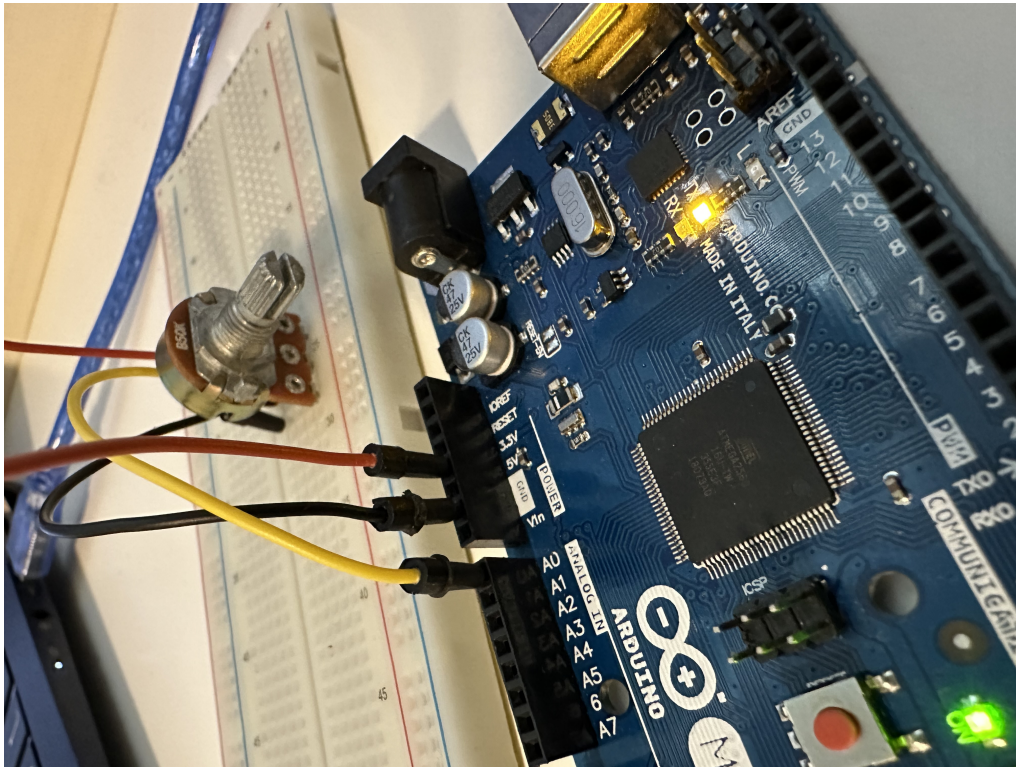
```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

double normalize(double potValue, double roof){
  double potMin = 0;
  double potMax = 1024;
  if (potValue > potMax) potValue = potMax;
  if (potValue < potMin) potValue = potMin;

  double normalizedData = (potValue - potMin) / (potMax - potMin);
  return((roof * normalizedData));
}

void loop() {
  int potmeter = analogRead(A0);
  Serial.println(normalize(potmeter, 23));
  //Serial.print(", ");
  //Serial.println(potmeter);
  delay(0);
}
```

Figur 7.1: Kode for å teste portensiometer med arduino



Figur 7.2: Potensiometer koblet til Arduino da den var på halv av sin maksimale posisjonen.

## BEREGNINGER

---

Det har blitt regnet ut hvor mye feil margin kan bli for at det oppnås en nøyaktig måling av høydeforandring. Siden vi har flere teoretisk verdier for linearitet så har vi antatt at den lineære likning blir

$$Utgang = \text{Linearitetskonstant} \cdot \text{Inngang}. \quad (8.1)$$

For å få resolusjonen og vurdere feilmargin har vi regnet ut hvor mye forskyvning blir for hver bit forandring.

$$\text{Resolusjon} = \frac{23\text{mm}}{1023\text{bit}} \approx 0.023\text{mm/bit} \quad (8.2)$$

Så det ble vurdert at det ikke er så mye forandring så aksept kriteriene kan gi en feil margin på cirka 2,5% i både hysteres feil og repeterbarhet hvis hele potensiometer spekteret er i brukt med mekanismen. Beregnet fail margin er:

$$1023\text{bit} \cdot 0.025 \approx \pm 25\text{bit} \quad (8.3)$$

Dette gir en feil margin på  $\pm 25$  bit som i millimeter resolusjon er halv millimeter feil margin.

$$25\text{bit} \cdot 0.023\text{mm} \approx \pm 0.5\text{mm} \quad (8.4)$$

Dette er en antatt feil margin som den potensiometer kan ha uten å gi unøyaktig og ubrukelig målinger og resultater.

For å se da den ekte feil margin som er den praktisk feil margin skal det som har blitt antatt som lineær sammenlignes med de resultatene vi får av å måle utgangen til potensiometer. Det vil da bli antatt at potensiometeret er lineært og at grafen vi får er som vist i figur3.1 og sammenlignes med de praktiske målinger. Og da vil det bli bestemt hvor mye feil margin som oppnås med potensiometer.

## RESULTATER

---

Se kapitel 3 (Tegninger og illustrasjoner).

## D.11 ID 12 - FUNKSJONSTEST AV POTMETER MED SRP

Formålet med denne testen var å teste om det mekanisme designet av en potmeter mekanisme fungerte.



# HOLDOT

Hull- og lekkasje deteksjons teknologi

## Test

NAVN Funksjons test SRP-D3	ID 15	Prioritet LAV
----------------------------	-------	---------------

## Ansvarlige

Utført av Dag Henning Halvorsen	Verifisering Maskin
---------------------------------	---------------------

## System

NAVN SRP-D3	ID 10
-------------	-------

## System type

NAVN Mekanisk	ID 2
---------------	------

Krav ID 2

## INNHold

---

<b>Innhold</b>	<b>i</b>
<b>1 Beskrivelse</b>	<b>1</b>
<b>2 Konklusjon</b>	<b>2</b>
<b>3 Mål</b>	<b>3</b>
<b>4 Akseptkriterier</b>	<b>3</b>
<b>5 Utstyr</b>	<b>3</b>
<b>6 Fremgangsmåte</b>	<b>3</b>
<b>7 Resultater</b>	<b>3</b>
<b>8 Beregninger</b>	<b>4</b>



## BESKRIVELSE

---

Denne testen skal ta for seg om den mekaniske mekanismen til potmeteret fungerer. Det er ønskelig og finne ut av høyden på posene digitalt. En ide er å bruke et rotasjons potmeter da det er tilgjengelig. For å kunne bruke rotasjons potmeterer til høydemåling av snacks posen må man gå fra linjær bevegelse til rotasjon. Det er designet en arm som er festet til den midterste rullen på SRP-D3. Armen og plasseringen av potmeteret er designet slik at den roterer potmeteret når rullearmen beveger seg. Man kan da justere inn høyden ved testing.

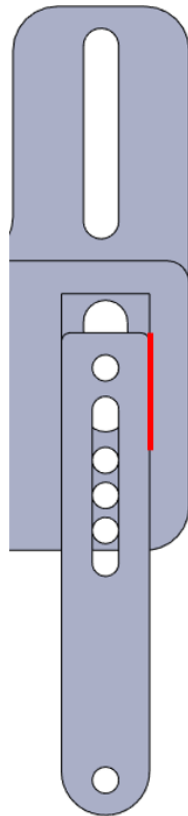


Figur 1.1: Oppsettet av SRP-D2, Tilsvarende likt for SRP-D3.

## KONKLUSJON

---

Den mekaniske delen til potmeteret fungerer som tenkt, men det har oppstått et problem med beinene på SRP-D3. De har blitt 40mm lenger for å gi rullene klaring til huset. På grunn av denne endringen blir momentarmen lenger og vi får større friksjon på området som er merket rødt 8.1. Dette gjør at testing med potmeteret blir umulig. Man kunne løst dette med å endre på designet. Men siden man har fått tilgang på et linjært potmeter samt at vi går bort fra fjøring for og skape trykk er det unødvendig å bruke mer tid på dette konseptet.



Figur 2.1: Rødt område som Skaper problemer

## MÅL

---

Målet er å rotere potmeteret ved å sende en potetgull pose gjennom SRP-D3, slik at man videre kan koble opp potmeteret for høydemåling av posene.

## AKSEPTKRITERIER

---

For at testen skal anses som vellykket må potmeteret bli rotert av at en pose løfter den midterste rullen opp. Rullen må også gå ned igjen til start posisjon.

## UTSTYR

---

- SRP-D3
- Innløpsbane

## FREMGANGSMÅTE

---

Montere SRP-D3 på innløpsbanen, kjøre 10 poser igjennom maskinen.

## RESULTATER

---

Testen var ikke vellykket da beinene på SRP-D3 låste seg fast på grunn av friksjon.

## BEREGNINGER

---

Ved testing har man funnet ut at det er for mye friksjon i systemet til at rullene vil bevege seg med presset fra posene.

Formelen for friksjon er

$$F_f = \mu F_N$$

For at rullene skal bevege seg må Kraften  $F$  være større enn friksjonskraften  $F_f$ . Ved å se på forskjellen i friksjonskraften før og etter rullearmen ble økt med 40mm kan vi se hvorfor det ble for høy friksjon.

$F_{x2}$  Er kraften som virker på området som skaper friksjon. Denne kraften kommer fra  $F_{x1}$  som er kraften posen dytter rullen med i x-retning.

Formelen for kinetiske Energien til et objekt i bevegelse

$$\frac{1}{2}mv^2$$

$m$  er masse  $v$  er hastighet. Vekten på en pose er  $65\text{g} = 0,065\text{kg}$ .

Hastigheten på innløpsbanen under testing er  $1\text{ m/s}$

Vi får da

$$\frac{1}{2} \cdot 0.065\text{kg} \cdot (1\text{m/s})^2 = 0.0325\text{Nm}$$

Den kinetiske energien blir delt på antatt deformasjon av posen og bevegelse i rullearmen.

$$0.0325\text{Nm}/0.01\text{m} = 3.25\text{N}$$

**Utregning på kraft  $F_{x2}$  til 110mm lang rullearm**

- $L1=84\text{mm}$
- $L2=7\text{mm}$

$$F_{x1} \cdot L_1 = F_{x2} \cdot L_2$$

$$3.25\text{N} \cdot 0.084\text{m} = F_{x2} \cdot 0.01\text{m}$$

$$F_{x2} = \frac{3.25\text{N} \cdot 0.084\text{m}}{0.01\text{m}}$$

$$F_{x2} = 27.3\text{N}$$

**Utregning på kraft  $F_{x2}$  til 70mm lang rullearm**

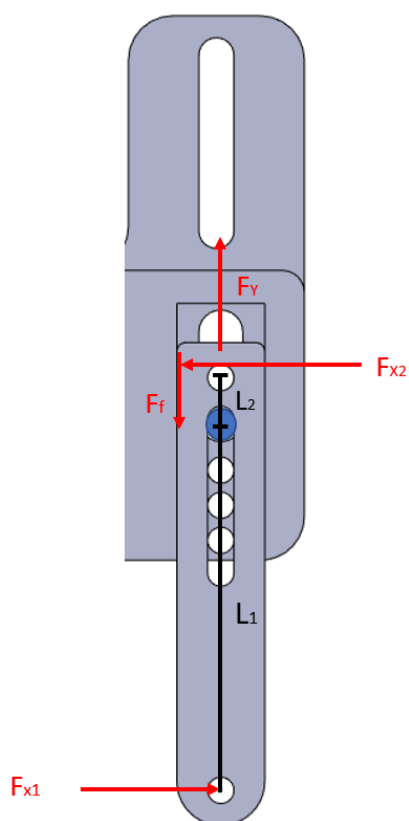
- $L1=44\text{mm}$
- $L2=7\text{mm}$

$$F_1 \cdot L_1 = F_2 \cdot L_2$$

$$3.25\text{N} \cdot 0.044\text{m} = F_{x2} \cdot 0.01\text{m}$$

$$F_{x2} = \frac{3.25\text{N} \cdot 0.044\text{m}}{0.01\text{m}}$$

$$F_{x2} = 14.3\text{N}$$



Figur 8.1: Rødt område som Skaper problemer

### Konklusjon på utregninger

Vi ser det at når armen øker med 40mm får vi en kraft som er 1.9 ganger så høy. Selv om kraften vil øke i x retning vil ikke kraften øke i y retning da x lengden ikke vil påvirke dette. Dermed blir friksjonskraften større en kraften  $F_y$  i vertikalt retning. På grunn at  $F_f$  er større en  $F_y$  vil ikke systemet bevege seg.

## D.12 ID 13 - BOR INNSTILLING

Formålet med denne testen var å finne rett innstilling på bor som gir en hastighet til innløpsbåndet tilnærmet den som kjøres på de bånd Tronrud håndterer, dvs 60m/min.



# HOLDOT

Hull- og lekkasje deteksjons teknologi

## Test

NAVN Bor innstilling	ID 13	Prioritet HØY
----------------------	-------	---------------

## Ansvarlige

Utført av Andri Vidar Tryggvason og Eskild Svennungsen	Verifisering Maskin
--	---------------------

## System

NAVN Motor	ID 9
------------	------

## System type

NAVN Innløpsbånd	ID 1
------------------	------

Krav ID 1



## INNHold

---

<b>Innhold</b>	<b>i</b>
<b>1 Beskrivelse</b>	<b>1</b>
<b>2 Konklusjon</b>	<b>1</b>
<b>3 Tegninger og illustrasjoner</b>	<b>1</b>
3.1 Boren som blir brukt . . . . .	1
3.2 Knapp for variable hastighetsregulering . . . . .	2
<b>4 Mål</b>	<b>2</b>
<b>5 Akseptkriterier</b>	<b>2</b>
<b>6 Utstyr</b>	<b>2</b>
<b>7 Fremgangsmåte</b>	<b>3</b>
<b>8 Resultater</b>	<b>3</b>
<b>9 Beregninger</b>	<b>3</b>
9.1 Hastighet . . . . .	3
<b>Bibliografi</b>	<b>3</b>

## BESKRIVELSE

---

Tilnærme hastigheten på motoren[1] til innløpsbanen lik 60m/min.

## KONKLUSJON

---

Motoren har variable hastighetsregulering, som vist i boks 24 i produktmanualen[1].

Grad (Teller fra laveste)	Tid over en meter	Fart (m/min)
1	1.27s	47.2
2	1.17s	51.3
3	0.77s	77.9

Da blir de aktuelle hakka 2 og 3. Testing på innløpsbane vil fremover foregå på hakk 2 siden det er nærmest målet, 60m/min.

## TEGNINGER OG ILLUSTRASJONER

---

### 3.1 BOREN SOM BLIR BRUKT



### 3.2 KNAPP FOR VARIABLE HASTIGHETSREGULERING



Begynn fra laveste hakk dvs hvor boren har laveste hastighet.

#### MÅL

---

Finn en hastighet som kan gi akseptable test resultater. Akseptabelt vil si en hastighet på innløpsbane i nærheten av 60m/min.

#### AKSEPTKRITERIER

---

Hastighetsreguleringen på slagbormaskinen(motoren) skal testes til vi har tilnærmet oss ønskelig hastighet på 60m/min.

#### UTSTYR

---

- Gul bor fra verksted. Se bilde under tegninger.
- Mobilkamera.

#### FREMGANGSMÅTE

---

Det ble lagt en teipbite på båndet som er i bevegelse. Deretter ble det lagt to teipbiter en meter fra hverandre som står i ro. Når en tar video av båndet i bevegelse kan en da finne tida teipbiten bruker på å forflytte seg en meter.

## RESULTATER

---

Hakk (Teller fra laveste)	Tid over en meter	Fart (m/min)
1	1.27s	47.2
2	1.17s	51.3
3	0.77s	77.9

## BEREGNINGER

---

### 9.1 HASTIGHET

$H$  = Hastighet

$l$  = Lengde i meter

$t$  = Tid i sekunder

$$H = \frac{l}{t} \cdot \frac{60s}{1min}$$

## BIBLIOGRAFI

---

- [1] *Hammer drill*. URL: <https://docs.biltema.com/v2/documents/file/nb/0a7f06f5-2591-4ad9-868b-b9bd73a8269e>. (accessed: 02.03.2023).

## D.13 ID 14 - LINEÆRT POTMETER

Etter å ha ferdigstilt SRP prototypen, måtte en ha en metode for å teste systemet med automatiserte høydemålinger. Det ble bestemt å bruke linært potentiometer da dette gjorde det enkelt mekanisk sett å montere det på mekanismen. Først ble det da gjort en test for å verifisere at potentiometeret sine verdier var gyldige.



# HOLDOT

Hull- og lekkasje deteksjons teknologi

## Test

NAVN Lineært potmeter	ID 14	Prioritet HØY
-----------------------	-------	---------------

## Ansvarlige

Utført av Andri Vidar Tryggvason og Eskild Svennungsen	Verifisering Data
--	-------------------

## System

NAVN Potensiometer	ID 7
--------------------	------

## System type

NAVN Sensor	ID 2
-------------	------

Krav ID 1 og 2

## INNHold

---

<b>Innhold</b>	<b>i</b>
<b>1 Beskrivelse</b>	<b>1</b>
<b>2 Konklusjon</b>	<b>1</b>
<b>3 Tegninger og illustrasjoner</b>	<b>3</b>
<b>4 Mål</b>	<b>5</b>
<b>5 Akseptkriterier</b>	<b>5</b>
<b>6 Fremgangsmåte</b>	<b>5</b>

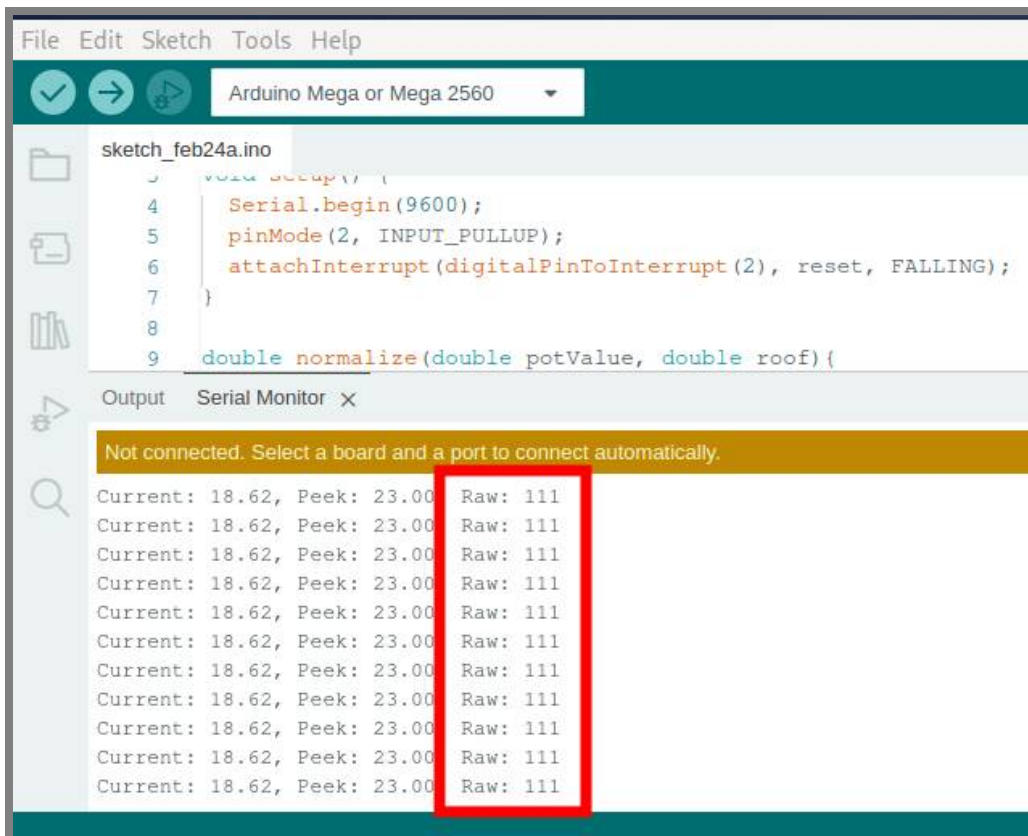
## BESKRIVELSE

---

I denne testen bruker vi et skyvbart lineært potensiometer, sammen med en Arduino Mega og dens kildekode. Det startet med at gruppen testet potensiometeret for seg selv, gruppen kom frem til at den har en målerekkevidde på 0-1023 og at den fungerer som den skal. Etter dette ble potensiometeret festet på SRP modulen som vist i figur 3.3. Deretter ble det kjørt potetgullposer i mellom via innløpsbane for å analysere data vi får fra målinger.

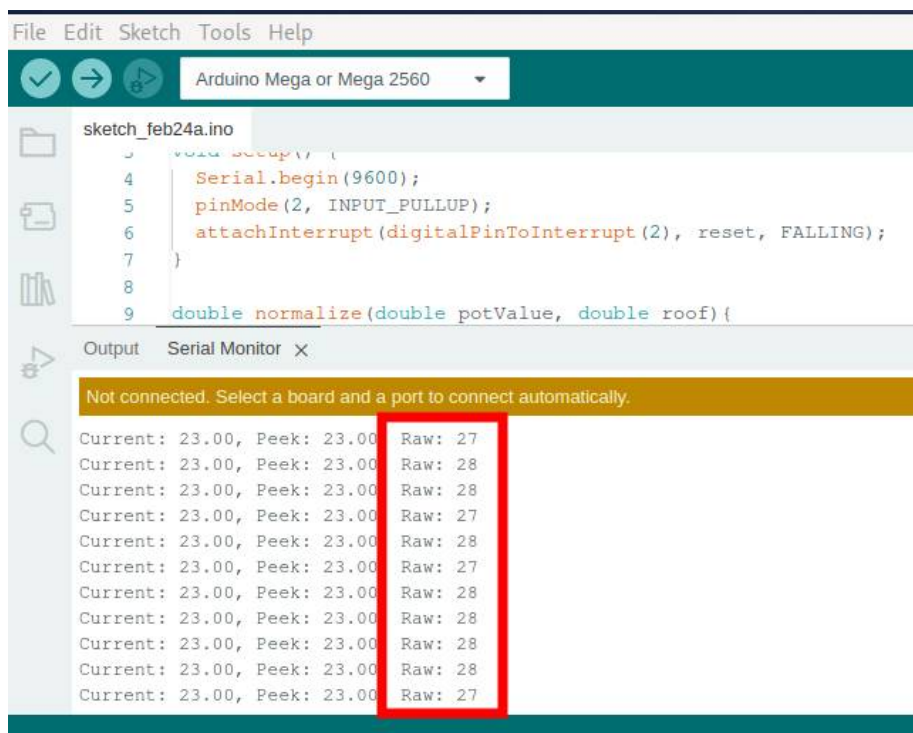
## KONKLUSJON

---



Figur 2.1: Snackspose rett under modulen



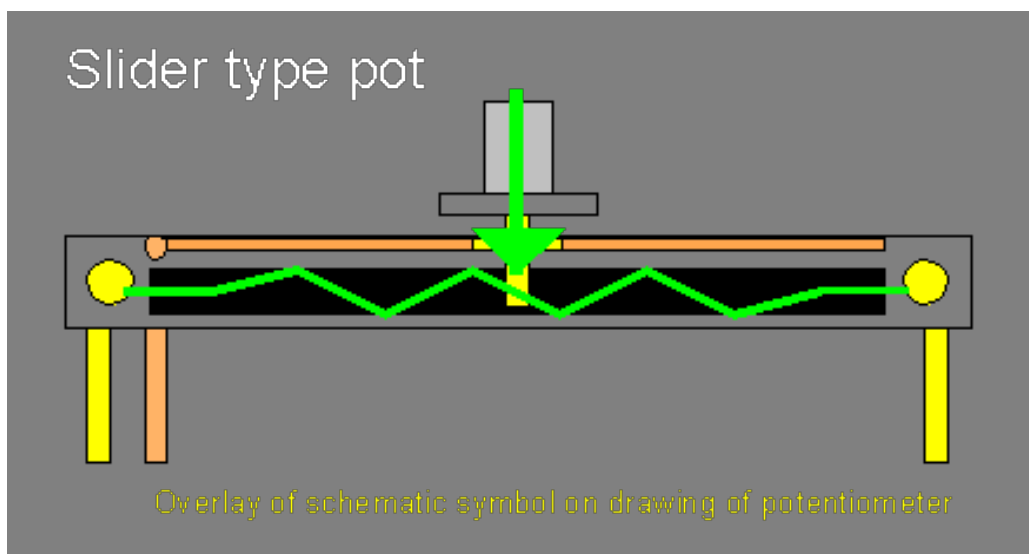


Figur 2.2: Snackspose på vei ut av modulen

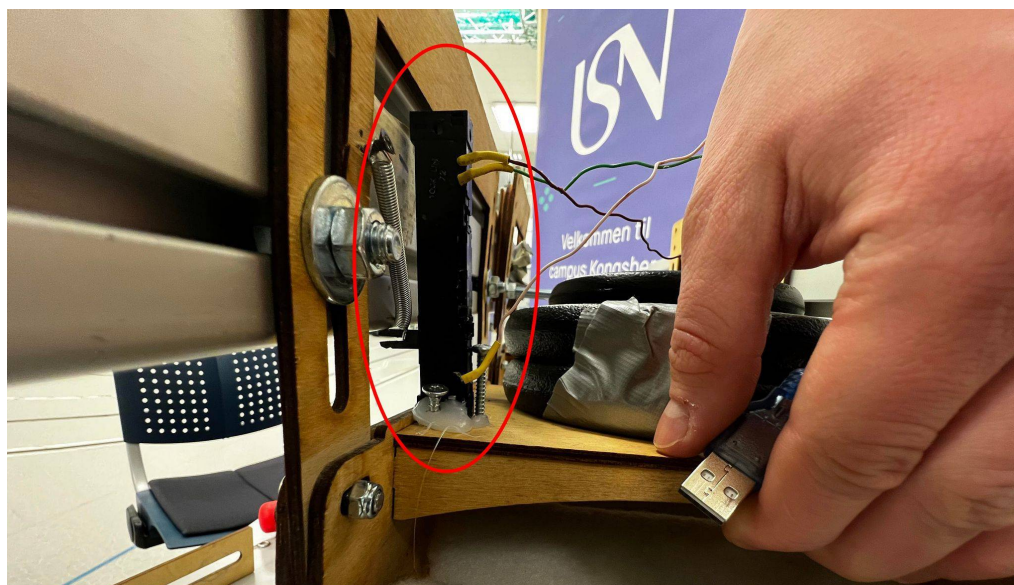
Resultatene fra målingen i figur 2.1 viser at når potetgull posen står rett under modulen er det faktisk ingen input jitter, og når den er på vei ut av modulen som vist i figur 2.2 er det  $\pm 1$ . Dette er eksemplariske resultater og viser at dette gir veldig nøyaktige målinger. Potensiometeret er også montert på modulen slik at man har en effektiv rekkevidde fra 30-455. Testen tilfredsstillende akseptkriteriene.

## TEGNINGER OG ILLUSTRASJONER

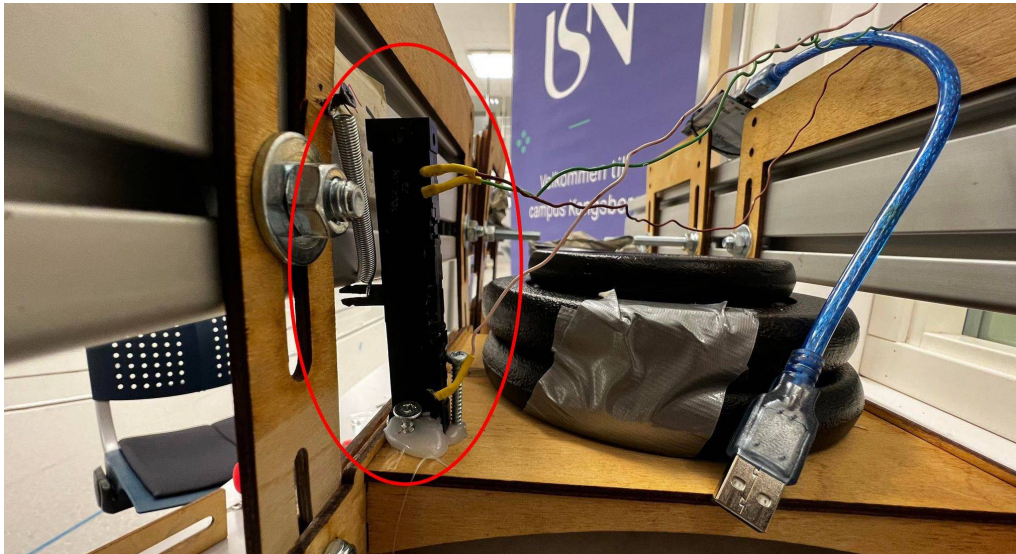
---



Figur 3.1: Potensiometer brukt for testing



Figur 3.2: Potensiometer hevet



Figur 3.3: Potensiometer i innaktiv posisjon

## MÅL

---

Målet for testen er og få en idé om hvorvidt et lineært potensiometer kan brukes, ifølge problemstillingen skal gruppen legge frem flere alternative løsninger/ideer. Så jo flere alternative komponenter vi kan velge mellom, jo bredere blir spekteret på sluttresultatet.

## AKSEPTKRITERIER

---

For at et potensiometer skal vurderes er det viktig at det har en stor rekkevidde på målinger, dette gir et mer nøyaktig utslag når posen blir målt. En annen faktor som er viktig å ta med i betraktning, og som har vært et problem med roterende potmeter brukt tidligere er input jitter. Det kan variere  $\pm 30$  i måleverdien uten ekstern påvirkning, når potensiometeret har en maksimal rekkevidde på 0-1023 forminsker dette nøyaktigheten betraktelig. Så for at denne testen skal anerkjennes som en suksess, må potensiometeret gjennomføre målinger med lite input jitter.

Input jitter		$< \pm 10$
Rekkevidde		$\geq 400$

Tabell 5.1: Kvantifisering av akseptkriterier

Rekkevidde  $\geq 400$  blir akseptert, dette er fordi om vi oppnår lav input jitter får vi tatt mer nytte av rekkevidden. Sånn som det står nå har vi ikke funnet en praktisk mekanisk løsning for å montere potensiometeret slik at vi får utnyttet hele spekteret.

## FREMGANGSMÅTE

---

For å utføre denne testen har vi montert potensiometeret på toppen av modulen vist i figur 3.3. Det er en fjær festet slik at den spretter tilbake til startposisjon. Snacksposene har blitt kjørt inn på innløpsbanen og igjennom modulene som er montert. I figur 6.1 ser man koden som er brukt for å lese av resultater.

```
1 double data = 0.0;
2
3 void setup() {
4   Serial.begin(9600);
5   pinMode(2, INPUT_PULLUP);
6   attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(2), reset, FALLING);
7 }
8
9 double normalize(double potValue, double roof){
10  double potMin = 30;
11  double potMax = 455;
12  if (potValue > potMax) potValue = potMax;
13  if (potValue < potMin) potValue = potMin;
14
15  double normalizedData = (potValue - potMin) / (potMax -
16    potMin);
17  return((roof * (1 - normalizedData)) * 10);
18 }
19
20 void loop() {
21   int potmeter = analogRead(A0);
22   double tmp = normalize(potmeter, 2.3);
23   if(tmp > data){
24     data = tmp;
25   }
26   Serial.print("Current: ");
27   Serial.print(tmp);
28   Serial.print(", ");
29   Serial.print("Peek: ");
30   Serial.print(data);
31   Serial.print(", Raw: ");
32   Serial.println(potmeter);
33 }
34 void reset(){
35   data = 0.0;
36 }
```

Figur 6.1: Kildekode for testing av potensiometer

## D.14 ID 16 - POSETESTING I SRP MED LINÆRT POTENTIOMETER

Etter å ha testet at det linære potensiometeret gir gyldige verdier og dette ble montert på SRP mekanismen, ble det kjørt tester med chips poser for å verifisere at det blir en målbar differanse i resultatene mellom poser uten og med hull. Resultatene fra denne testen ga ett grunnlag som tilsa at SRP var en mekanisme som kunne arbeides videre med.



# HOLDT

Hull- og lekkasje deteksjons teknologi

## Test

NAVN Posetesting i SRP med linært potentiometer	ID 16	Prioritet HØY
---	-------	---------------

## Ansvarlige

Utført av Andri Vidar Tryggvason	Verifisering HOLDT
----------------------------------	--------------------

## System

NAVN SRP	ID 2
----------	------

## System type

NAVN Prototype	ID 6
----------------	------

Krav ID 2

Revisjon: 1.1

## INNHold

---

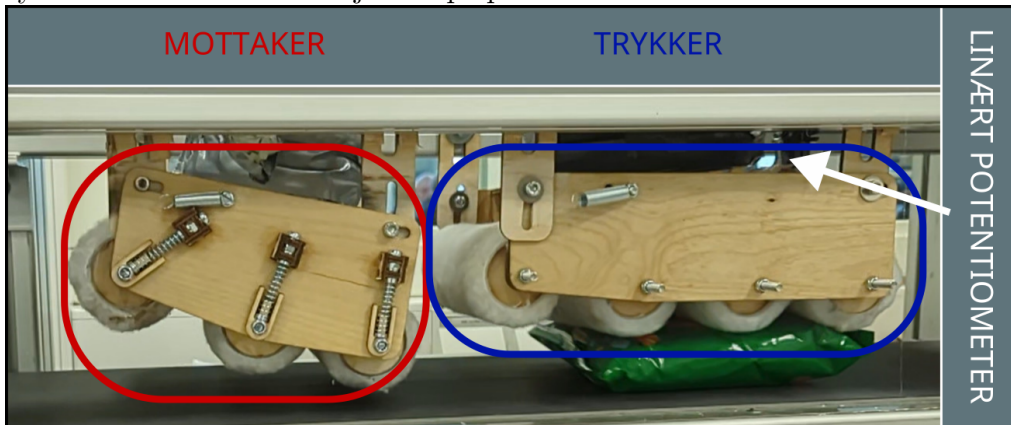
<b>Innhold</b>	<b>i</b>
<b>1 Beskrivelse</b>	<b>1</b>
<b>2 Konklusjon</b>	<b>1</b>
<b>3 Akseptkriterier</b>	<b>1</b>
<b>4 Utstyr</b>	<b>1</b>
<b>5 Fremgangsmåte</b>	<b>2</b>
<b>6 Resultater</b>	<b>3</b>
6.1 Utgangspunkt . . . . .	3
6.2 Høydemåling av poser uten hull fra linært potensiometer . .	4
6.3 Høydemåling av poser med 2mm hull fra linært potensiometer	5
<b>7 Tegninger og illustrasjoner</b>	<b>7</b>
<b>A Kode</b>	<b>15</b>
<b>Bibliografi</b>	<b>17</b>



## BESKRIVELSE

---

Test av SRP i kombinasjon med et linært potensiometer og arduino som tar imot dataen. Testen skal gi en indikasjon om denne kombinasjonen av systemer kan finne lekkasje i chips poser.



## KONKLUSJON

---

Alle gjennomsnitts verdier viser en endring til lavere verdi etter at det er blitt laget 2mm hull i posen. Dette viser da at denne metoden kan fungere godt i praksis. Fortsatt dersom en ser på verdiene merket med rødt i tabell 6.3 så er dette tilfeller hvor posen kan ha blitt mistolket som å være tett og feilaktig blitt kjørt gjennom systemet. Det er flere faktorer som kan forbedres i prototypen som vil gjøre at systemet vil fungere bedre. Så de mistolkningene skal kunne lukes ut ved forbedringer.

## AKSEPTKRITERIER

---

6 poser skal ha blitt testet individuelt 6 ganger uten og med 2mm hull. Bilder av disse kan ses i figurer 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 7.7 og 7.8. Dette skal dokumenteres i tabeller som kan finnes under kapittel 6.

## UTSTYR

---

- SRP
- Arduino m/ kode (se under)
- Linært potmeter

- 6 stk chips poser
- Innløpsbånd
- Bibliotek for å beregne relativ tid[1]

## FREMGANGSMÅTE

---

Hver pose blir merket med nummer fra 1-6 og original høyde. Se fig 7.2 for merkede poser og 7.1 for måling av originalhøyde.

Deretter blir hver pose manuelt lagt inn på start av innløpsbånd mens det kjører i 51.3m/min og posene går da gjennom SRP mekanismen som registrerer måling av høyde fra potmeteret til arduino som blir overvåket av en PC og verdien blir deretter registrert.

Hver av de 6 posene blir testet til sammen 12 ganger, 6 ganger uten hull og 6 ganger med 2mm hull. Testverdiene fra alle de 66 testene blir notert.

## RESULTATER

---

### 6.1 UTGANGSPUNKT

#### Pose dimensjoner

Lengde og bredde: 16cm

Høyde: 31-43mm (se manuell høydemåling 6.1)

#### Masse på poser 1-3

- Mottaker: 0.75kg
- Presser: 4kg

#### Masse på poser 4-3

- Mottaker: 1.5kg
- Presser: 5.5kg

Se figur 7.9 for forståelse av forskjell på mottaker og presser (trykker i illustrasjon).

#### Manuell høydemåling

Fremgangsmåte kan ses i figur 7.1.

#### Poser

1. 31mm
2. 37mm
3. 39mm
4. 43mm
5. 33mm
6. 39mm

## 6.2 HØYDEMÅLING AV POSER UTEN HULL FRA LINÆRT POTENTIOMETER

Posene blir lagt manuelt på innløpsbånd, dette har en hastighet på 51.3 m/min (se test rapport 13), deretter går de gjennom SRP mekanismen og målingsverdiene finnes i tabellen under.

Første verdi er råverdi, andre verdi er høydeendring i mm. Høydeendringens verdi er kalkulert ut fra råverdien og de er derfor sammenhengende.

### Forsøk

Pose	1	2	3	4	5	6
1	833 - 18.59	822 - 17.38	824 - 17.51	772 - 14.18	774 - 14.31	767 - 13.86
2	863 - 20.00	792 - 15.46	845 - 18.85	833 - 18.08	800 - 15.97	827 - 17.70
3	884 - 21.34	857 - 19.61	869 - 20.38	868 - 20.32	822 - 17.38	861 - 19.87
4	869 - 20.38	896 - 22.11	883 - 21.28	896 - 22.11	886 - 21.47	881 - 21.15
5	779 - 12.71	707 - 10.03	870 - 20.44	780 - 14.69	766 - 13.80	698 - 9.46
6	914 - 23.00	783 - 14.89	814 - 16.87	720 - 10.86	783 - 14.89	800 - 15.97

### Gjennomsnitts verdier

#### Gjennomsnitt

Pose	Råverdi	Høydeendring i mm
1	799	15.97
2	827	17.68
3	860	19.82
4	885	21.42
5	767	13.52
6	802	16.08

## 6.3 HØYDEMÅLING AV POSER MED 2MM HULL FRA LINÆRT POTENTIOMETER

Posene blir lagt manuelt på innløpsbånd, dette har en hastighet på 51.3 m/min (se test rapport 13), deretter går de gjennom SRP mekanismen og målingsverdiene finnes i tabellen under.

Første verdi er råverdi, andre verdi er høydeendring i mm. Høydeendringens verdi er kalkulert ut fra råverdien og de er derfor sammenhengende.

Verdier merket med rødt er de som er høyere enn laveste verdi i måling uten hull.

Verdier merket lyseblått er sprukket pose.

Verdier merket med fiolet er poser som er tilnærmet flate.

### Forsøk

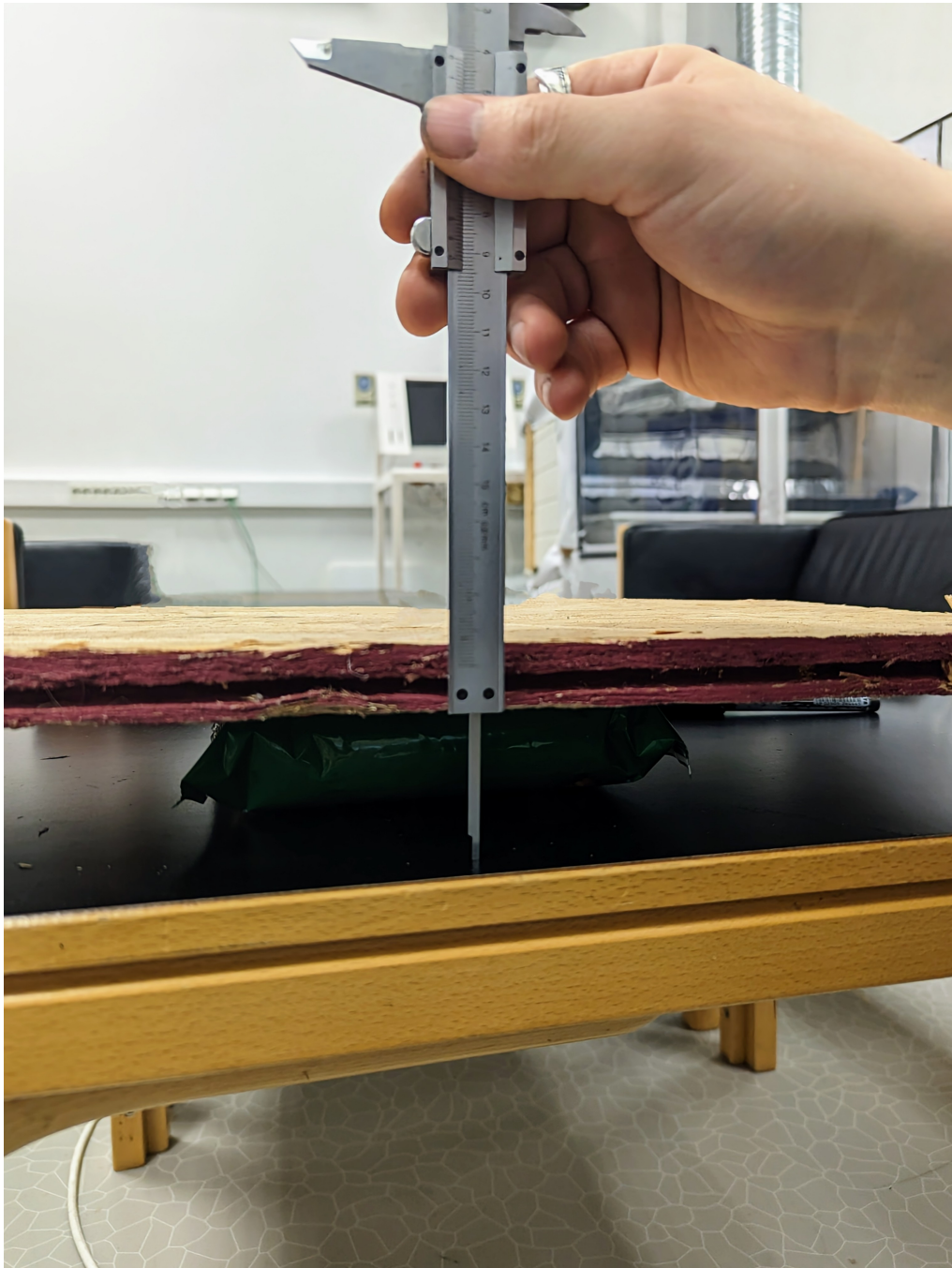
Pose	1	2	3	4	5	6
1	736 - 11.88	740 - 12.14	709 - 10.16	678 - 8.18	768 - 13.93	660 - 7.03
2	769 - 13.99	814 - 16.87	772 - 14.18	843 - 18.72	842 - 18.66	686 - 8.69
3	798 - 15.84	825 - 17.57	731 - 11.56	827 - 17.7	837 - 18.34	776 - 14.49
4	861 - 19.87	881 - 21.15	624 - 4.73			
5	614 - 4.09	0	0	0	0	0
6	718 - 10.73	724 - 11.12	720 - 10.86	698 - 9.46	704 - 9.84	640 - 5.75

### Gjennomsnitt

Pose	Råverdi	Høydeendring i mm
1	715	10.55
2	788	15.19
3	799	15.92
4	789	15.25
5	614	4.09
6	701	9.63

## TEGNINGER OG ILLUSTRASJONER

---



Figur 7.1: Manuell høydemåling av poser i forkant av test.



Figur 7.2: Poser merket med originalhøyde og nummer klar for testing.





Figur 7.3: Pose nummer en.



Figur 7.4: Pose nummer to.





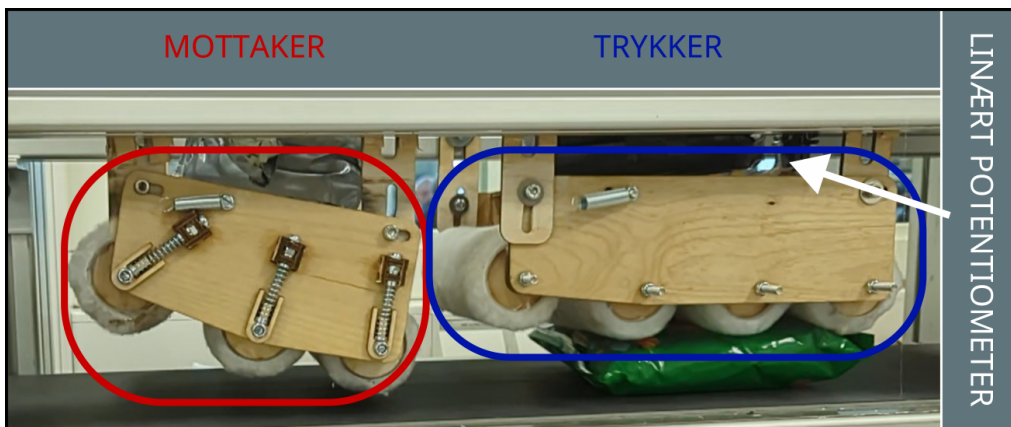
Figur 7.6: Pose nummer fire.



Figur 7.7: Pose nummer fem.



Figur 7.8: Pose nummer seks.



Figur 7.9: Oppsettet til SRP.

## KODE

```

1 #include <TimeLib.h>
2
3 struct mesurment {
4     int raw_data;
5     int peak_raw_data;
6     double fixed_data;
7     double peak_fixed_data;
8 }; struct mesurment potmeter;
9
10 //Setup for program
11 void setup() {
12     Serial.begin(9600);
13     potmeter.peak_fixed_data = 0;
14     potmeter.peak_raw_data = 0;
15 }
16
17 //Change data to fit the range of the SRP module
18 double normalize(double potValue, double roof){
19     double potMin = 550;
20     double potMax = 910;
21     if (potValue > potMax) potValue = potMax;
22     if (potValue < potMin) potValue = potMin;
23
24     double normalizedData = (potValue - potMin) / (potMax -
25     potMin);
26     return(roof * normalizedData * 10);
27 }

```

```

27
28 //Main loop
29 void loop() {
30     potmeter.raw_data = analogRead(A0);
31     potmeter.fixed_data = normalize(potmeter.raw_data, 2.3);
32     assignPeak(&potmeter);
33     printData(&potmeter);
34 }
35
36 //Assigning peak values of measurments
37 void assignPeak(struct mesurment *input){
38     if(input->fixed_data > input->peak_fixed_data){
39         input->peak_fixed_data = input->fixed_data;
40     }
41     if(input->raw_data > input->peak_raw_data){
42         input->peak_raw_data = input->raw_data;
43     }
44 }
45
46 //Displaying measured data in serial output
47 void printData(struct mesurment *input){
48     if(input->fixed_data > 4){
49         printTime();
50         Serial.print("Current: ");
51         Serial.print(input->fixed_data);
52         Serial.print(", ");
53         Serial.print("Peak: ");
54         Serial.print(input->peak_fixed_data);
55         Serial.print(", Raw: ");
56         Serial.print(input->raw_data);
57         Serial.print(", Peak Raw: ");
58         Serial.println(input->peak_raw_data);
59     }
60 }
61
62 //Display time of measurments
63 void printTime(){
64     time_t time = now();
65     Serial.print("[");
66     Serial.print(minute(time));
67     Serial.print(":");
68     Serial.print(second(time));
69     Serial.print("] ");
70 }

```

## BIBLIOGRAFI

---



- [1] Michael Margolis. *Arduino Time Library*. URL: [https://www.pjrc.com/teensy/td\\_libs\\_Time.html](https://www.pjrc.com/teensy/td_libs_Time.html).

D.15 ID 17 - BILDEGJENKJENNING



# HOLDOT

Hull- og lekkasje deteksjons teknologi

## Test

NAVN Maskinlæring med bildegjenkjenning	ID 17	Prioritet LAV
---	-------	---------------

## Ansvarlige

Utført av Eskild D. Svennungsen	Verifisering Data
---------------------------------	-------------------

## System

NAVN AI	ID 6
---------	------

## System type

NAVN Bildegjenkjenning	ID 8
------------------------	------

Krav ID 2

# INNHOLD

---

<b>Innhold</b>	<b>i</b>
<b>1 Beskrivelse</b>	<b>1</b>
<b>2 Konklusjon</b>	<b>1</b>
<b>3 Maskinlæring</b>	<b>2</b>
3.1 Caffe . . . . .	3
3.2 Drøfting . . . . .	4
<b>Bibliografi</b>	<b>5</b>

## BESKRIVELSE

Maskinlæring har de siste årene blitt stadig mer og mer populært. Det er uendelig mange bruksområder og i dette tilfelle er det bildegjenkjenning som er mest aktuelt. Målet med bildegjenkjenning er å kunne identifisere lekkasje(2mm hull) i sømsiden på potetgullposer som kommer i 60m/min på innløpsbanen til Tronrud. I denne testrapporten blir ikke maskinlæringsmodellene gått i dybden på.

## KONKLUSJON



Figur 2.1: Test pose

Disse hullene vist i figuren ovenfor har en diameter på  $\sim 1.5\text{mm}$ , det er mindre enn hva som er spesifisert i kravene. Men som man ser er vil det være fullt mulig å detektere veldig små hull på * pne* steder. Problemet ligger heller i de litt mer tvetydige plassene. Det er rimelig å estimere at det er 60% støy i form av tekst og illustrasjoner som dekker overflaten, jo mer støy, desto mindre nøyaktig vil man kunne

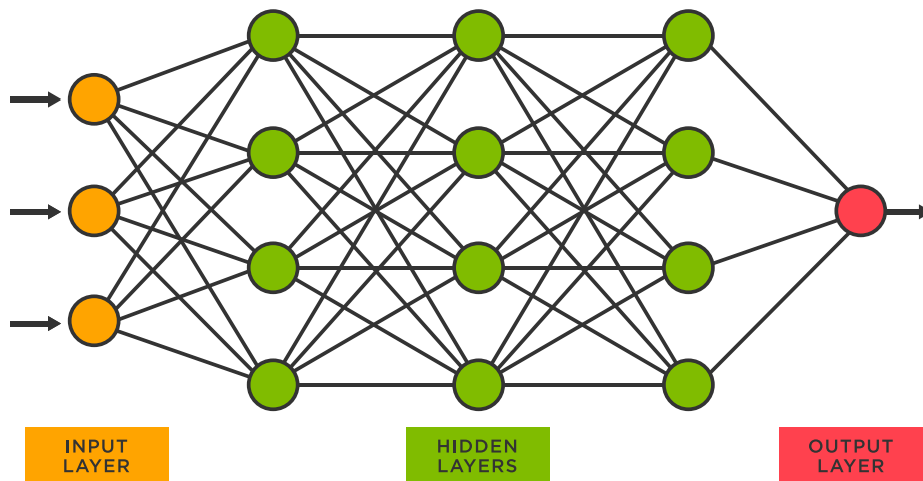
anta at bildegjenkjenningen har. En fellesnevner for alle modellene vist nedenfor er at eksemplene er veldig store, så om det fungerer i praksis finner man ikke ut før man tester på snacksposer, men det er for risikabelt å bruke tid på det for det er ekstremt omfattende stoff. Derfor konkluderes det med at forskningen på maskinlæring ikke fortsetter.

## MASKINLÆRING

---

Oppgaven gitt av Tronrud er å identifisere lekkasje i sømsiden på potetgullposer med minimum 2mm diameter. Dette er for å forhindre at feilaktige poser blir pakket i esker og sendt videre. Testen gjøres under kontrollerte forhold, Tronrud stikker en opphetet nål i posen for å skape hull, og kjører posen igjennom innløpsbanen for å teste om systemet fanger feilen. Det er verdt å nevne at i fabrikker så er det ikke slik at dette er den mest aktuelle årsaken for lekkasje, som oftest er det slik at en chip fester seg i sømmen og forhindrer at posen blir helt lukket.

Når man skal sette opp ett system for maskinlæring må man som regel forholde seg til det som heter neural networks[2]. Når det kommer til disse nettverkene så er det veldig viktig å være spesifikk i hva man lærer de opp til, hvis de ikke blir informert eksplisitt om hva de skal gjøre, så blir det ikke gjort. Og selvom det ikke er et direkte krav fra Tronrud å detektere chips i sømmen, så er det viktig at nettverket lærer opp til det, siden det er et behov for kunde.

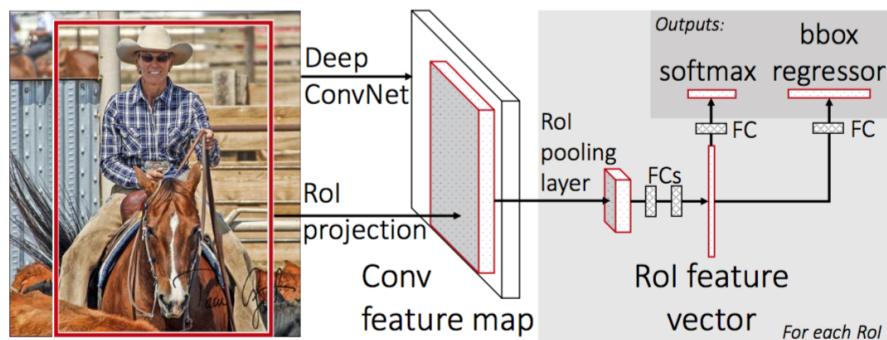


Figur 3.1: Neural Network

## 3.1 CAFFE

Caffe[3] er et åpent rammeverk for deep learning(betegnelse for neural networks med flere enn 3 lag) laget av Berkeley AI Research(BAIR). De har flere modeller for bildegenkjenning, blant dem er disse:

### Fast R-CNN

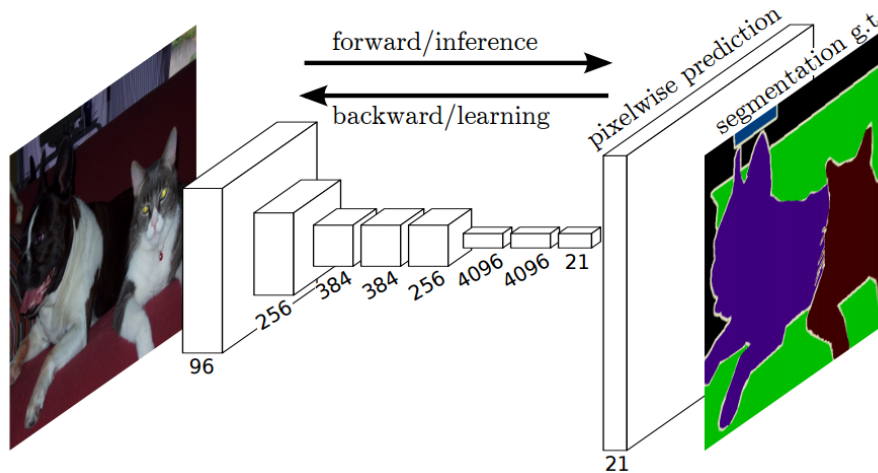


Figur 3.2: Region Based Convolutional Neural Networks[1]

Utrag fra [5]:

- End-to-end proposals and detection
- 200ms / image interface
- Fully convolutional Region Proposal Net + Fast R-CNN

## Pixel-wise Prediction



Figur 3.3: Pixel-wise Prediction[4]

Utrag fra [5]:

- End-to-end learning
- Efficient inference and learning 150ms per-image prediction
- Multi-modal, multi-task

## 3.2 DRØFTING

Begge modellene til caffe[3] bruker relativt lite tid på å produsere resultater. Men en forutsetning med det er at maskinlæringsmodellen produserer et nøyaktig resultat på  $\leq 2$  forsøk. For på innløpsbanen har det blitt estimert at man har rundt 500ms/pose tilråde for analyse. Andre krav som dukker opp er et kamera med god oppløsning, bilde vist i figur 2.1 ble tatt med et 12MP kamera, altså 12.000.000 piksler.



## BIBLIOGRAFI

---

- [1] geeksforgeeks. *R-CNN vs Fast R-CNN vs Faster R-CNN | ML*. 2023. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/r-cnn-vs-fast-r-cnn-vs-faster-r-cnn-ml/>.
- [2] IBM. *What is a neural network?* URL: <https://www.ibm.com/topics/neural-networks>.
- [3] Yangqing Jia mfl. “Caffe: Convolutional Architecture for Fast Feature Embedding”. I: *arXiv preprint arXiv:1408.5093* (2014).
- [4] *Semantic Segmentation using Fully Convolutional Networks over the years*. 2017. URL: <https://www.meetshah.dev/semantic-segmentation/deep-learning/pytorch/visdom/2017/06/01/semantic-segmentation-over-the-years.html>.
- [5] Jian Sun mfl. *DIY Deep Learning for Vision: a Hands-On Tutorial with Caffe*. URL: [https://docs.google.com/presentation/d/1UeKXVgRvvvg90Udh\\_UiC5G71UMscNPlvArsWER41PsU/edit#slide=id.g67c2fe267\\_379\\_0](https://docs.google.com/presentation/d/1UeKXVgRvvvg90Udh_UiC5G71UMscNPlvArsWER41PsU/edit#slide=id.g67c2fe267_379_0).

D.16 ID 18 - MOTOR FRA TRONRUD  
ENGINEERING



# HOLDOT

Hull- og lekkasje deteksjons teknologi

## Test

NAVN Motor fra Tronrud engineering	ID 18	Prioritet MIDDELS
------------------------------------	-------	-------------------

## Ansvarlige

Utført av Mehdi Chamran	Verifisering Elektro
-------------------------	----------------------

## System

NAVN Motor	ID 9
------------	------

## System type

NAVN Innløpsbånd	ID 1
------------------	------

Krav ID 1

## INNHold

---

<b>Innhold</b>	<b>i</b>
<b>1 Beskrivelse</b>	<b>1</b>
<b>2 Konklusjon</b>	<b>1</b>
<b>3 Tegninger og illustrasjoner</b>	<b>2</b>
<b>4 Akseptkriterier</b>	<b>3</b>
<b>5 Utstyr</b>	<b>3</b>
<b>6 Fremgangsmåte</b>	<b>3</b>
<b>7 Resultater</b>	<b>3</b>
<b>8 Beregninger</b>	<b>4</b>

## BESKRIVELSE

---

Denne rapporten tar sikte på å bestemme motorens maksimale vinkelhastighet ved å måle tiden det tar å fullføre en hel rotasjon med konstant hastighet, kamera ble brukt til å finne tiden.

## KONKLUSJON

---

Basert på resultatene ble motorens maksimale vinkelhastighet funnet å være  $169.8s^{-1}$ . Testen ble utført med kamera og beregningene ble gjort nøyaktig. Derfor ble akseptkriteriene for testen oppfylt. På grunn av motorens robuste effekt, er motstand fra innløpsbåndet neglisjerbar. Resultatene av denne testen kan brukes som referanse for fremtidige eksperimenter eller applikasjoner som involverer denne motoren.

## TEGNINGER OG ILLUSTRASJONER

---



Figur 3.1: Start punkt for å finne ut tiden på kamera



Figur 3.2: Slutt punkt for å finne ut tiden på kamera

## AKSEPTKRITERIER

---

Hastighetsverdien skal være nøyaktig og pålitelig.

## UTSTYR

---

- Motor
- Kamera
- Målebånd

## FREMGANGSMÅTE

---

- Sett opp motoren på en stabil overflate.
- Start motoren og juster hastigheten til maksimalt nivå.
- Ta opp en video av motoren når den er på maksimal hastighet.
- Bruk en videoredigeringsprogramvare for å bestemme tiden det tar for en hel rotasjon av motoren.
- Beregn vinkelhastigheten til motoren ved å bruke formelen  $\frac{2\pi}{t}$

## RESULTATER

---

Motoren fullførte en hel rotasjon på 0,037 sekunder ved høyeste hastighet.

## BEREGNINGER

---

- Tid for en hel rotasjon = 0,037 sekunder
- Motorens vinkelhastighet =  $2\pi$  / Tid

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{tid} = \frac{2 \cdot \pi}{0.037s} = 169.8s^{-1} \quad (8.1)$$



## D.17 ID 19 - DREIEMOMENT FOR SRRP

Før det ble besluttet å bruke luftsylindere for å utøve kraft på posen ble det vurdert å bruke roterende motor. Nødvendig dreiemoment ble da beregnet som følger i denne test rapporten.



# HOLDOT

Hull- og lekkasje deteksjons teknologi

## Test

NAVN Beregninger for nødvendig dreiemoment på SRRP modul for press	ID 19	Prioritet MIDDELS
--	-------	-------------------

## Ansvarlige

Utført av Andri Vidar Tryggvason	Verifisering Maskin
----------------------------------	---------------------

## System

NAVN SRRP	ID 10
-----------	-------

## System type

NAVN Motor	ID 9
------------	------

Krav ID 2

Revisjon: 1.0

## INNHold

---

<b>Innhold</b>	<b>i</b>
<b>1 Beskrivelse</b>	<b>1</b>
<b>2 Tegninger og illustrasjoner</b>	<b>1</b>
<b>3 Akseptkriterier</b>	<b>1</b>
<b>4 Beregninger</b>	<b>1</b>
4.1 Statiske verdier . . . . .	1
4.2 Summasjon av moment . . . . .	2
4.3 Funksjon av moment summasjon . . . . .	2

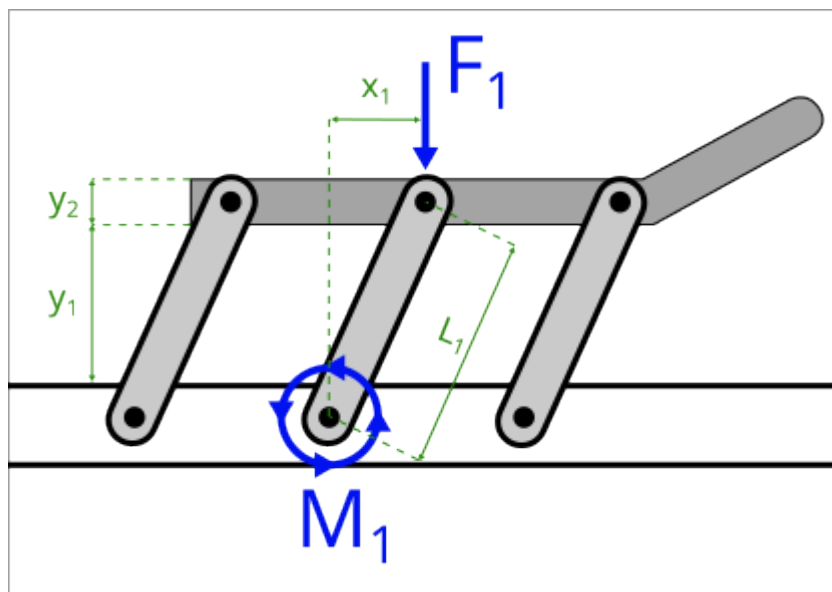
## BESKRIVELSE

---

Lager beregninger ut fra hvordan SRRP skal bli. Får så en funksjon som en kan sette verdier inn i. Målet er å vite dreiemoment som kreves, da kan en vurdere hvilken elektro motor og eventuelt gearing som må til.

## TEGNINGER OG ILLUSTRASJONER

---



Figur 2.1: Illustrasjon av kreftene. Brukes i beregningene.

## AKSEPTKRITERIER

---

Beregningene skal bli gjort mest mulig standardisert slik at en fort kan gjøre nye beregninger ved design endringer.

## BEREGNINGER

---

### 4.1 STATISKE VERDIER

$$y_1 \leq 120mm; y_2 = 30mm; x_1 = \sqrt{(180mm)^2 - (y_1 + 2y_2)^2}$$

$$F_1 \leq 12kg \cdot g; L_1 = 180mm$$

$x_1$  ble funnet ved hjelp av pytagoras setning slik:  $x_1^2 + (y_1 + 2y_2)^2 = (180mm)^2$

## 4.2 SUMMASJON AV MOMENT

$$\sum M \odot = 0; M_1 - F_1 x_1 = 0 \rightarrow M_1 = F_1 \sqrt{(180mm)^2 - (y_1 + 2y_2)^2}$$

## 4.3 FUNKSJON AV MOMENT SUMMASJON

$$M_1(F_1, y_1) = F_1 \sqrt{(180mm)^2 - (y_1 + 60mm)^2}$$

**Setter inn tall for å få dreiemoment (høyeste verdi er når  $y_1$  er lik 0)**

$$M_1(12kg \cdot g, 0mm) = 20000Nmm$$

$$20000Nmm \cdot \frac{1m}{1000mm} = 20Nm$$

## D.18 ID 20 - ALUMINIUMS ELOKSERING

For overflatebehandling av aluminium ble det gjort forsøk med eloksering som følger i denne rapporten.



# HOLDOT

Hull- og lekkasje deteksjons teknologi

## Test

NAVN Eloksering av alu.	ID 20	Prioritet MIDDELS
-------------------------	-------	-------------------

## Ansvarlige

Utført av Andri Vidar Tryggvason	Verifisering Maskin
----------------------------------	---------------------

## System

NAVN SRRP	ID 10
-----------	-------

## System type

NAVN Mekanisk	ID 4
---------------	------

Krav ID Ikke kravbasert

Revisjon: 1.0

## INNHold

---

<b>Innhold</b>	<b>i</b>
<b>1 Beskrivelse</b>	<b>1</b>
<b>2 Akseptkriterier</b>	<b>1</b>
<b>3 Utstyr</b>	<b>1</b>
<b>4 Resultater</b>	<b>1</b>
<b>Referanser</b>	<b>3</b>



## BESKRIVELSE

---

Eloksering skal oppnås ved hjelp av utstyr tilgjengelig på Krona (i tillegg til noe innkjøpte kjemikalier).

## AKSEPTKRITERIER

---

Oksidlag har dannet seg på test alu. bit.

## UTSTYR

---

- Kaustisk soda.
- Svovelsyre (37%).
- Destillert vann.
- Strømforsyning.
- Verneutstyr.
  - Brillor
  - Hansker (Kjemikaliebestandige)
  - Åndedrettsvern
  - Avlufting

Skulle hatt en luftpumpe for å agitere syrebadet under elokseringa men prøver uten.

## RESULTATER

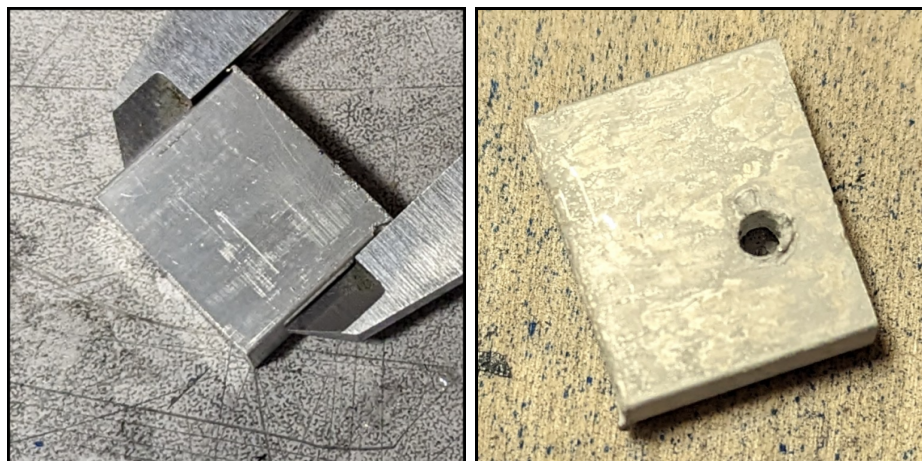
---

Det ble startet med en test bit på 21x26x6mm.

- Overflateareal:  $21 \cdot 26 \cdot 2 + 21 \cdot 6 \cdot 2 + 26 \cdot 6 \cdot 2 = 1656mm^2$ .
- Strømstyrke:  $1656mm^2 \cdot 1.5A/dm^2 \cdot \left(\frac{dm}{100mm}\right)^2 = 0.25A$
- Svovelsyre blandet i 1:1 forhold med destillert vann.
- Eloksering i 40 min.
- Farging på 65 grader i 20 min.

- Porelukking på omtrent 95 grader i 20 min.

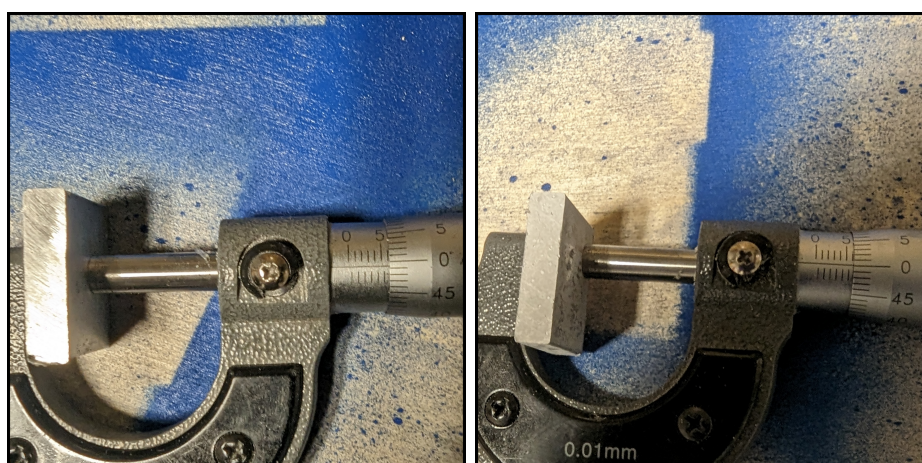
Mulige problemer: Strømstyrken gikk ned etter en viss tid uten at det ble lagt merke til mest sannsynlig pga ledningsevne blir svakere etterhvert som materialet blir eloksert. Det gikk muligens rundt 5 minutter før den ble stilt inn til 0.25A igjen.



(a) Før

(b) Etter

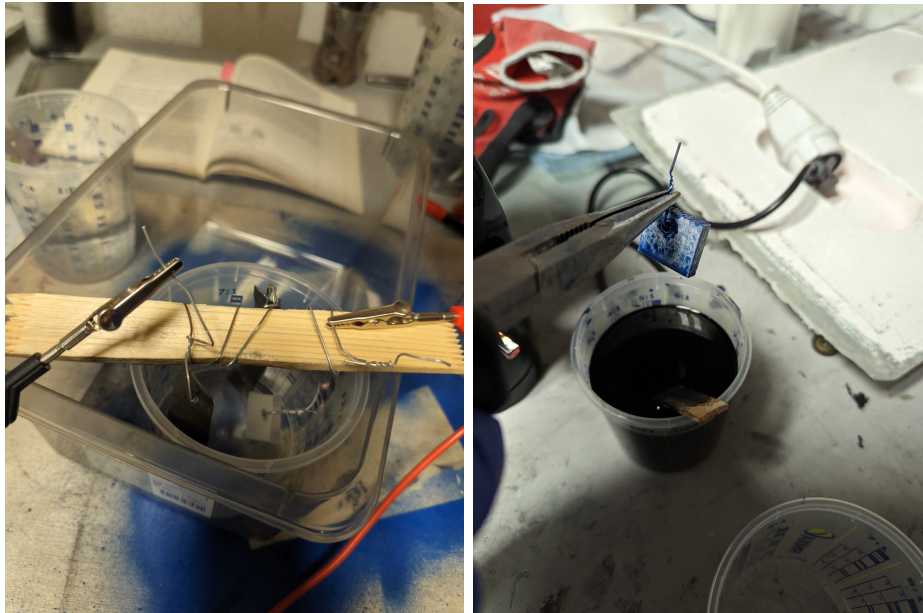
Figur 4.1: Overflate utseende før og etter eloksering



(a) Før: 5.99mm

(b) Etter: 6.00mm

Figur 4.2: Tykkelse før og etter eloksering (omtrent 0.01mm forskjell)



(a) I svovelsyrebad

(b) Under farging

Figur 4.3: Svovelsyrebad og farging

## Konklusjon

Test biten hadde et støvlag med oksider som kunne børstes av og hadde et tydelig endret utseende etter det. I tillegg hadde tykkelsen endret seg noe, dette viser at forsøket fungerte og det da har dannet seg et tykkere oksidlag. Strømstyrken som ble brukt er den samme som ble anbefalt i [Corneliussen, 1984, 100], dvs  $1.5 \text{ A/dm}^2$ .

## REFERANSER

---

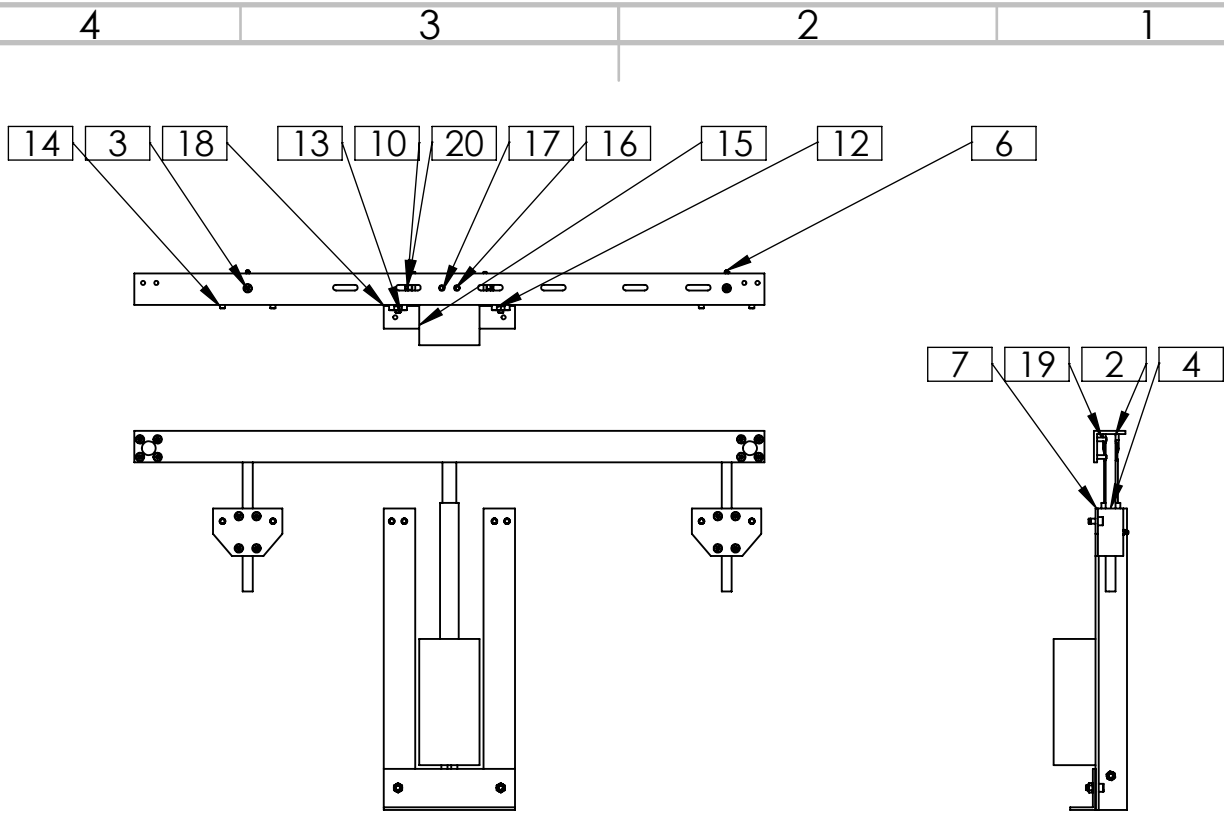
[Corneliussen, 1984] Corneliussen, R. G. (1984). Korrosjon og korrosjonsvern.

## 2D TEGNINGER AV PROTOTYPE


---

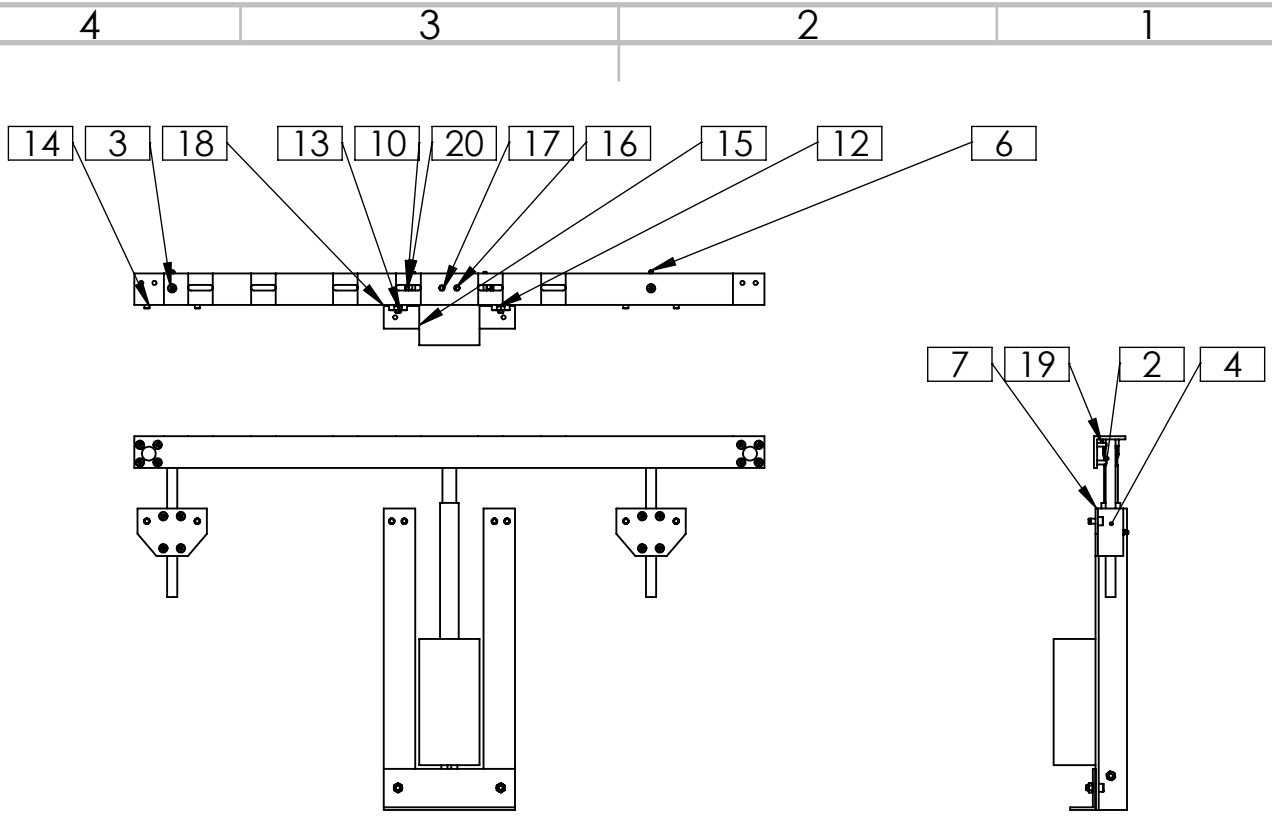
### E.1 LØFTEMEKANISME

2D tegninger av løftemekanismen.



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	Venstre modul innfestings profil	L01-01	1
2	Styre aksling	L01-03	2
3	ISO 10642 - M6 x 16 - 16N		10
4	Lineær lager hus	L01-04	2
5	16mm ID 24mm OD Linear Ball Bearing - 234-6941		4
6	1105K71	Zinc-Plated Steel Grease Fitting	2
7	Lineær lagerhus festeplate	L01-05	2
8	Venstre aktuator støtte	L01-06	1
9	Høyre aktuator støtte	L01-07	1
10	Nedre aktuator festepinne	L01-08	1
11	dowel-pin		1
12	ISO 4762 M8 x 16 - 16N		4
13	ISO 4762 M8 x 20 - 20N		2
14	ISO 4762 M8 x 12 - 12N		4
15	sylinder		1
16	aksling		1
17	aktuator-topp-feste		1
18	Aktuator bunnplatefeste	L01-09	1
19	ISO 10642 - M6 x 20 - 20N		8
20	ISO - 4032 - M8 - W - N		4

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		SURFACE TREATMENT: <b>None</b>		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		Stock Dimension		Serienr <b>L01</b>	
General tolerances for features without tolerance indications: <b>NS-ISO 2768-1-m</b>						Cut Length		Qty <b>1</b> Thickness	
NAME		SIGNATURE		DATE					
DRAWN Andri Tryggvason				24.04.23					
CHK'D Dag Halvorsen				24.04.23					
APPV'D Ming Kit Wong									
MFG									
MATERIAL:				DWG NO.		<b>Venstre løftmekanisme</b>			
WEIGHT:				SCALE:1:10					



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	Høyre modul innfestings profil	L01-02	1
2	Styre aksling	L01-03	2
3	ISO 10642 - M6 x 16 - 16N		10
4	Lineær lager hus	L01-04	2
5	16mm ID 24mm OD Linear Ball Bearing - 234-6941		4
6	1105K71	Zinc-Plated Steel Grease Fitting	2
7	Lineær lagerhus festeplate	L01-05	2
8	Venstre aktuator støtte	L01-06	1
9	Høyre aktuator støtte	L01-07	1
10	Nedre aktuator festepinne	L01-08	1
11	dowel-pin		1
12	ISO 4762 M8 x 16 - 16N		4
13	ISO 4762 M8 x 20 - 20N		2
14	ISO 4762 M8 x 12 - 12N		4
15	sylinder		1
16	aksling		1
17	aktuator-topp-feste		1
18	Aktuator bunnplatefeste	L01-09	1
19	ISO 10642 - M6 x 20 - 20N		8
20	ISO - 4032 - M8 - W - N		4

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS

SURFACE TREATMENT:  
**None**

DEBURR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

Stock  
Dimension

Serienr **L01**

General tolerances for features  
without tolerance indications:  
**NS-ISO 2768-1-m**

Cut  
Length

Qty **1**

Thickness

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Andri Tryggvason		24.04.23
CHK'D	Dag Halvorsen		24.04.23
APPV'D	Ming Kit Wong		
MFG			
Q.A			

MATERIAL:

WEIGHT:

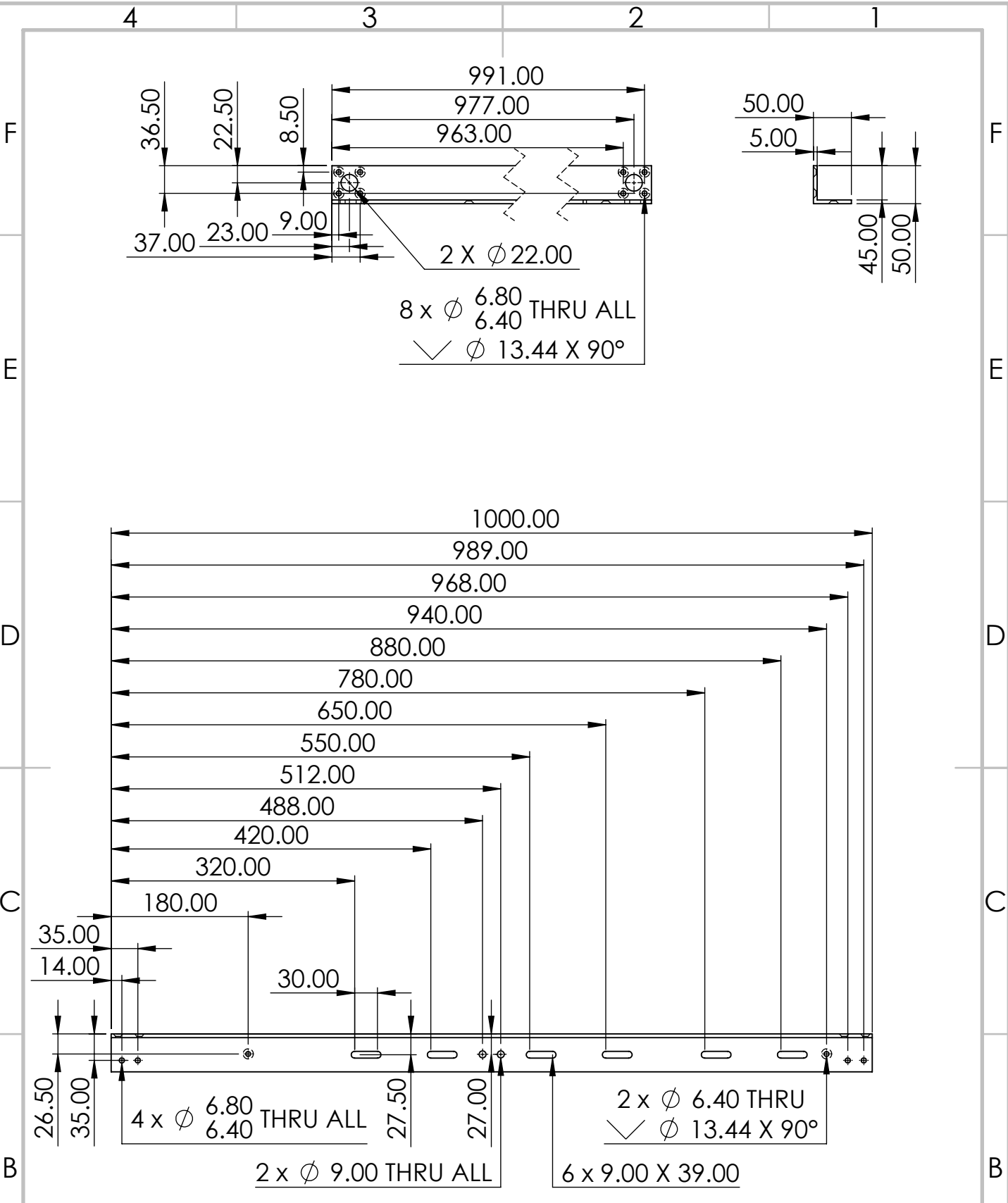
DWG NO.

**Høyre løftemekanisme**

A4

SCALE:1:10

SHEET 2 OF 11



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS

General tolerances for features  
without tolerance indications:  
**NS-ISO 2768-1-m**

SURFACE TREATMENT:  
**None**

DEBURR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

Stock Dimension	<b>L-profil 50x50</b>		Serienr	<b>L01-01-R03</b>	
Cut Length	1000	Qty	1	Thickness	5

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Andri Tryggvason		26.04.23
CHK'D	Dag Halvorsen		26.04.23
APPV'D	Ming Kit Wong		
MFG			
Q.A			

MATERIAL:  
**EN AW-6082T6**

WEIGHT:

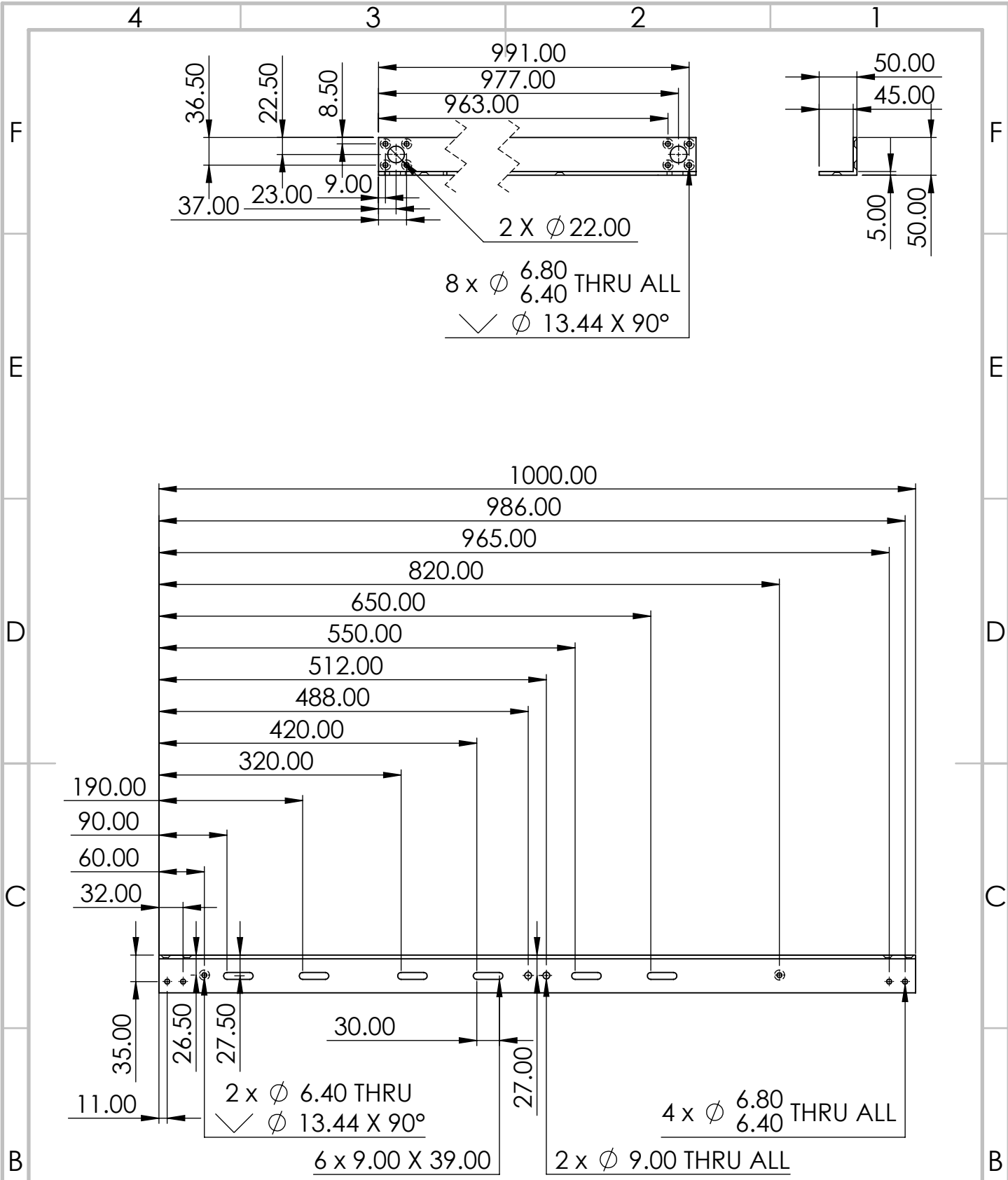
**HOLDT**  
Hull- og lekkasje deteksjons teknologi

DWG NO.  
**Venstre modul innfestings prof**

A4

SCALE:1:7

SHEET 3 OF 11



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS

SURFACE TREATMENT:  
None

DEBURR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

Stock Dimension L-profil 50x50 Serienr L01-02-R03

General tolerances for features  
without tolerance indications:  
NS-ISO 2768-1-m

Cut Length 1000 Qty 1 Thickness 5

NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN Andri Tryggvason		26.04.23
CHK'D Dag Halvorsen		26.04.23
APPV'D Ming Kit Wong		
MFG		
Q.A		



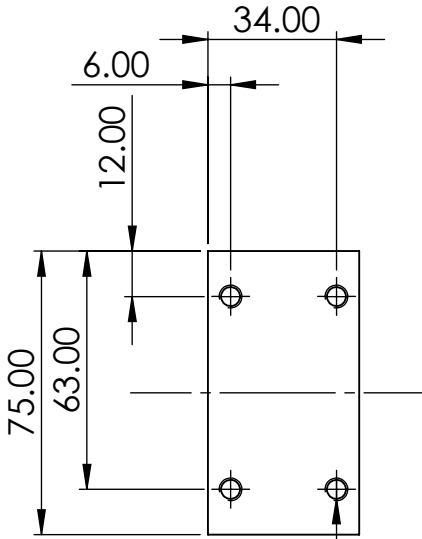
MATERIAL:  
EN AW-6082T6

DWG NO. Høyre modul innfestings prof A4

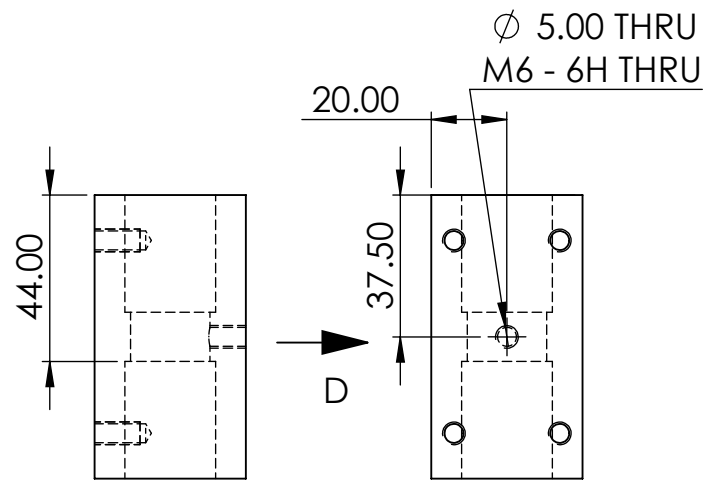
WEIGHT:

SCALE:1:7 SHEET 4 OF 11



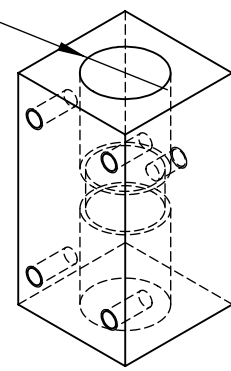
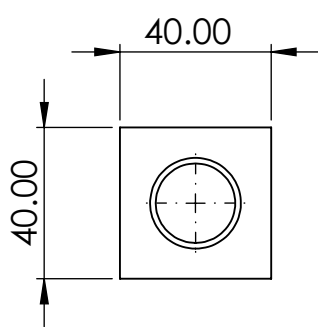


4 x  $\varnothing$  5.00  $\nabla$  15.00  
 M6 - 6H  $\nabla$  12.00

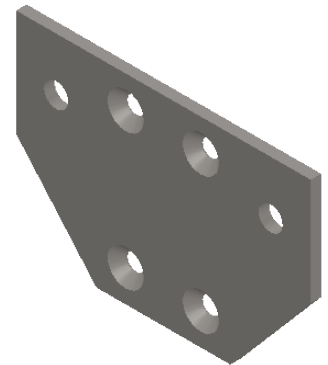
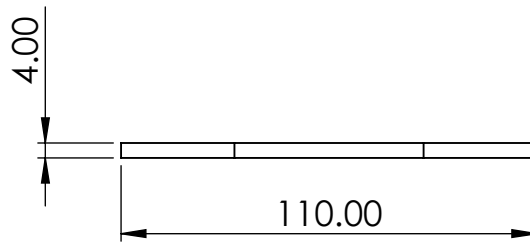
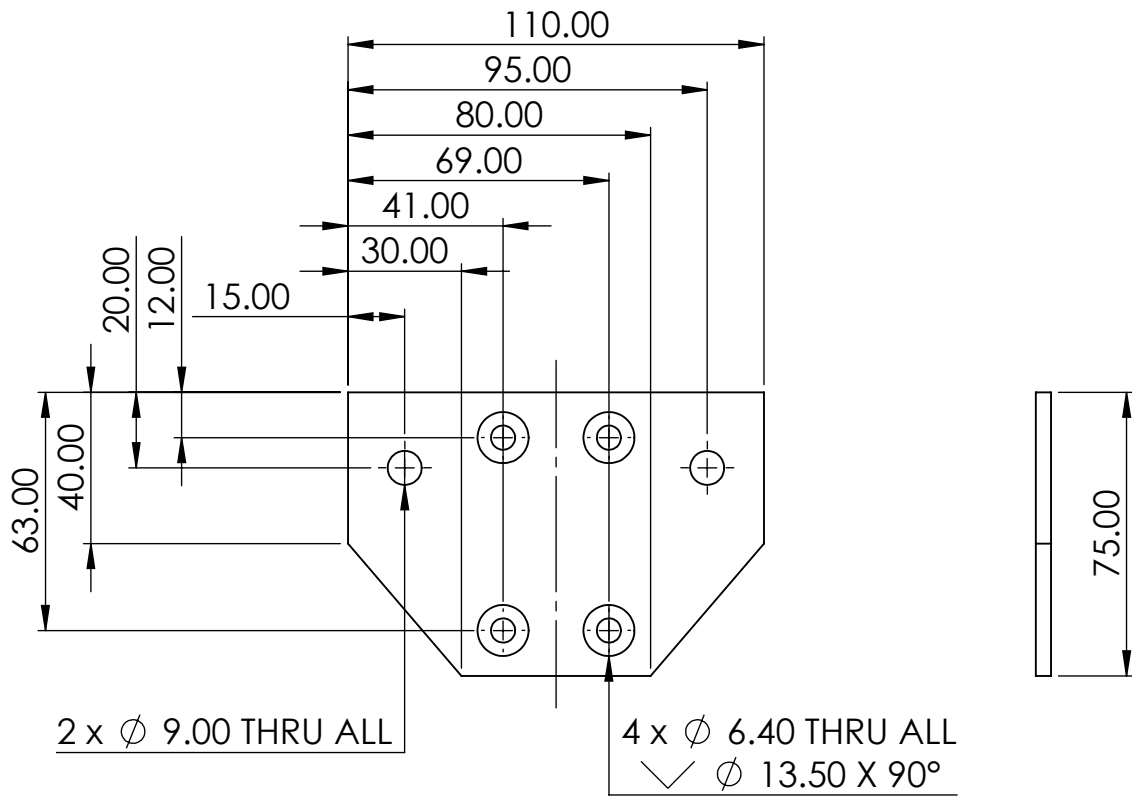


VIEW D

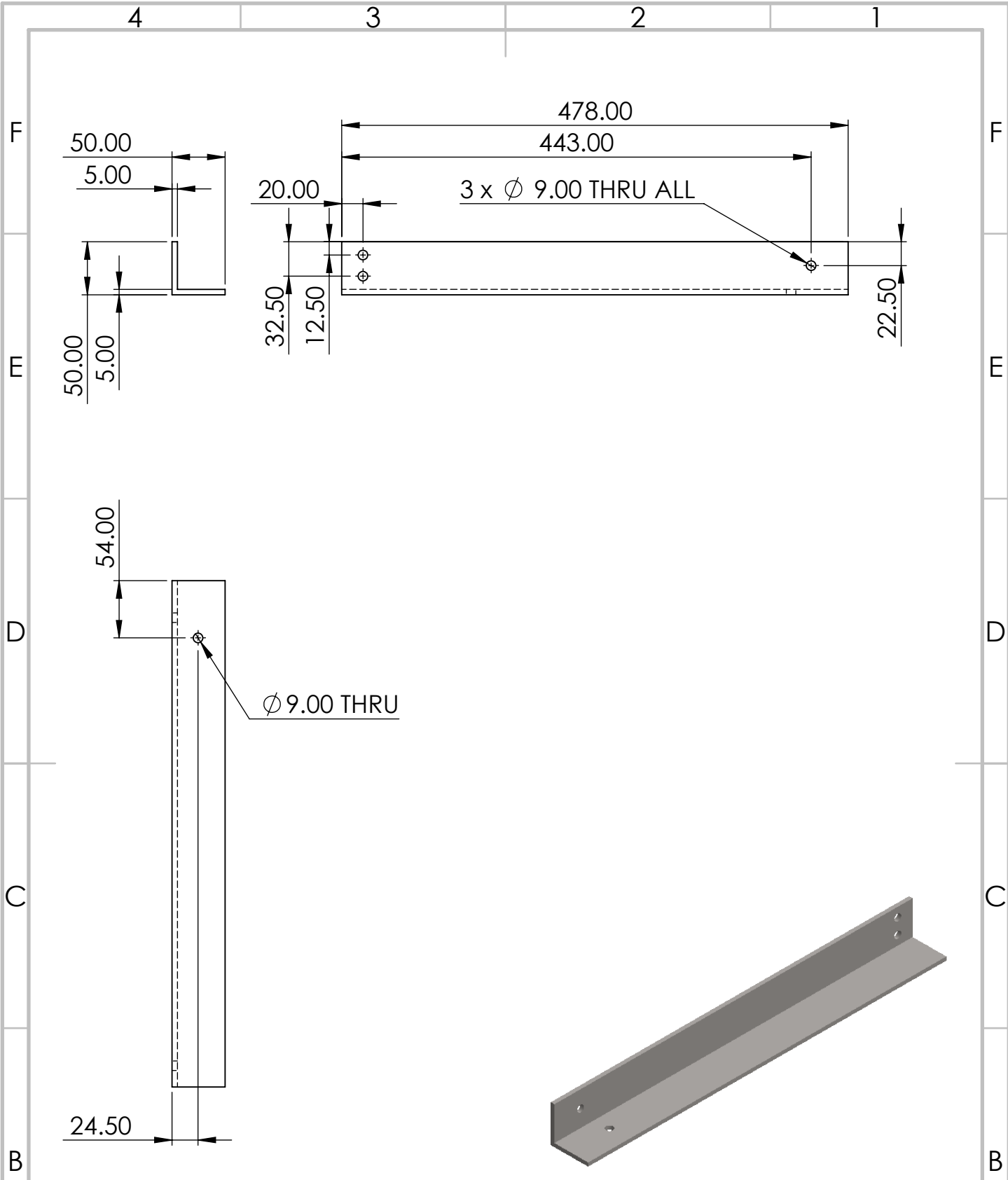
$\varnothing$  21.00 THRU  
 2 x  $\llcorner$   $\varnothing$  24.00 K6  $\nabla$  31.00



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		SURFACE TREATMENT: None		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		Stock Dimension Block 40x40		Serienr L01-04-R03	
General tolerances for features without tolerance indications: NS-ISO 2768-1-m						Cut Length 75		Qty 4	
NAME		SIGNATURE		DATE					
DRAWN Andri Tryggvason				24.04.23					
CHK'D Dag Halvorsen				24.04.23					
APPV'D Ming Kit Wong									
MFG									
Q.A.				MATERIAL: EN AW-6082T6		DWG NO. Lineær lager hus		A4	
				WEIGHT:		SCALE: 1:2		SHEET 5 OF 11	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		SURFACE TREATMENT: <b>None</b>		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		Stock Dimension <b>Sheet 110x75</b>		Serienr <b>L01-05-R01</b>	
General tolerances for features without tolerance indications: <b>NS-ISO 2768-1-m</b>						Cut Length		Qty <b>4</b> Thickness <b>4</b>	
NAME		SIGNATURE		DATE					
DRAWN		Andri Tryggvason		24.04.23					
CHK'D		Dag Halvorsen		24.04.23					
APPV'D		Ming Kit Wong							
MFG									
Q.A				MATERIAL: <b>EN AW-6082T6</b>		DWG NO. <b>Lineær lagerhus festeplate</b>		A4	
				WEIGHT:		SCALE:1:2		SHEET 6 OF 11	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS

SURFACE TREATMENT:  
**None**

DEBURR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

Stock Dimension **L-profil 50x50** Serienr **L01-06-R03**

General tolerances for features  
without tolerance indications:  
**NS-ISO 2768-1-m**

Cut Length	<b>478</b>	Qty	<b>2</b>	Thickness	<b>5</b>
------------	------------	-----	----------	-----------	----------

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Andri Tryggvason		24.04.23
CHK'D	Dag Halvorsen		24.04.23
APPV'D	Ming Kit Wong		
MFG			
Q.A			



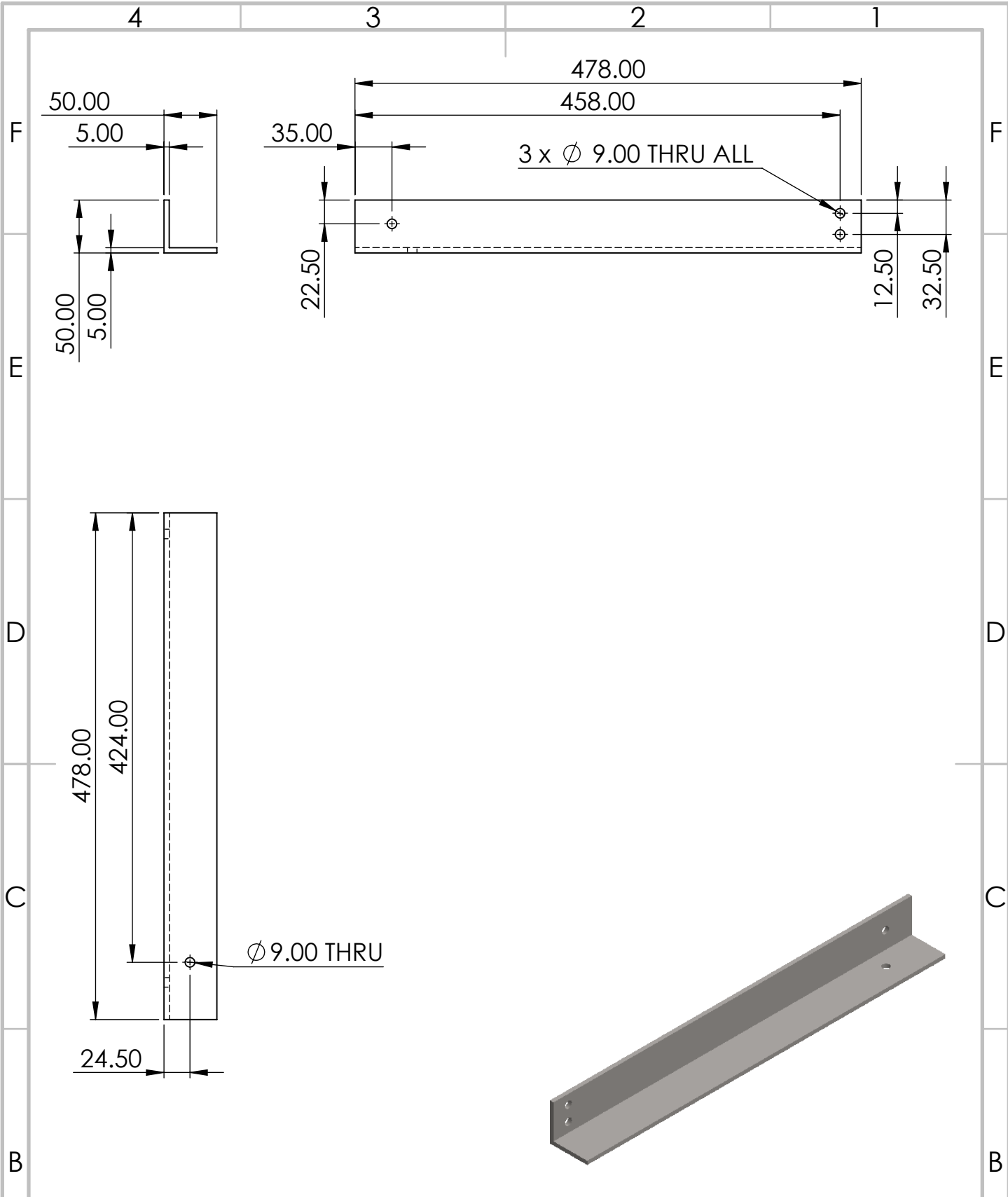
MATERIAL:  
**EN AW-6082T6**


WEIGHT:

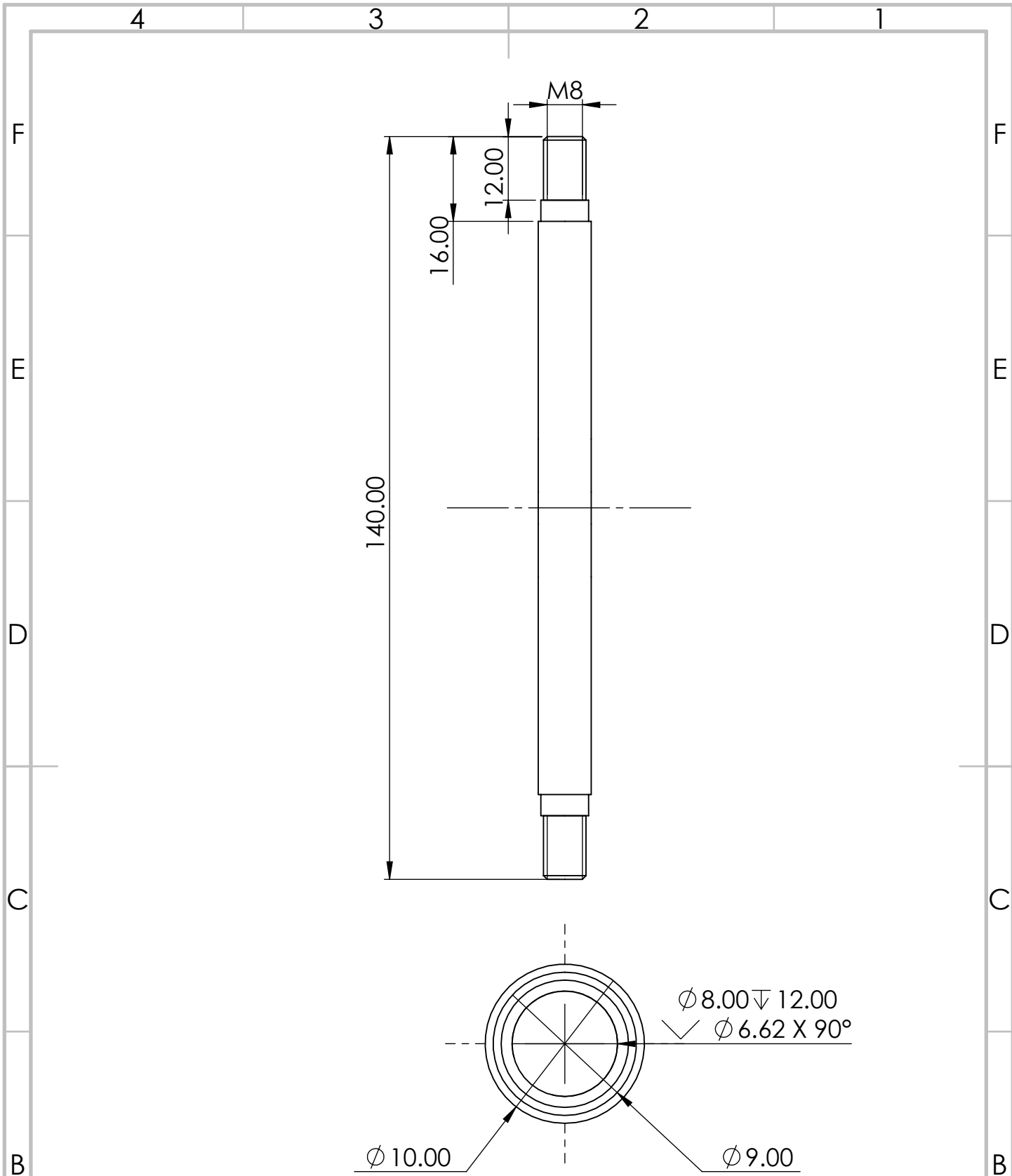
DWG NO.  
**Venstre aktuator støtte**

SCALE: 1:5

SHEET 7 OF 11



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		SURFACE TREATMENT: <b>None</b>		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		Stock Dimension <b>L-profil 50x50</b>		Serienr <b>L01-07-R02</b>	
General tolerances for features without tolerance indications: <b>NS-ISO 2768-1-m</b>						Cut Length <b>478</b>		Qty <b>2</b>	
						Thickness <b>5</b>			
NAME		SIGNATURE		DATE		 <p><b>HOLDT</b> Hull- og lekkasje deteksjons teknologi</p>			
DRAWN		Andri Tryggvason		24.04.23					
CHK'D		Dag Halvorsen		24.04.23					
APPV'D		Ming Kit Wong							
MFG									
Q.A				MATERIAL: <b>EN AW-6082T6</b>		DWG NO. <b>Høyre aktuator støtte</b>		A4	
				WEIGHT:		SCALE:1:5		SHEET 8 OF 11	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS

SURFACE TREATMENT:  
**None**

DEBURR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

Stock Dimension **Aksling Ø10** Serienr **L01-08-R03**

General tolerances for features  
without tolerance indications:  
**NS-ISO 2768-1-m**

Cut Length **140** Qty **2** Thickness **Ø10**

NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN Andri Tryggvason		24.04.23
CHK'D Dag Halvorsen		24.04.23
APPV'D Ming Kit Wong		
MFG		
Q.A		

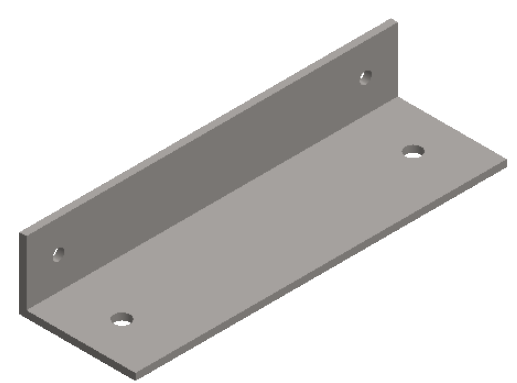
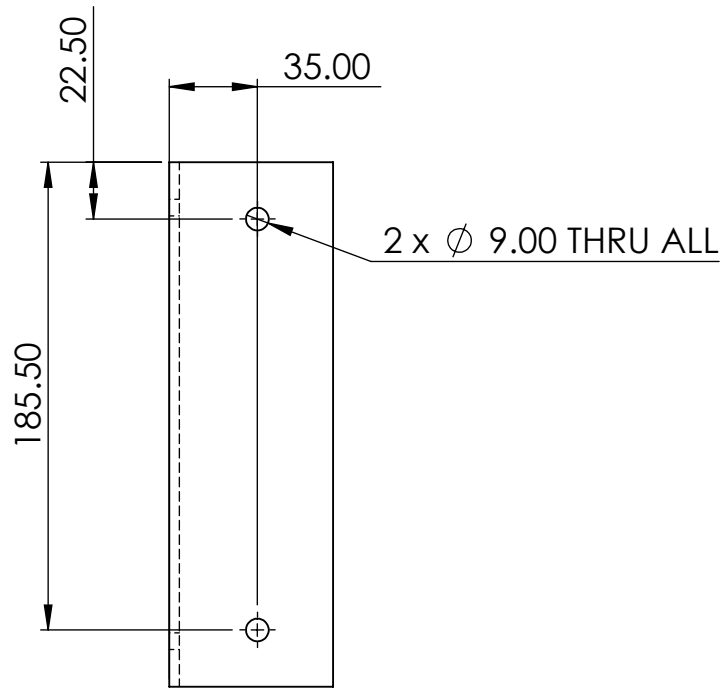
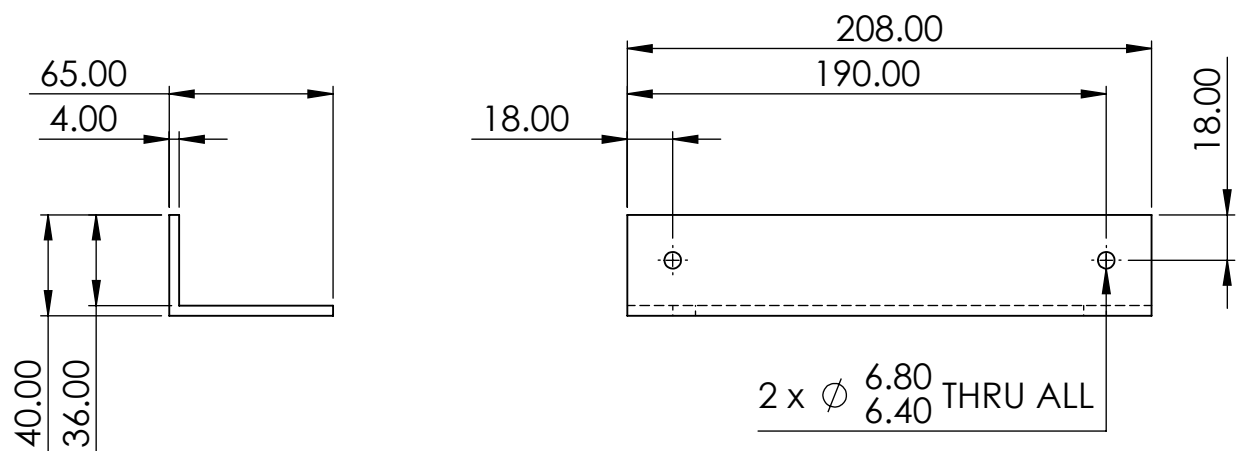


MATERIAL:  
**EN AW-6082T6**

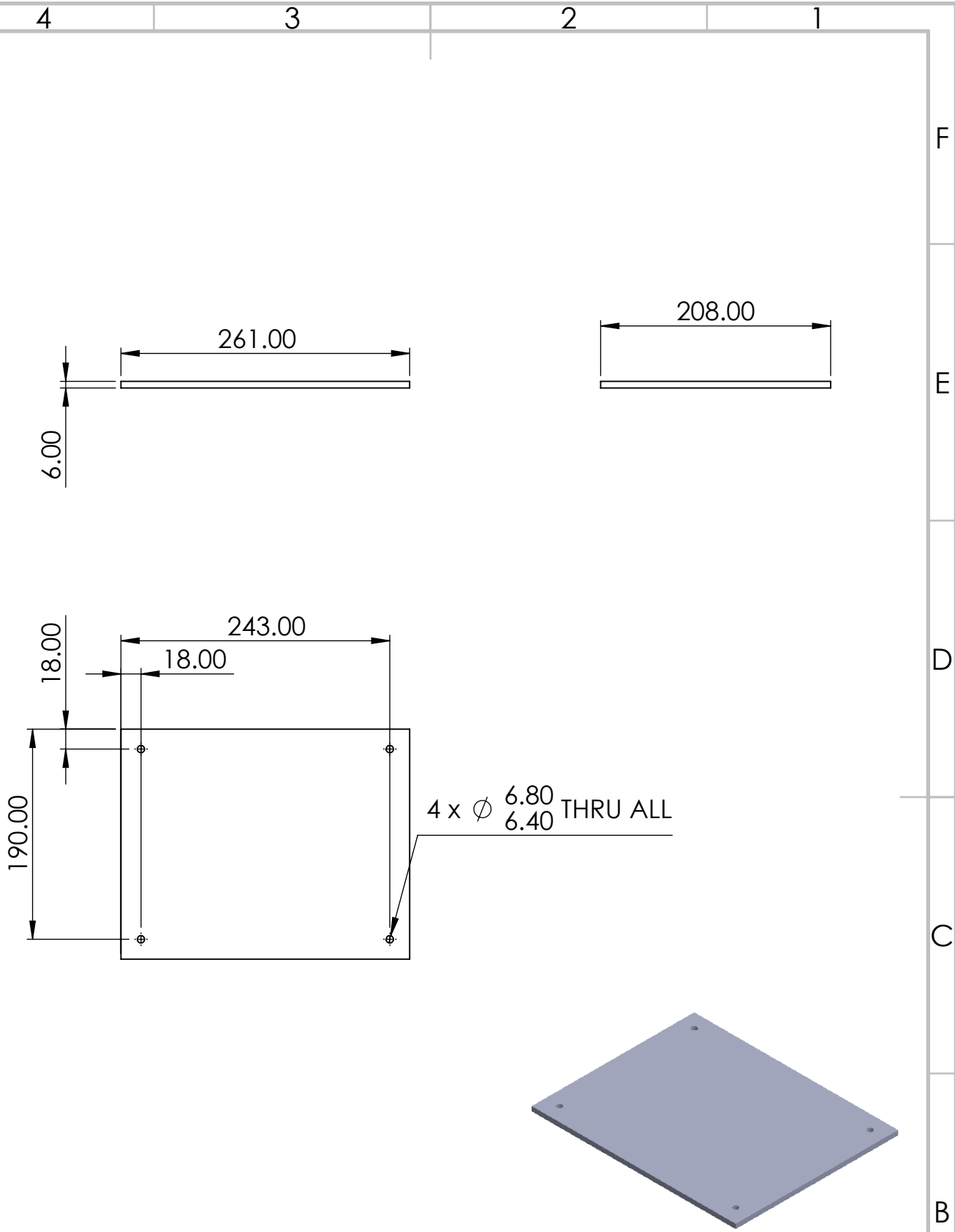
WEIGHT:

DWG NO. **Nedre aktuator støttepinne** A4

SCALE:1:1 SHEET 9 OF 11



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		SURFACE TREATMENT: <b>None</b>		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		Stock Dimension <b>L-profil 40x65</b>		Serienr <b>L01-09-R04</b>	
General tolerances for features without tolerance indications: <b>NS-ISO 2768-1-m</b>						Cut Length <b>208</b>		Qty <b>2</b>	
						Thickness <b>4</b>			
NAME		SIGNATURE		DATE					
DRAWN		Andri Tryggvason		24.04.23					
CHK'D		Dag Halvorsen		24.04.23					
APPV'D		Ming Kit Wong							
MFG									
Q.A						MATERIAL: <b>EN AW-6082T6</b>		DWG NO. <b>Aktuator bunnplatefeste</b>	
						WEIGHT:		SCALE:1:3	
								SHEET 10 OF 11	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		SURFACE TREATMENT: <b>None</b>		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		Stock Dimension <b>Sheet 261x208</b>		Serienr <b>L01-10-R02</b>	
General tolerances for features without tolerance indications: <b>NS-ISO 2768-1-m</b>						Cut Length		Qty <b>1</b>	Thickness <b>6</b>

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Andri Tryggvason		24.04.23
CHK'D	Dag Halvorsen		24.04.23
APPV'D	Ming Kit Wong		
MFG			
Q.A			



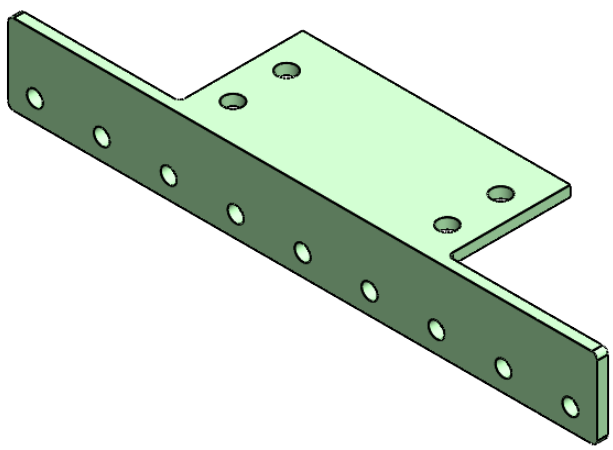
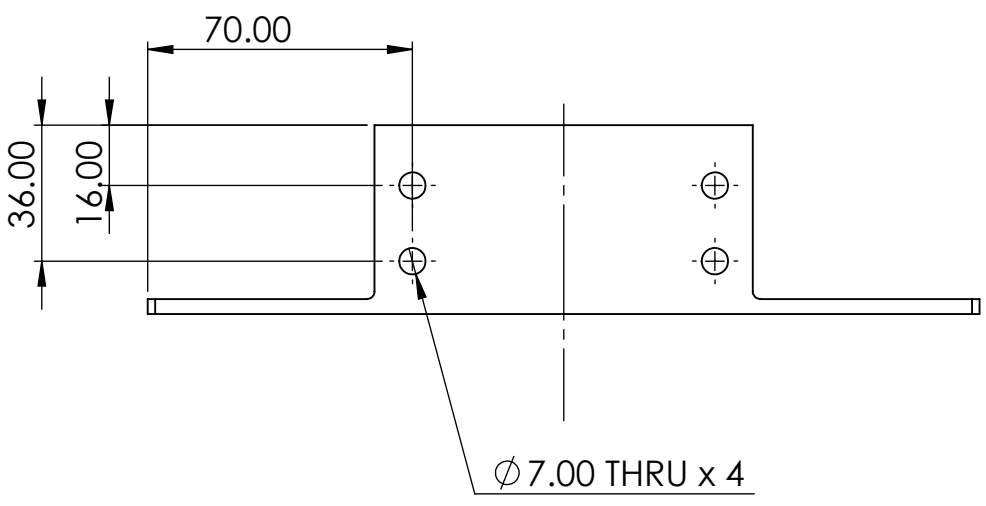
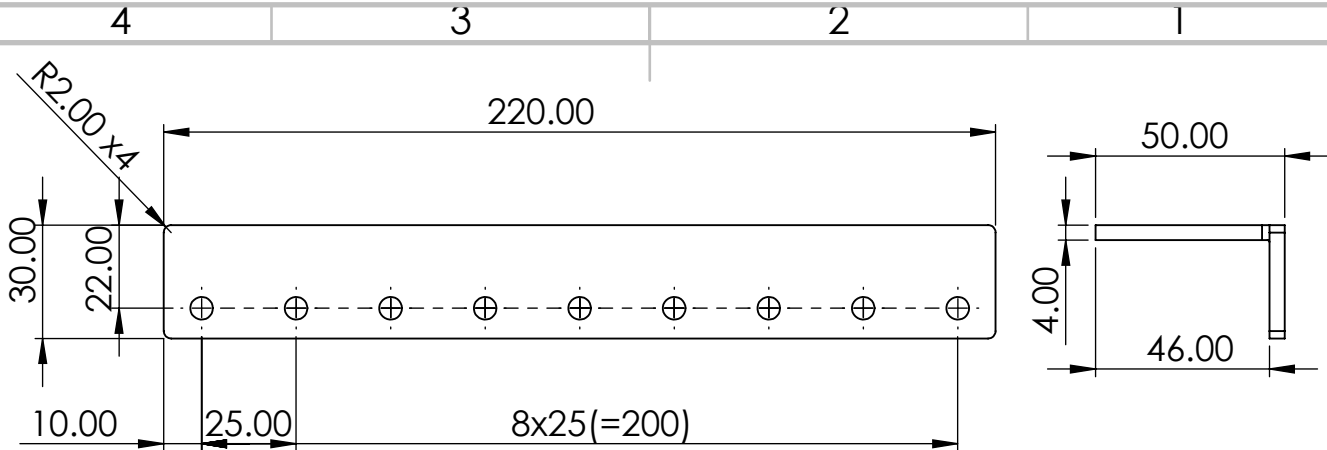
**HOLDT**  
Hull- og lekkasje deteksjons teknologi

MATERIAL: <b>EN AW-6082T6</b>	DWG NO. <b>Bunnplate</b>	<b>A4</b>
WEIGHT:	SCALE:1:5	SHEET 11 OF 11

## E.2 TRYKK MEKANISME

2D tegninger av trykk mekanismen.





UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS

SURFACE TREATMENT:  
**None**

DEBURR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

Stock Dimension **L-profil 50x30** Serienr **T01-R05**

General tolerances for features  
without tolerance indications:  
**NS-ISO 2768-1-m**

Cut Length **220** Qty **6** Thickness **4**

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Dag Halvorsen		26.04.23
CHK'D	Andri Tryggvason		26.04.23
APPV'D	Ming Kit Wong		
MFG			
Q.A			

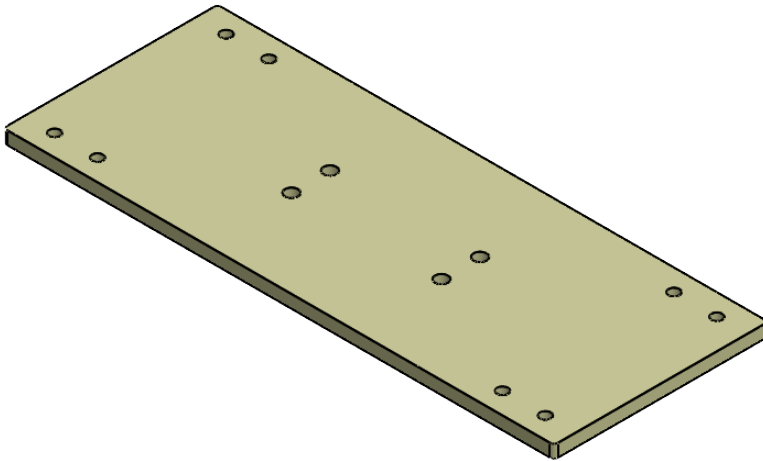
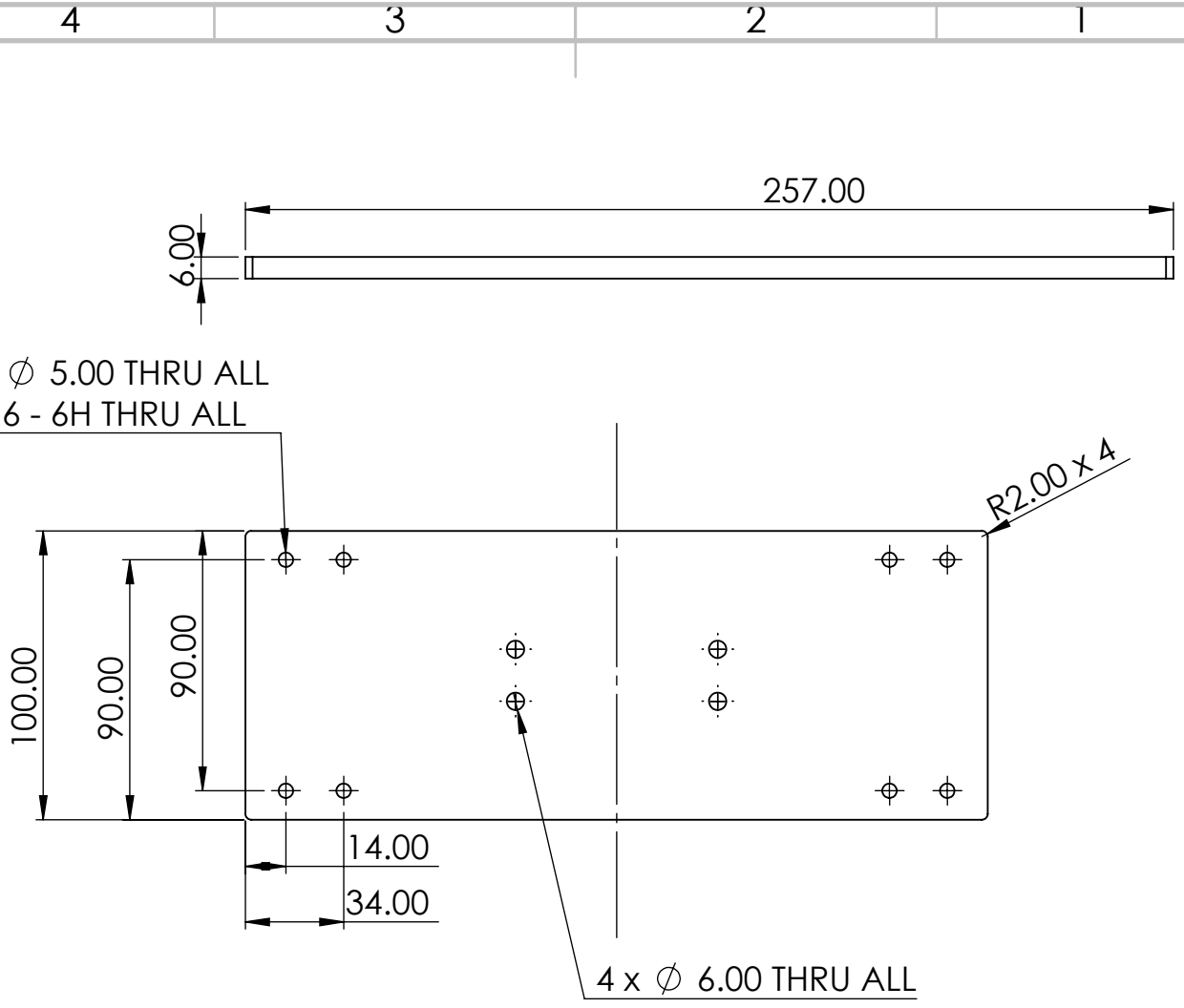


MATERIAL:  
**EN AW-6082T6**

DWG NO. **Rolle-holder** A4

WEIGHT:

SCALE: 1:2 SHEET 1 OF 4



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS

SURFACE TREATMENT:  
**None**

DEBURR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

Stock Dimension **Sheet 257x100** Serienr **T02-R05**

General tolerances for features  
without tolerance indications:  
**NS-ISO 2768-1-m**

Cut Length **257** Qty **3** Thickness **6**

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Dag Halvorsen		26.04.23
CHK'D	Andri Tryggvason		26.04.23
APPV'D	Ming Kit Wong		
MFG			
Q.A			

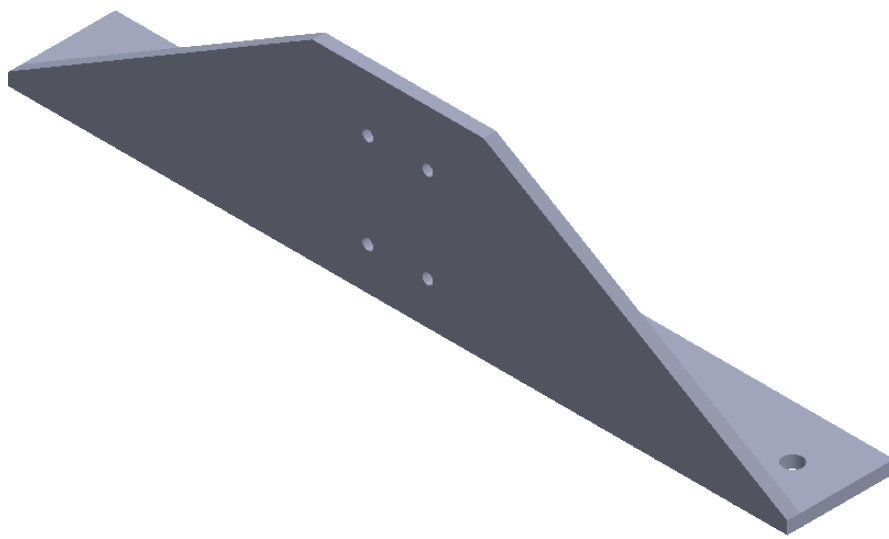
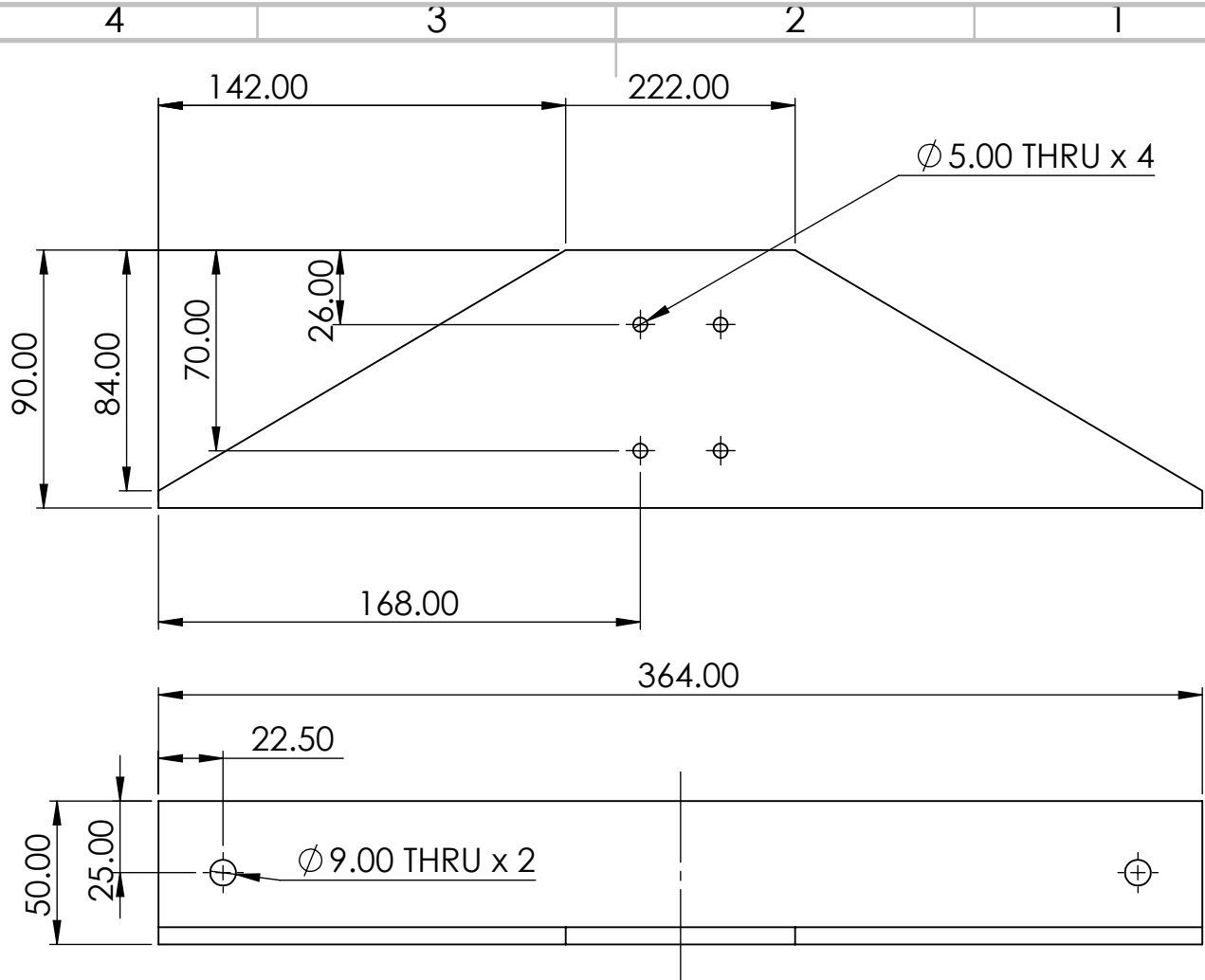



MATERIAL:  
**EN AW-6082T6**

DWG NO. **Rolle-plate** A4

WEIGHT:

SCALE:1:2.5 SHEET 2 OF 4



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		SURFACE TREATMENT: <b>None</b>		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		Stock Dimension <b>L-profil 100x50</b>		Serienr <b>T03-R01</b>	
General tolerances for features without tolerance indications: <b>NS-ISO 2768-1-m</b>						Cut Length <b>364</b>		Qty <b>6</b>	
						Thickness <b>6</b>			
NAME		SIGNATURE		DATE		 <p><b>HOLDT</b> Hull- og lekkasje deteksjons teknologi</p>			
DRAWN		Dag Halvorsen		26.04.23					
CHK'D		Andri Tryggvason		26.04.23					
APPV'D		Ming Kit Wong							
MFG									
Q.A						MATERIAL: <b>EN AW-6082T6</b>		DWG NO. <b>Sylinder-holder</b>	
						WEIGHT:		SCALE:1:2.5	
								SHEET 3 OF 4	

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

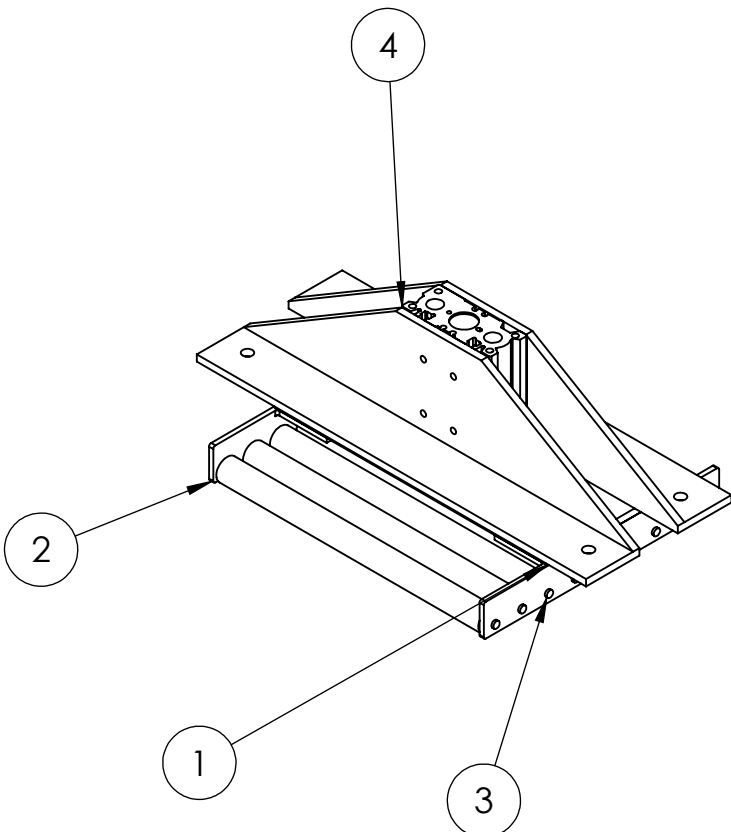
C

B

B

A

A



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	Plate-top-4		1
2	Side-plate-med-rulle		2
3	Rulle-o25		9
4	MGPM20-50Z_MGPZ_TUBE(20)-1		1
5	MGPM20-50Z_MGPZ_ROD(20M)		1
6	MGPM20-50Z_MGPZ_PLUG(Rc18)		2
7	Feste_loft		2

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS	SURFACE TREATMENT: <b>None</b>	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	Stock Dimension	<b>NA</b>	Seriennr	<b>Assy-T01</b>
General tolerances for features without tolerance indications: <b>NS-ISO 2768-1-m</b>			Cut Length	<b>Na</b>	Qty	<b>3</b>
			Thickness	<b>NA</b>		

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Dag Halvorsen		20.04.23
CHK'D	Andri Tryggvason		20.04.23
APPV'D	Ming Kit Wong		
MFG			
Q.A			



# HOLDOT

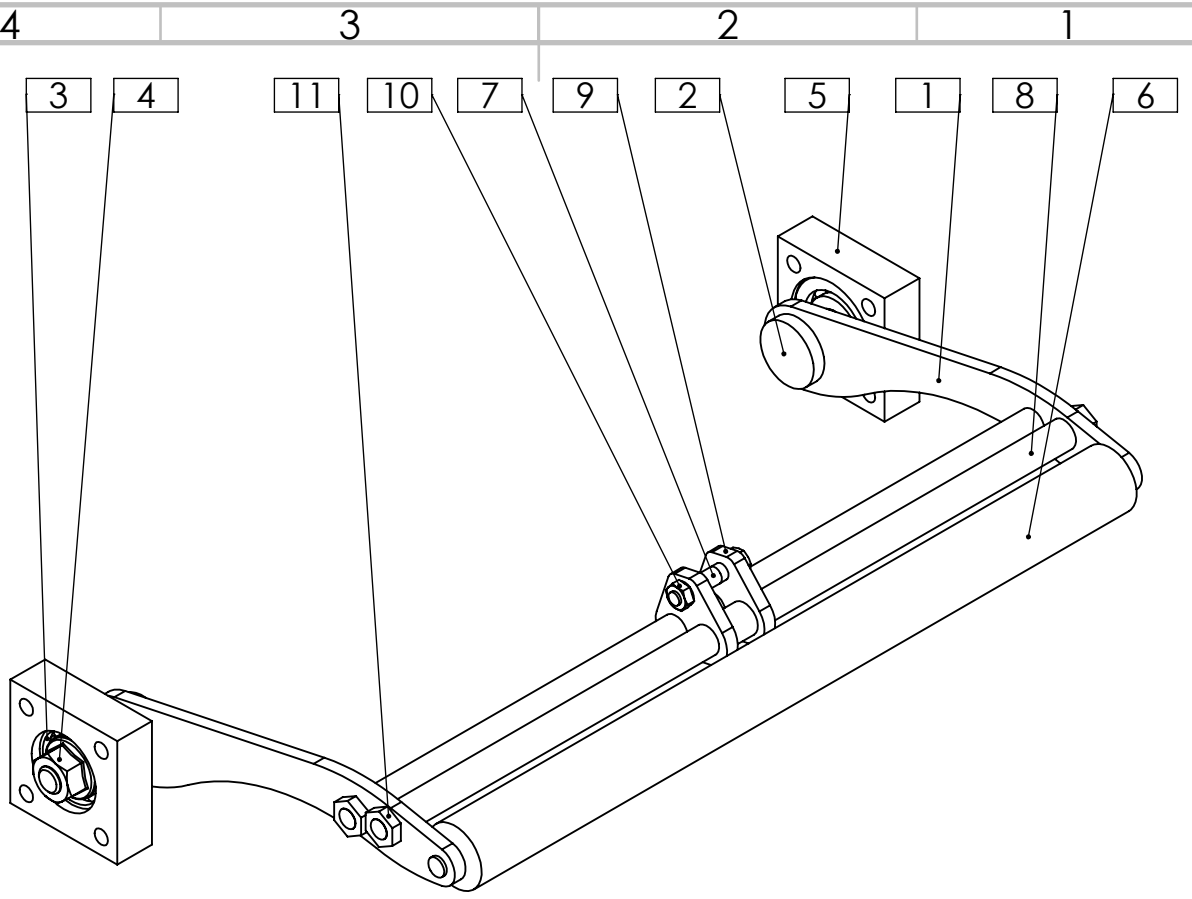
Hull- og lekkasje deteksjons teknologi

MATERIAL:	DWG NO.
<b>EN AW-6082T6</b>	<b>Assy</b>
WEIGHT:	SCALE: 1:5
	SHEET 4 OF 4

4 3 2 1

### E.3 VIPPEARM OG HØYDEMÅLER FESTE

2D tegninger av vippearms og høydemåler feste.



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	Vippearm	VI01-01	2
2	Lagerfeste	VI01-02	2
3	5972K101	Ball Bearing	2
4	ISO - 4161 - M8 - N		2
5	Høydemåler lagerhus	VI01-05	2
6	Rulle		1
8	Pott stang avstiver	VI01-03	2
9	pott stang kobling	VI01-04	2
10	ISO - 4032 - M4 - W - N		2
7	Pott stang	VI01-07	1
11	ISO - 4036 - M6 - N		4

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS

General tolerances for features  
without tolerance indications:  
**NS-ISO 2768-1-m**

SURFACE TREATMENT:  
**None**

DEBURR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

Stock Dimension  
Serienr **VI01**

Cut Length Qty **2** Thickness

NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN Andri Tryggvason		28.04.23
CHK'D Dag Halvorsen		28.04.23
APPV'D Ming Kit Wong		
MFG		
Q.A		

MATERIAL:

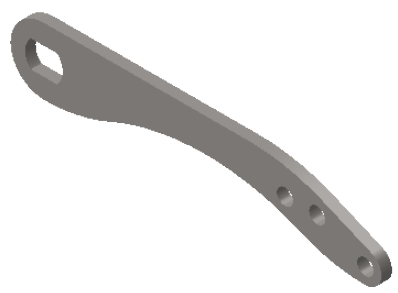
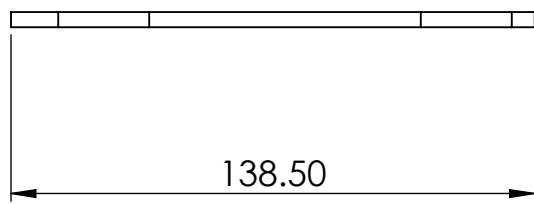
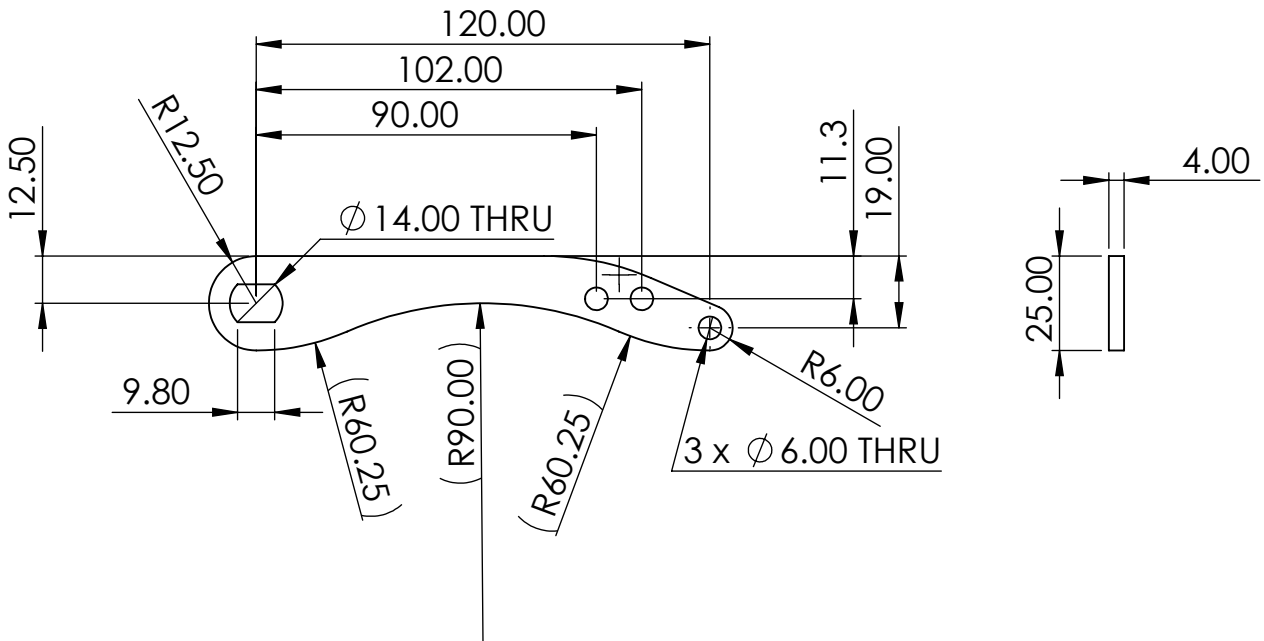
WEIGHT:


**HOLDT**  
Hull- og lekkasje deteksjons teknologi

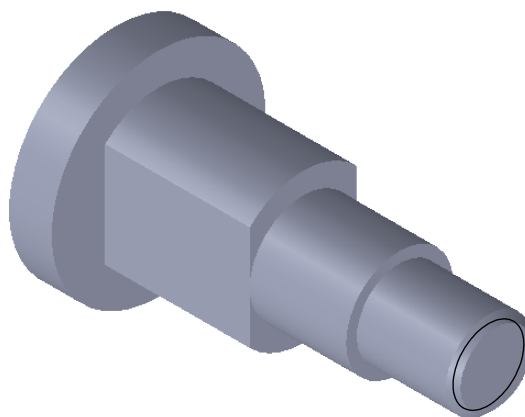
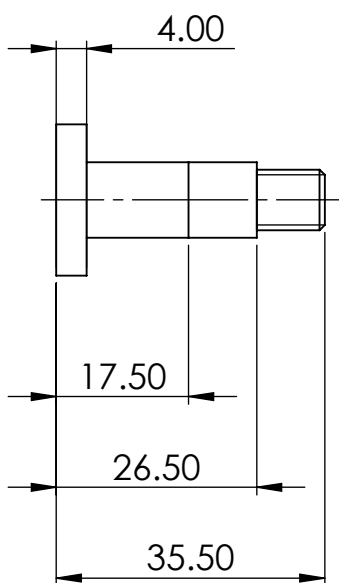
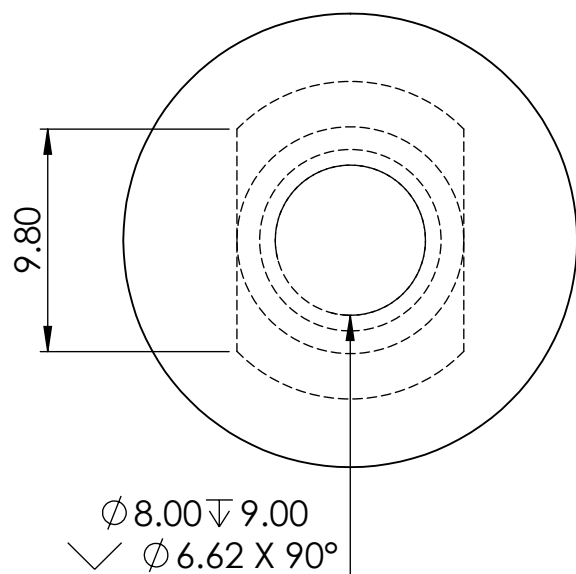
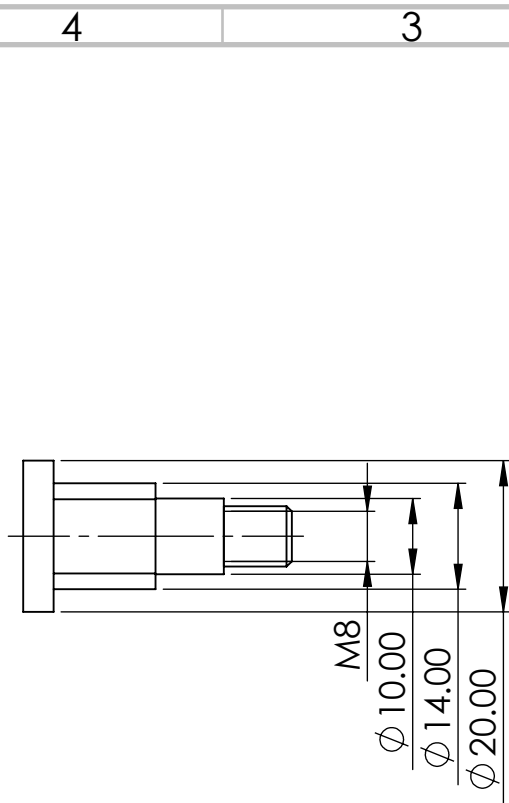
DWG NO. **VI01**

A4

SCALE:1:2 SHEET 1 OF 11



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		SURFACE TREATMENT: <b>None</b>		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		Stock Dimension <b>Sheet 138.5x25</b>		Serienr <b>VI01-01-R03</b>	
General tolerances for features without tolerance indications: <b>NS-ISO 2768-1-m</b>						Cut Length		Qty <b>4</b> Thickness <b>4</b>	
NAME		SIGNATURE		DATE		 <p><b>HOLDT</b> Hull- og lekkasje deteksjons teknologi</p>			
DRAWN		Andri Tryggvason		28.04.23					
CHK'D		Dag Halvorsen		28.04.23					
APPV'D		Ming Kit Wong							
MFG									
Q.A				MATERIAL: <b>AISI 303</b>		DWG NO. <b>Vippearm</b>		A4	
				WEIGHT:		SCALE:1:2		SHEET 2 OF 11	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS	SURFACE TREATMENT: None	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	Stock Dimension Aksling $\varnothing 20$	Serienr VI01-02-R02
General tolerances for features without tolerance indications: NS-ISO 2768-1-m			Cut Length 35.5	Qty 4
			Thickness $\varnothing 20$	

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Andri Tryggvason		26.04.23
CHK'D	Dag Halvorsen		26.04.23
APPV'D	Ming Kit Wong		
MFG			
Q.A			
		MATERIAL:	
		AISI 303	
		WEIGHT:	

**HOLDT**  
Hull- og lekkasje deteksjons teknologi

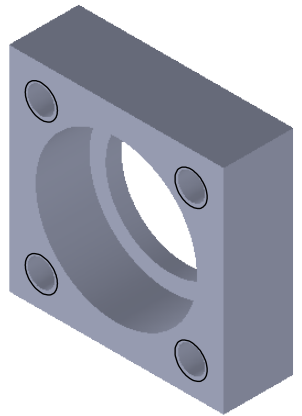
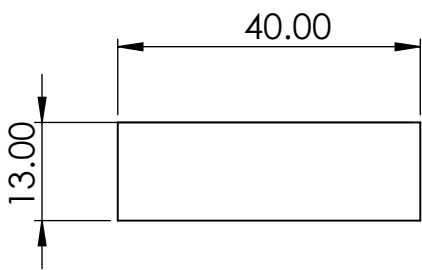
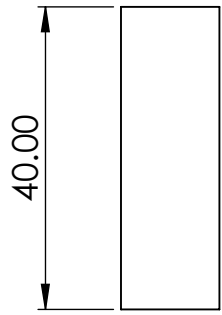
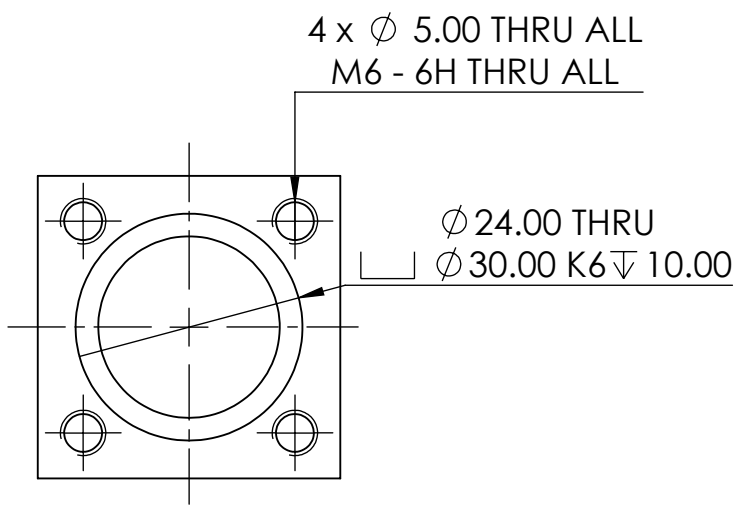
DWG NO. Lagerfeste


A4

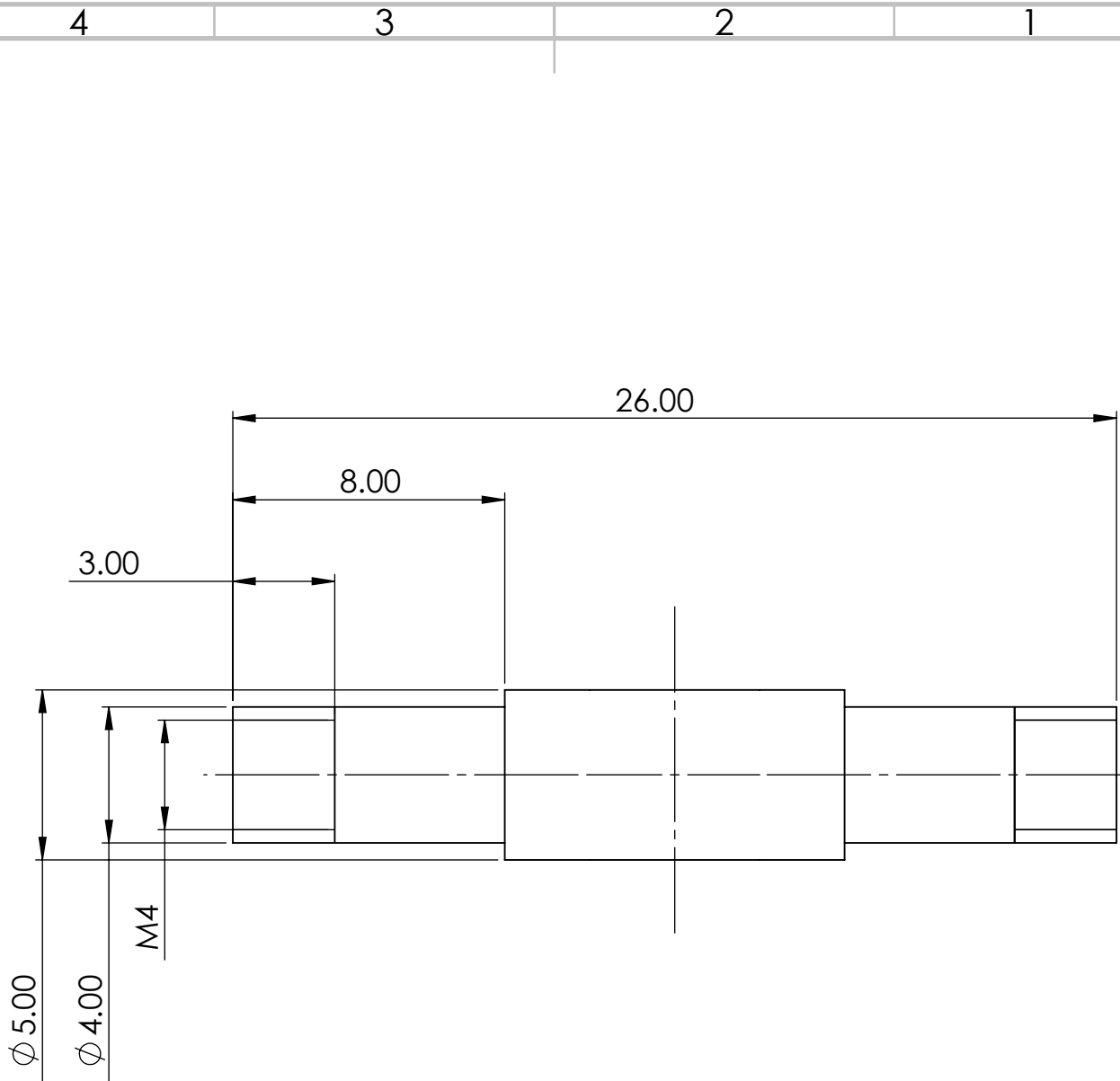
SCALE:1:1

SHEET 3 OF 11





UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		SURFACE TREATMENT: <b>None</b>		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		Stock Dimension <b>40x40x13</b>		Serienr <b>VI01-05-R02</b>	
General tolerances for features without tolerance indications: <b>NS-ISO 2768-1-m</b>						Cut Length		Qty <b>4</b> Thickness <b>13</b>	
NAME		SIGNATURE		DATE		 <p><b>HOLDT</b> Hull- og lekkasje deteksjons teknologi</p>			
DRAWN		Andri Tryggvason		26.04.23					
CHK'D		Dag Halvorsen		26.04.23					
APPV'D		Ming Kit Wong							
MFG									
Q.A				MATERIAL:		DWG NO.		A4	
				<b>EN AW-6082T6</b>		<b>Lagerhus</b>			
				WEIGHT:		SCALE:1:1		SHEET 4 OF 11	



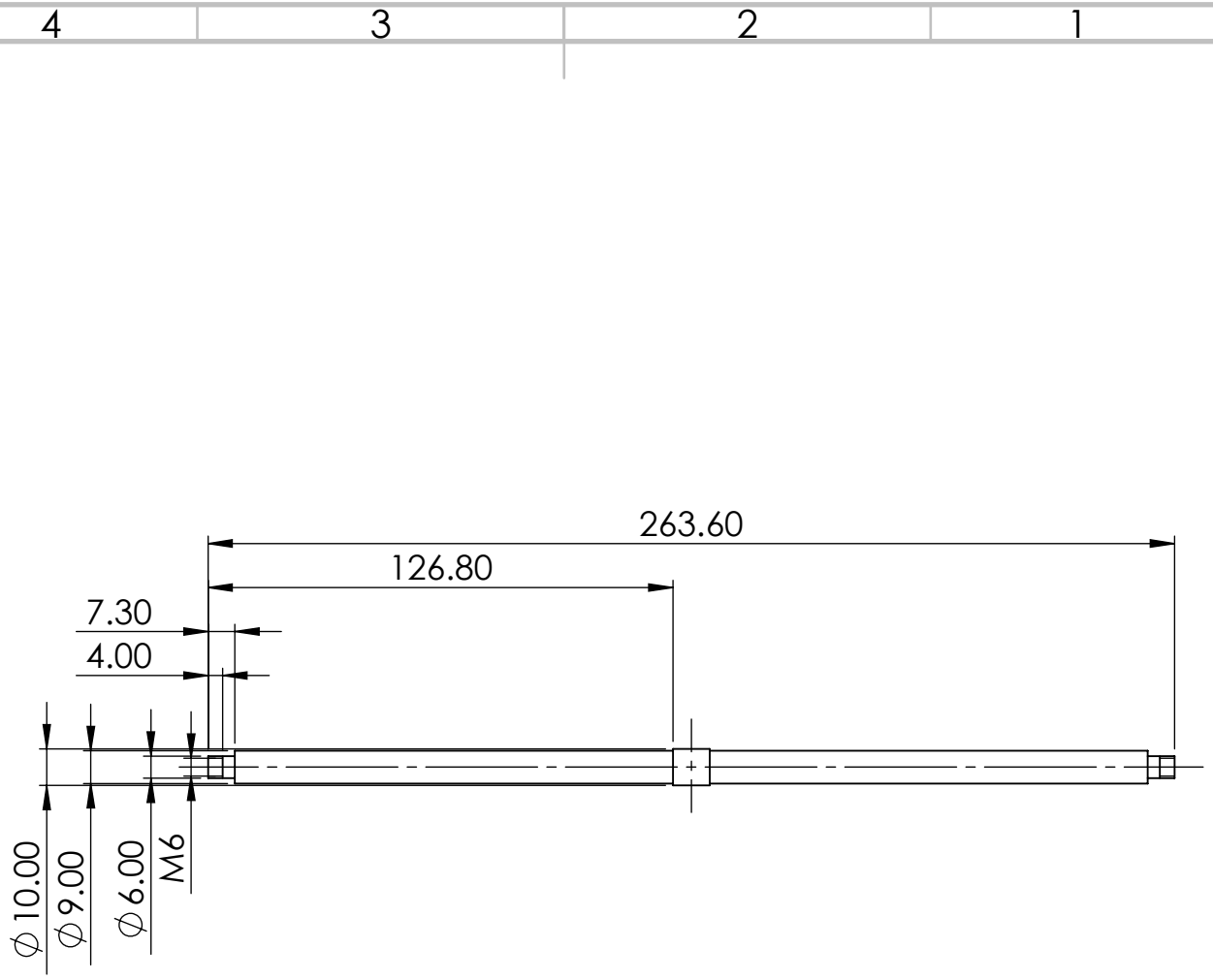
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS	SURFACE TREATMENT: <b>None</b>	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	Stock Dimension <b>Aksling Ø5</b>	Serienr <b>VI01-07-R03</b>
General tolerances for features without tolerance indications: <b>NS-ISO 2768-1-m</b>			Cut Length <b>26</b>	Qty <b>2</b>
			Thickness <b>Ø5</b>	

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Andri Tryggvason		28.04.23
CHK'D	Dag Halvorsen		28.04.23
APPV'D	Ming Kit Wong		
MFG			
Q.A			

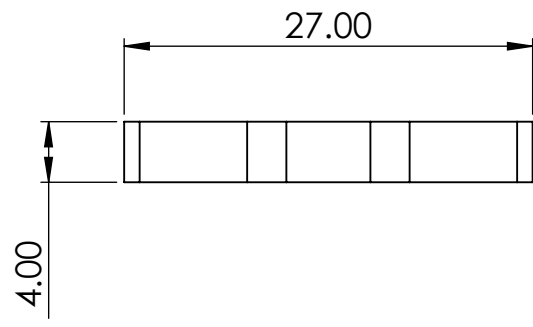
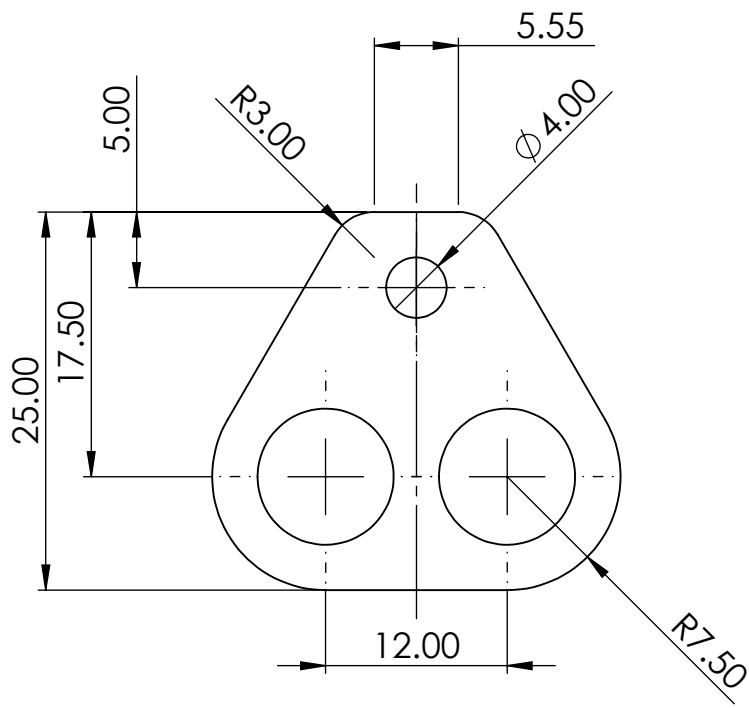


**HOLDT**  
Hull- og lekkasje deteksjons teknologi

MATERIAL: <b>AISI 303</b>	DWG NO. <b>Pott stang</b>	<b>A4</b>
WEIGHT:	SCALE:5:1	SHEET 5 OF 11



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		SURFACE TREATMENT: <b>None</b>		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		Stock Dimension <b>Aksling Ø10</b>		Serienr <b>VI01-03</b>	
General tolerances for features without tolerance indications: <b>NS-ISO 2768-1-m</b>						Cut Length <b>263.6</b>		Qty <b>4</b>	
						Thickness <b>Ø10</b>			
NAME		SIGNATURE		DATE					
DRAWN		Andri Tryggvason		28.04.23					
CHK'D		Dag Halvorsen		28.04.23					
APPV'D		Ming Kit Wong							
MFG									
Q.A.				MATERIAL: <b>AISI 303</b>		DWG NO. <b>Pott stang avstiver</b>		A4	
				WEIGHT:		SCALE:1:2		SHEET 6 OF 11	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		SURFACE TREATMENT: <b>None</b>		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		Stock Dimension <b>Plate 27x25</b>		Serienr <b>VI01-04</b>	
General tolerances for features without tolerance indications: <b>NS-ISO 2768-1-m</b>						Cut Length		Qty <b>4</b>	Thickness <b>4</b>
NAME		SIGNATURE		DATE		 <b>HOLDT</b> Hull- og lekkasje deteksjons teknologi			
DRAWN		Andri Tryggvason		28.04.23					
CHK'D		Dag Halvorsen		28.04.23					
APPV'D		Ming Kit Wong							
MFG									
Q.A				MATERIAL: <b>AISI 303</b>		DWG NO. <b>Pott stang kobling</b>		A4	
				WEIGHT:		SCALE:5:1		SHEET 7 OF 11	

4 3 2 1

F

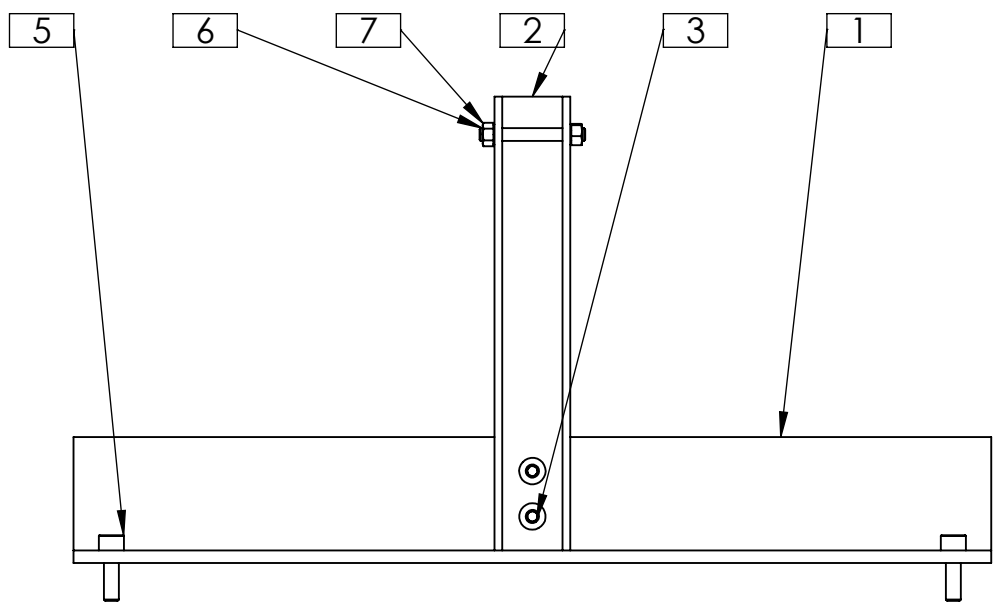
F

E

E

D

D



C

C

B

B

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	L-profil	HF01-01	1
2	U-profil	HF01-02	1
3	ISO 7380 - M6 x 16 - 16N		2
4	ISO - 4032 - M6 - W - N		2
5	ISO 4762 M6 x 20 - 20N		4
6	Høydemåler toppfeste	HF01-06	1
7	ISO - 4032 - M5 - W - N		2

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS

SURFACE TREATMENT:  
**None**

DEBURR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

Stock  
Dimension

Seriennr **HF01**

General tolerances for features  
without tolerance indications:  
**NS-ISO 2768-1-m**

Cut Length	Qty <b>2</b>	Thickness
------------	--------------	-----------

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Andri Tryggvason		24.04.23
CHK'D	Dag Halvorsen		24.04.23
APPV'D	Ming Kit Wong		
MFG			
Q.A			



# HOLDT

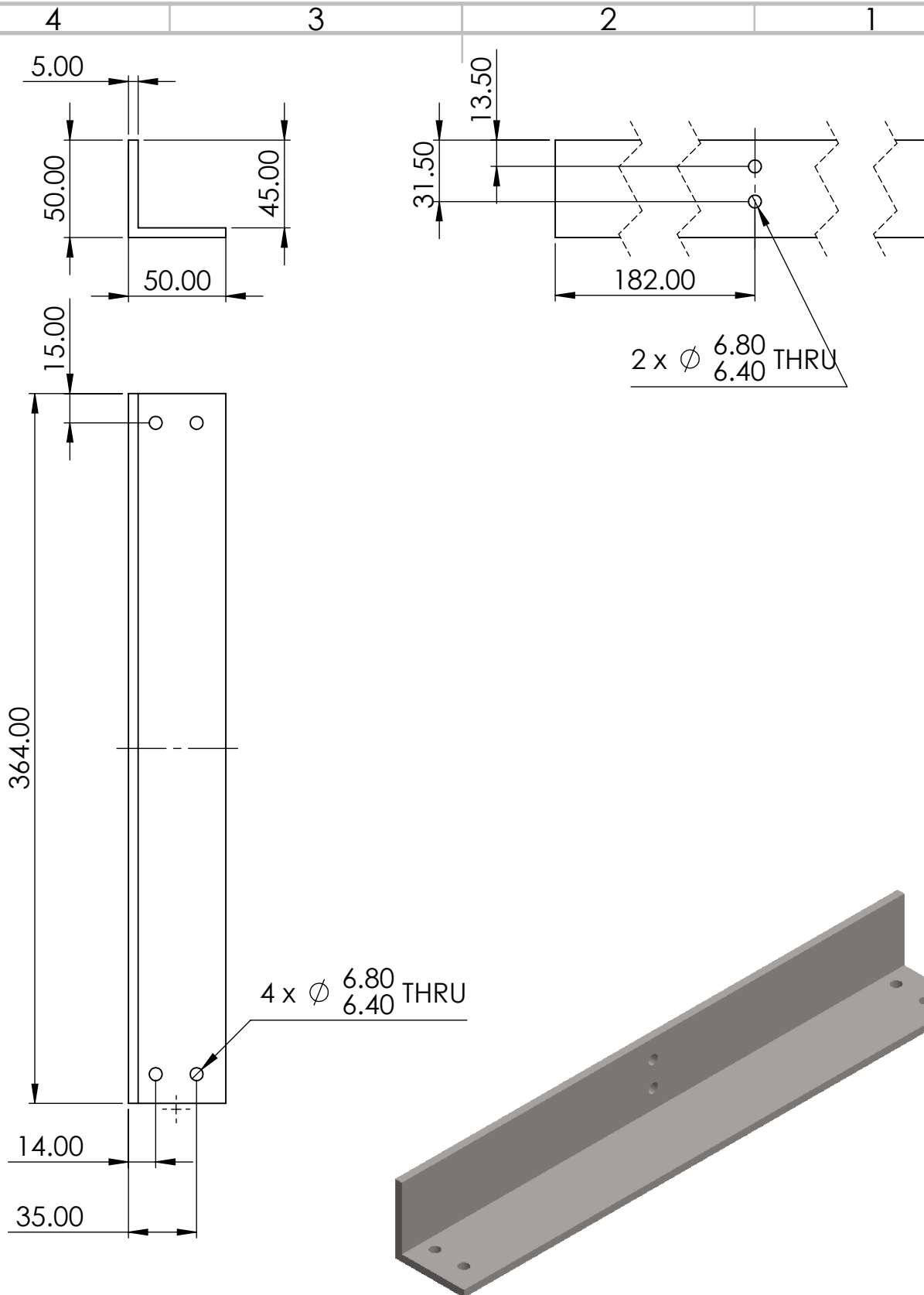
Hull- og lekkasje deteksjons teknologi

DWG NO.	<b>HF01</b>	A4
SCALE: 1:3		SHEET 8 OF 11

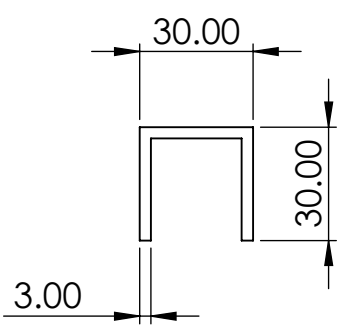
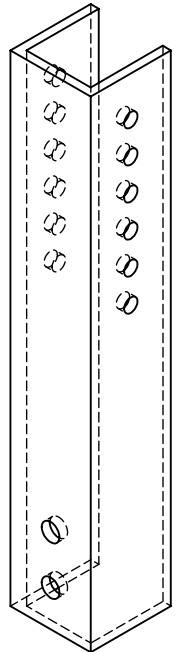
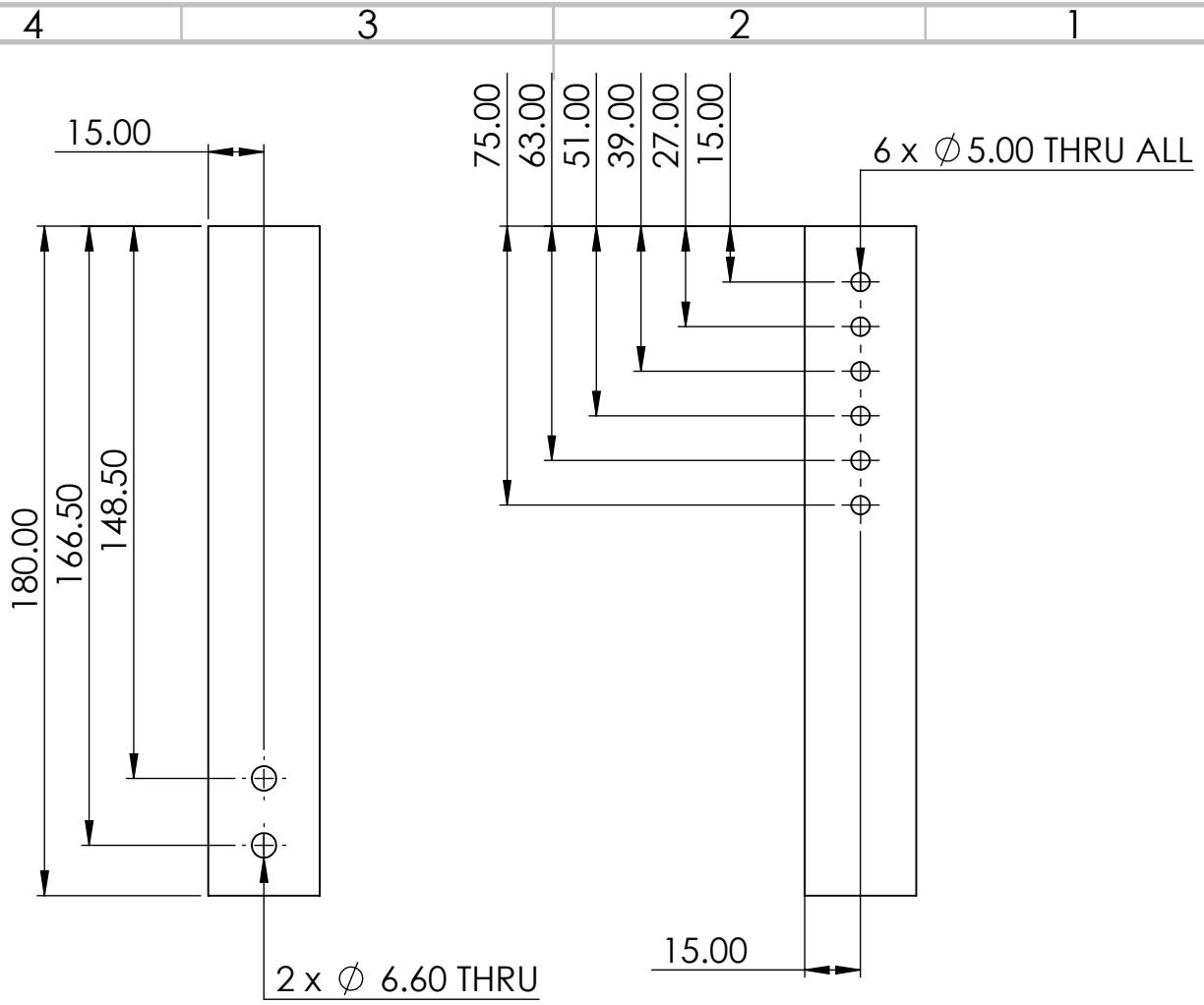
A


A

4 3 2 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		SURFACE TREATMENT: None		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		Stock Dimension L-profil 50x50		Serienr HF01-01-R04	
General tolerances for features without tolerance indications: NS-ISO 2768-1-m						Cut Length 364		Qty 2	
						Thickness 5			
NAME		SIGNATURE		DATE		 <b>HOLDOT</b> Hull- og lekkasje deteksjons teknologi			
DRAWN Andri Tryggvason				26.04.23					
CHK'D Dag Halvorsen				26.04.23					
APPV'D Ming Kit Wong									
MFG									
Q.A						MATERIAL: EN AW-6082T6		DWG NO. L-profil feste	
						WEIGHT:		SCALE:1:3	
								SHEET 9 OF 11	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		SURFACE TREATMENT: None		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		Stock Dimension U-profil 30x30x30		Serienr HF01-02-R02	
General tolerances for features without tolerance indications: NS-ISO 2768-1-m						Cut Length 170		Qty 2	
						Thickness 3			
NAME		SIGNATURE		DATE		 <b>HOLDT</b> Hull- og lekkasje deteksjons teknologi			
DRAWN		Andri Tryggvason		26.04.23					
CHK'D		Dag Halvorsen		26.04.23					
APPV'D		Ming Kit Wong							
MFG									
Q.A				MATERIAL:		DWG NO.		A4	
				EN AW-6082T6		U-profil feste			
				WEIGHT:		SCALE: 1:2		SHEET 10 OF 11	

4 3 2 1

F

F

E

E

D

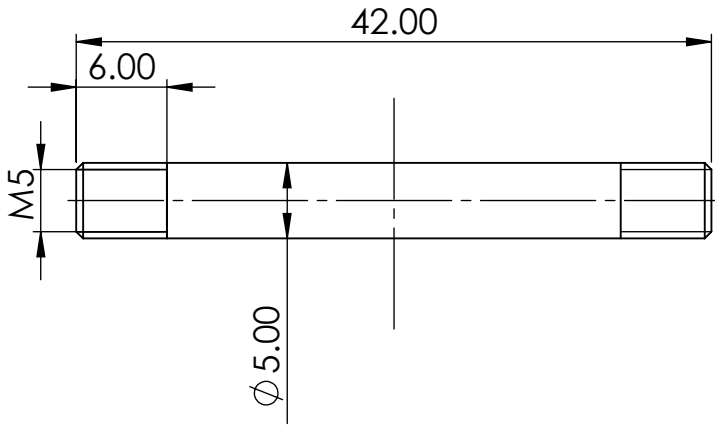
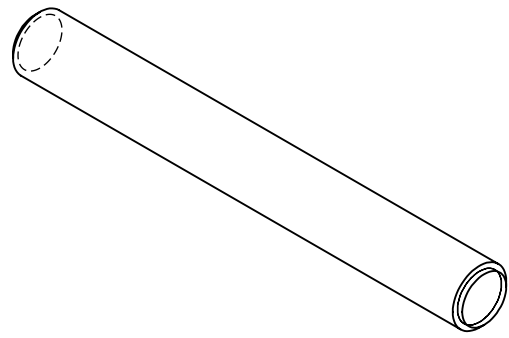
D

C

C

B

B



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS

SURFACE TREATMENT:  
**None**

DEBURR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

Stock  
Dimension

**Aksling Ø5**

Serienr **HF01-06-R02**

General tolerances for features  
without tolerance indications:  
**NS-ISO 2768-1-m**

Cut  
Length

**42**

Qty **2**

Thickness

**Ø5**

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Andri Tryggvason		26.04.23
CHK'D	Dag Halvorsen		26.04.23
APPV'D	Ming Kit Wong		
MFG			
Q.A			



MATERIAL:  
**AISI 303**

DWG NO.

**Toppfeste**

A4

WEIGHT:

SCALE:2:1

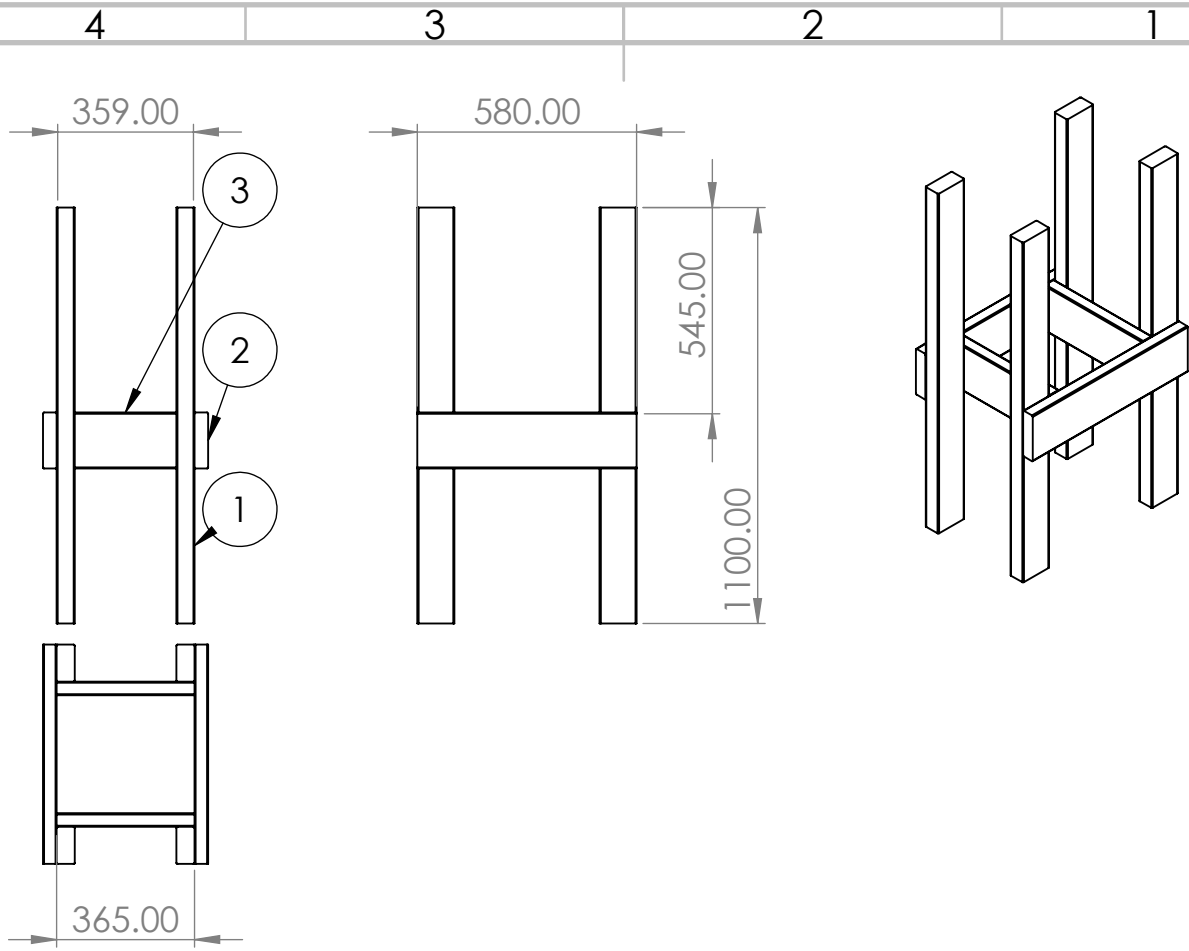
SHEET 11 OF 11

4 3 2 1

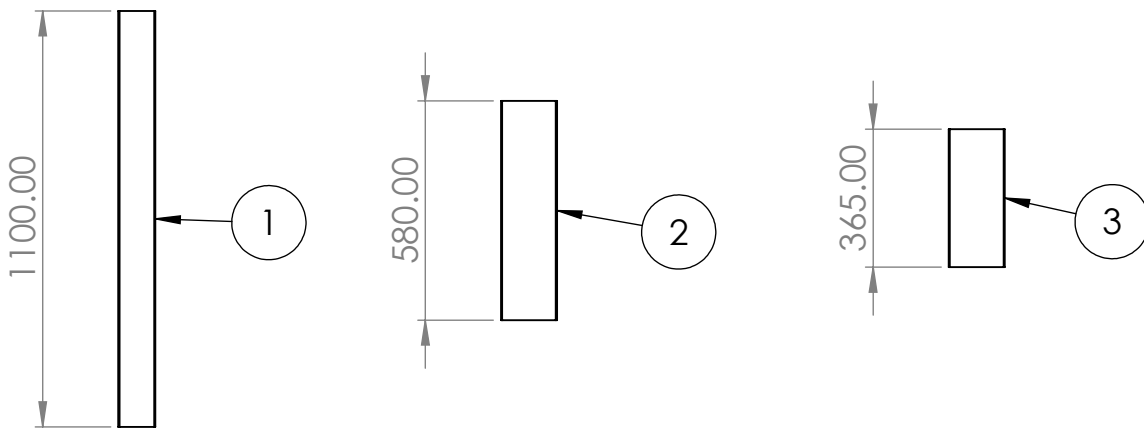


## E.4 BEIN

2D tegninger av bein.



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	48x98x1100	Artikkelnummer: 54313798	4
2	36x148x580	Artikkelnummer: 54185176	2
3	36x148x365	Artikkelnummer: 54185176	2

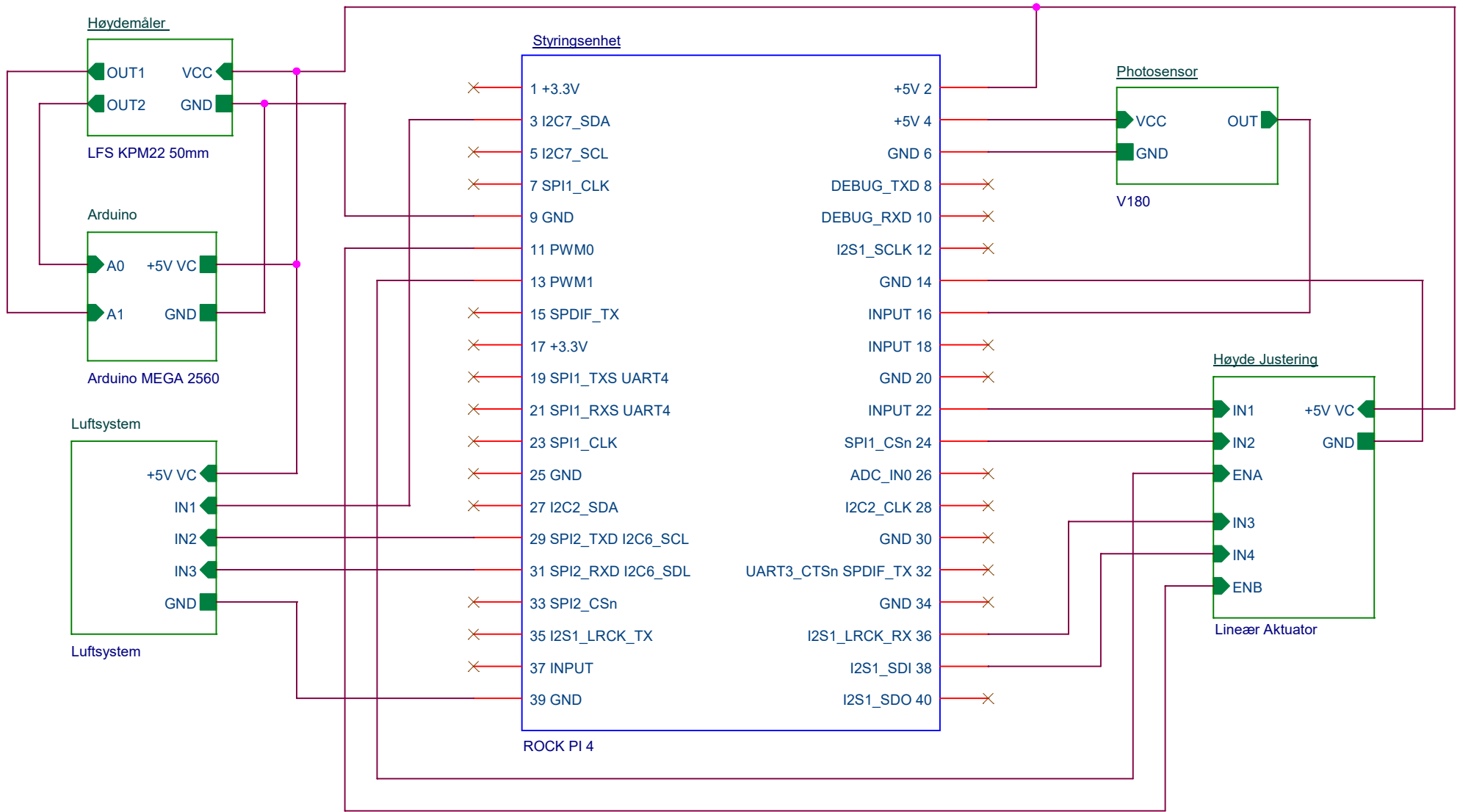


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		SURFACE TREATMENT: As is		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		Stock Dimension		REVISION 1.0	
General tolerances for features without tolerance indications: <b>NS-ISO 2768-1-m</b>						Cut Length		Qty 1	
NAME		SIGNATURE		DATE		 <b>HOLDOT</b> Hull- og lekkasje deteksjons teknologi			
DRAWN		Andri Tryggvason		19.04.23					
CHK'D		Dag Halvorsen		19.04.23					
APPV'D									
MFG									
Q.A				MATERIAL: Gran		DWG NO. Bein		A4	
				WEIGHT:		SCALE:1:20		SHEET 1 OF 1	

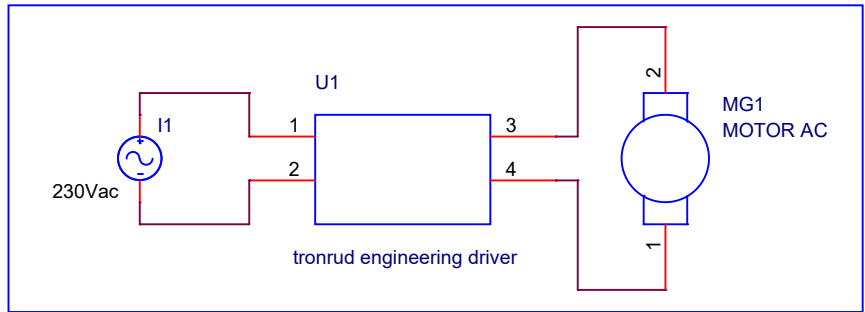
## KOBLINGSSKJEMA AV PROTOTYPE

---

### F.1 KOBLINGSSKJEMA TIL SYSTEMET MED ROCK PI 4



Motor til innløpsbånd



HOLDT / University of South-Eastern Norway  
 Javier Sossa - Mehdi Chamran  
 Postboks 235  
 3603 Kongsberg  
 Norway

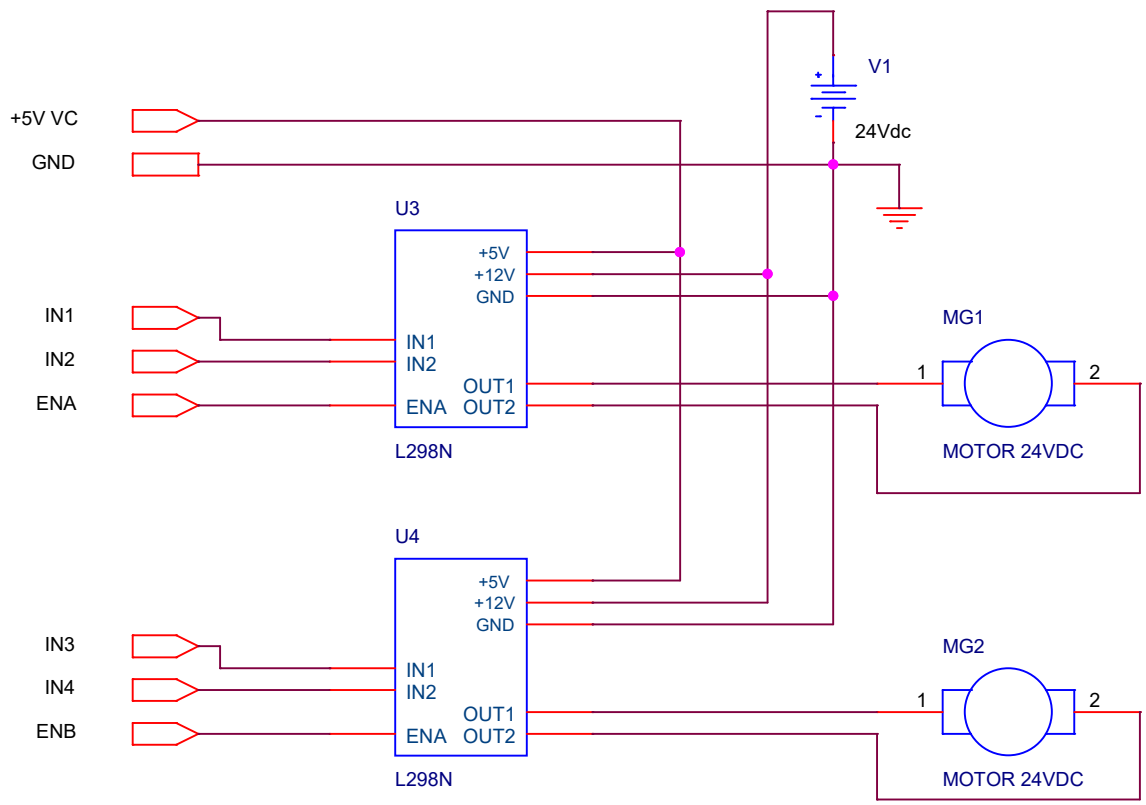
**USN HOLDT**  
 Hull- og lekkasje deteksjons teknologi

Title: SRRP Koblingskjema

Size A	Document Number 1	Rev JM
--------	-------------------	--------

Date: Sunday, May 14, 2023 | Sheet 1 of 9

## F.2 HØYDEJUSTERING

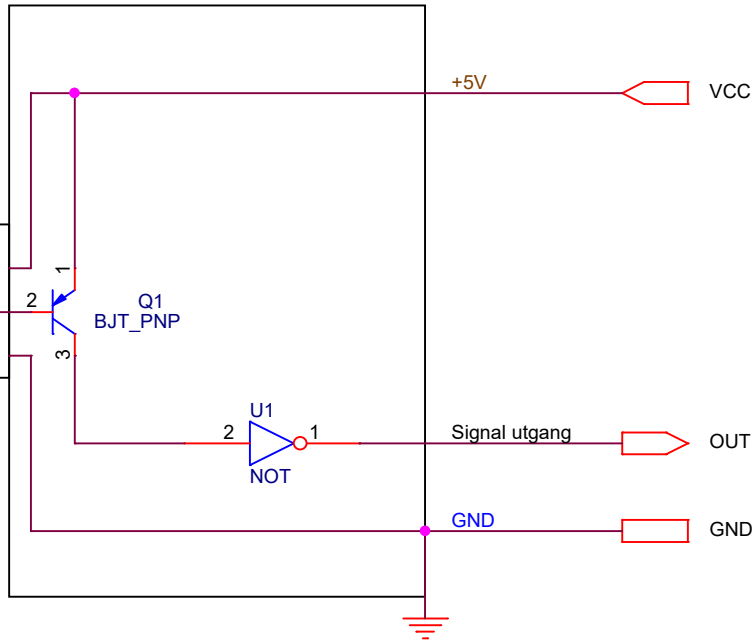
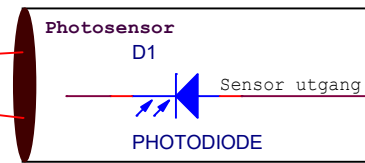
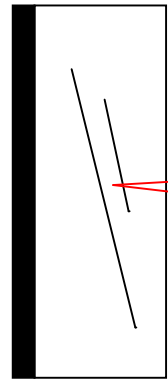


HOLDT / University of South-Eastern Norway  
 Javier Sossa - Mehdi Chamran  
 Postboks 235  
 3603 Kongsberg  
 Norway



Title		
Høydejustering		
Size	Document Number	Rev
A	1	JM
Date:	Friday, May 12, 2023	Sheet 3 of 9

## F.3 FOTOCELLE



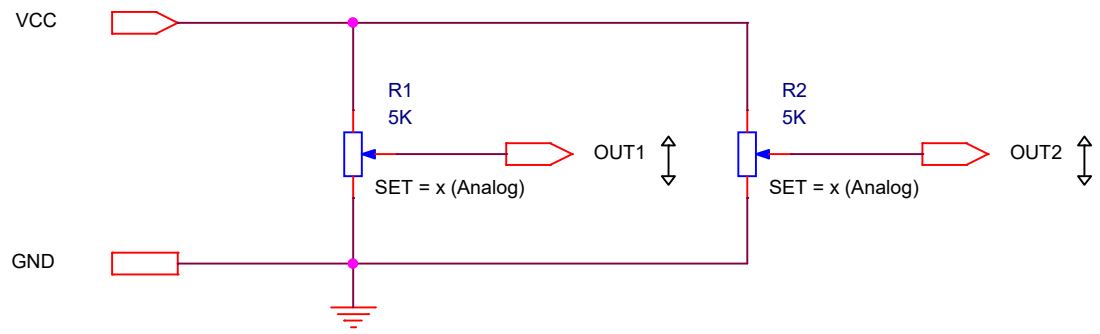
HOLDT / University of South-Eastern Norway  
Javier Sossa - Mehdi Chamran  
Postboks 235  
3603 Kongsberg  
Norway



Title		
Photosensor		
Size	Document Number	Rev
A	1	JM
Date:	Friday, May 12, 2023	Sheet 2 of 9



## F.4 HØYDEMÅLER

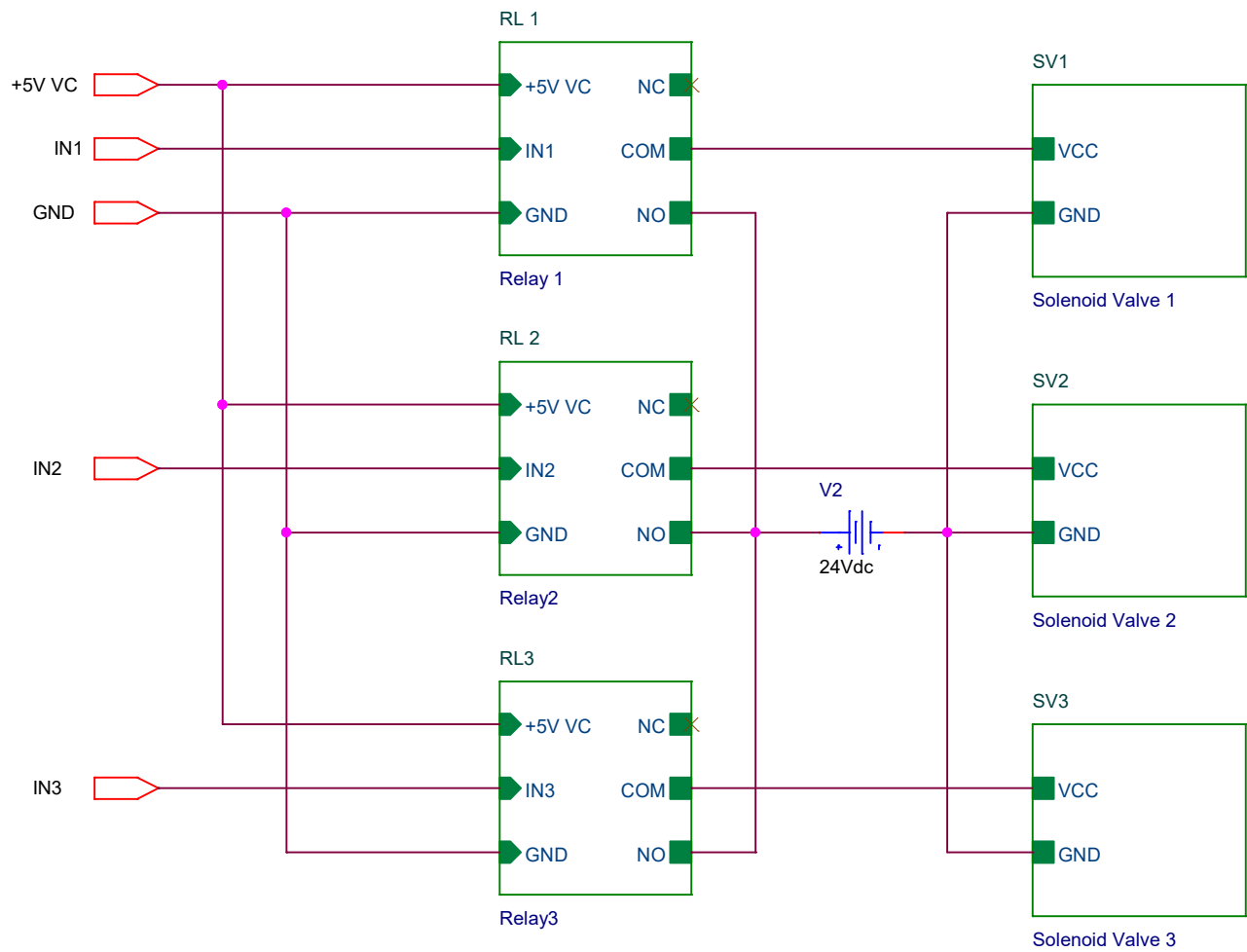


HOLDT / University of South-Eastern Norway  
 Javier Sossa - Mehdi Chamran  
 Postboks 235  
 3603 Kongsberg  
 Norway




Title		
Høydemåler		
Size	Document Number	Rev
A	1	JM
Date:	Friday, May 12, 2023	Sheet 4 of 9

## F.5 LUFTSYSTEM



University of South-Eastern Norway  
 Javier Sossa - Mehdi Chamran  
 Postboks 235  
 3603 Kongsberg  
 Norway



Hull- og lekkasje deteksjons teknologi

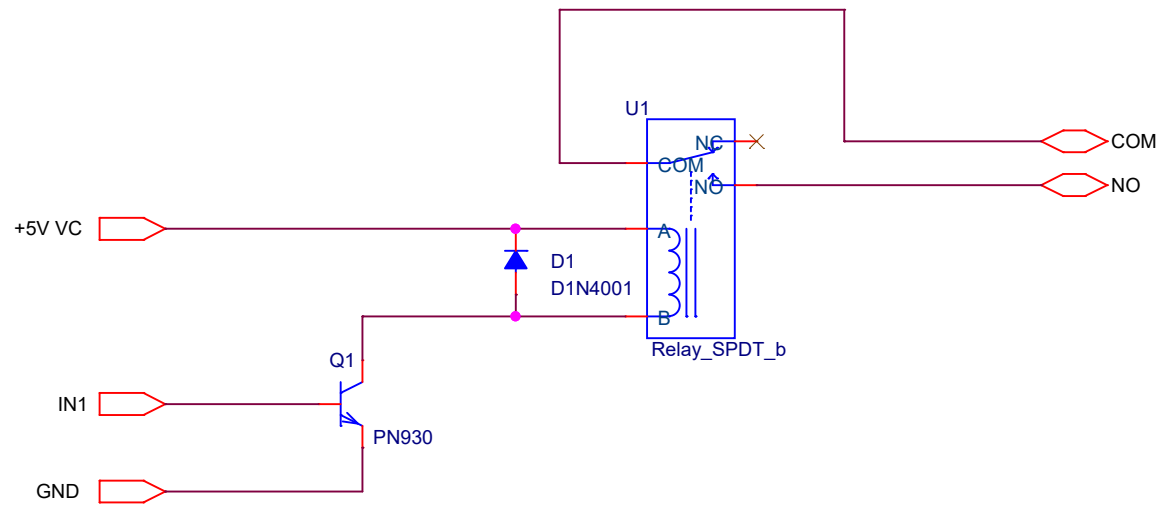
---

Title  
Luftsystem

Size A	Document Number 1	Rev JS
-----------	----------------------	-----------

Date: Friday, May 12, 2023      Sheet 5 of 9

### F.5.1 Relé



University of South-Eastern Norway  
 Javier Sossa - Mehdi Chamran  
 Postboks 235  
 3603 Kongsberg  
 Norway

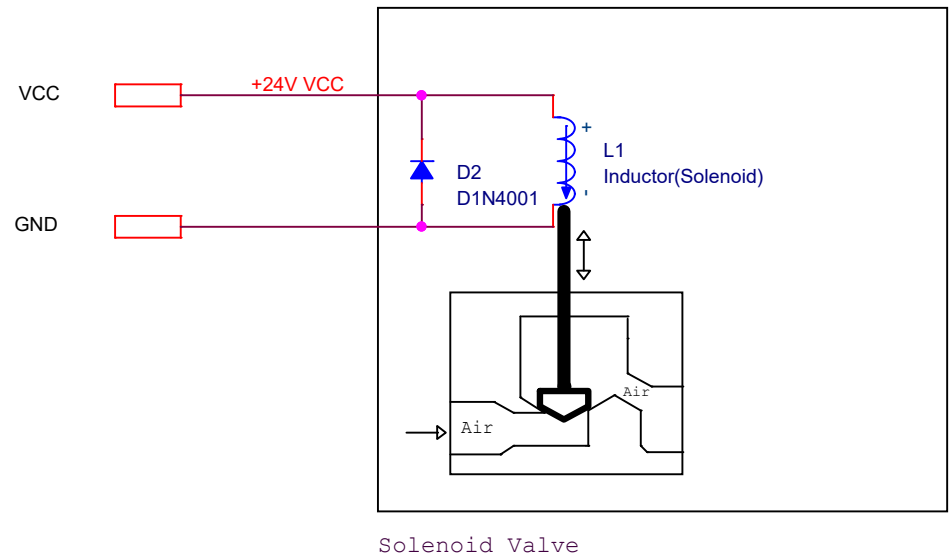
**ISN**  
**HOLDT**  
 Hull- og lekkasje deteksjons teknologi

Title  
 Relé

Size	Document Number	Rev
A	1	JS

Date: Friday, May 12, 2023 Sheet 6 of 9

## F.5.2 Solenoid Ventil



University of South-Eastern Norway  
 Javier Sossa - Mehdi Chamran  
 Postboks 235  
 3603 Kongsberg  
 Norway



Title		
Solenoid Vifte		
Size	Document Number	Rev
A	1	JS
Date:	Monday, May 15, 2023	Sheet 9 of 9



### G.1 ROLLER

Hvert gruppedlem har blitt tildelt spesifikke roller som må gjennomføres i prosjektet.

#### G.1.1 Andri Viðar Tryggvason

1. Prosjektleder
2. Produkteier

#### G.1.2 Dag Henning Halvorsen

- Produksjonsansvarlig
- Prototypeansvarlig

#### G.1.3 Eskild Svennungsen

- Økonomiansvarlig
- Programvareansvarlig

#### G.1.4 Kristoffer Solheim

- Systemingeniør
- Kommunikasjonsansvarlig

#### G.1.5 Mehdi Chamran

- Dokumentasjonsansvarlig
- Risikoansvarlig

#### G.1.6 Javier Alvarez Sossa

- Testansvarlig
- Maskinvareansvarlig

## G.2 ARBEIDSFORDELING

## Medforfattererklæring - bacheloroppgave

Dette skjemaet skal fylles ut og signeres av alle studentene i prosjektgruppen. Ferdig utfylt og signert skjema skal ligge som et vedlegg i rapporten.

<b>Tittel på oppgaven</b>	HOLDT – Hull- og lekkasje deteksjons teknologi
<b>Veileder fra USN</b>	Elisabet Syverud

**Beskriv hva hver student i prosjektgruppen har bidratt med i bacheloroppgaven.**

*Eksempelvis i forhold til problemformulering, litteratursøk, planlegging av forsøk/valg av metoder, datainnsamling/bygging av prototype, analyse/tolking av data/uttesting, skriving osv.*

*Husk at alle studentene er ansvarlige for helheten av den innleverte oppgaven.*

Andri Vidar Tryggvason har bidratt med:

Rapport oppsett

Test dokument oppsett

Testing, analysering og forskning

Mekanisk konstruksjon av prototype

- Løftemekanisme
- Høydemåler
- Bein

Rapport skriving

Bistått med nettside

Eskild Dybwad Svennungsen har bidratt med:

Oppsett, struktur og skrevet møtereferat.

Programmert GUI.

Loggført utgiftene til gruppen

Laget nettside.

Laget program for asynkron kjøring av presser.

Mye div Arduino kode for tester.

Rapport skriving.

Litteratursøk rundt bildegjenkjenning.

Testing av diverse alternative løsninger.

Dag Henning Halvorsen har bidratt med:

Testing, analysering og forskning

Mekanisk konstruksjon av prototype

- Trykkmoduler
- Deksel

Rapport skriving

Ideer og løsninger

Sammenligning av systemer

Risikovurdering

System design

Kristoffer Solheim har bidratt med:

Systems engineering:

- Prosjektmodell
- Systemarkitektur

Testing, analysering og forskning.

Arduino-kode for måling av høyde.

Python-program for lesing og logging av høydemåling.  
Program for asynkron kjøring av presser.  
Kobling og lodding av komponenter.  
HMS.  
Bistått med nettside.  
Skriving av rapport.

Mehdi Chamran har bidratt med:

Elektrisk koblings skjema

- Aktuator
- Motor
- Høydejustering
- Nødknapp

Elektrisk konstruksjon av prototype

Risikovurdering

Risikoanalyse

Valg av sensorer

Testing av sensorer

Kobling og lodding av komponenter

AC og DC motor arbeid

Rapport skrivning

Javier Alvarez Sossa har bidratt med:

Elektrisk koblings skjema (Elektrisk system design):

- Høydemåler
- Fotocelle
- Luftsistem med relé og ventil

Elektrisk konstruksjon av prototypen

Instrumentering til prototypen og høydemåling

Testing av sensorer

Valg av sensorer

Kobling av komponenter

Rapport skrivning

Bistått for gruppe kontrakten

Test planlegging og test oppsett. Verifikasjonsmatrise. System test hierarki.

Bistått for krav spesifisering.

Dato	Signatur
21.05.23	Mehdi Chamran
21.05.23	Eskild Dybwad Svellingen
21/5-23	S. Lohm
21.05.23	Andrius Truskevicius
21.05.23	Dag Hennig Halvorsen
21.05.23	Javier Rafael Alvarez Sossa.

## G.3 PROSJEKTVERKTØY

### G.3.1 Clockify

Timeføring.

### G.3.2 Kanboard

Prosjekt planlegging og oversikt basert på kanban. Dette verktøyet ble brukt i starten av prosjektet men ble så lagt ned etter å ha kommet i gang med PUKK-hjulet da det stod mer i veien enn det var til hjelp.

### G.3.3 Microsoft Teams

Kommunikasjon og dokumentasjon.

### G.3.4 Facebook

Intern kommunikasjon og møteinnkalling.

### G.3.5 Mail

Ekstern kommunikasjon og møteinnkalling.

### G.3.6 Solidworks

Teknisk tegning.

### G.3.7 OrCAD Cadence PCB Solutions

Elektrisk tegning.

### G.3.8 Github

Versjon kontroll av software.

### G.3.9 Overleaf

L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X dokumenthåndtering.

### G.3.10 Invoice Ninja

Regnskapshåndtering.

## H.1 GUI

# SRRP GUI

v0.1.0

Generated by Doxygen 1.9.7





---

<b>1 SRRP - GUI</b>	<b>1</b>
1.1 Requirements: . . . . .	1
<b>2 Hierarchical Index</b>	<b>3</b>
2.1 Class Hierarchy . . . . .	3
<b>3 Class Index</b>	<b>5</b>
3.1 Class List . . . . .	5
<b>4 File Index</b>	<b>7</b>
4.1 File List . . . . .	7
<b>5 Class Documentation</b>	<b>9</b>
5.1 BagInfo Struct Reference . . . . .	9
5.1.1 Detailed Description . . . . .	9
5.2 GeneralWindow Class Reference . . . . .	9
5.2.1 Detailed Description . . . . .	10
5.2.2 Member Function Documentation . . . . .	10
5.2.2.1 readFile . . . . .	10
5.3 HistoryWindow Class Reference . . . . .	10
5.3.1 Detailed Description . . . . .	11
5.3.2 Constructor & Destructor Documentation . . . . .	11
5.3.2.1 HistoryWindow() . . . . .	11
5.3.3 Member Function Documentation . . . . .	11
5.3.3.1 readFile . . . . .	11
5.4 MainWindow Class Reference . . . . .	12
5.4.1 Detailed Description . . . . .	13
5.5 SettingsWindow Class Reference . . . . .	13
5.5.1 Detailed Description . . . . .	13
5.5.2 Member Function Documentation . . . . .	13
5.5.2.1 buttonPressed . . . . .	13
5.5.2.2 readBagInfo . . . . .	14
<b>6 File Documentation</b>	<b>15</b>
6.1 actuatorcontrol.h . . . . .	15
6.2 generalwindow.h . . . . .	15
6.3 history.h . . . . .	15
6.4 mainwindow.h . . . . .	16
6.5 settings.h . . . . .	16
<b>Index</b>	<b>19</b>



# Chapter 1

## SRRP - GUI

A simple graphical user interface for controlling and monitoring the SRRP system.

### 1.1 Requirements:

- Qt6
- Cmake

#### Install:

```
git clone https://github.com/eskildsvnungenen/SRRP-GUI
cd SRRP-GUI
sudo pacman -S - < qtreq.txt
```

#### Build:

```
cmake -S . -B /path/to/build
make -C /path/to/build
```



# Chapter 2

## Hierarchical Index

### 2.1 Class Hierarchy

This inheritance list is sorted roughly, but not completely, alphabetically:

- BagInfo . . . . . 9
- QMainWindow
  - MainWindow . . . . . 12
- QWidget
  - GeneralWindow . . . . . 9
  - HistoryWindow . . . . . 10
  - SettingsWindow . . . . . 13



# Chapter 3

## Class Index

### 3.1 Class List

Here are the classes, structs, unions and interfaces with brief descriptions:

<a href="#">BagInfo</a>	Stores relevant information about bagtype . . . . .	9
<a href="#">GeneralWindow</a>	Represents the general window . . . . .	9
<a href="#">HistoryWindow</a>	History related features . . . . .	10
<a href="#">MainWindow</a>	The main window for the whole application . . . . .	12
<a href="#">SettingsWindow</a>	System settings . . . . .	13





# Chapter 4

## File Index

### 4.1 File List

Here is a list of all documented files with brief descriptions:

<a href="#">actuatorcontrol.h</a>	15
<a href="#">generalwindow.h</a>	15
<a href="#">history.h</a>	15
<a href="#">mainwindow.h</a>	16
<a href="#">settings.h</a>	16



# Chapter 5

## Class Documentation

### 5.1 BagInfo Struct Reference

Stores relevant information about bagtype.

```
#include <settings.h>
```

#### Public Member Functions

- **BagInfo** (QString n, int w, int h)

#### Public Attributes

- QString **name**
- int **width**
- int **height**

#### 5.1.1 Detailed Description

Stores relevant information about bagtype.

The documentation for this struct was generated from the following file:

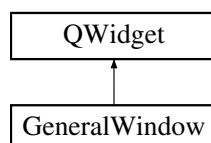
- settings.h

### 5.2 GeneralWindow Class Reference

Represents the general window.

```
#include <generalwindow.h>
```

Inheritance diagram for GeneralWindow:



## Public Slots

- void `readFile` (QString file)  
*Reads file to be displayed.*

## Public Member Functions

- **GeneralWindow** (QWidget \*parent=nullptr)

## 5.2.1 Detailed Description

Represents the general window.

## 5.2.2 Member Function Documentation

### 5.2.2.1 readFile

```
void GeneralWindow::readFile (  
    QString file ) [slot]
```

Reads file to be displayed.

#### Parameters

<i>file</i>	Relative path to file.
-------------	------------------------

The documentation for this class was generated from the following files:

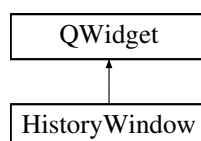
- generalwindow.h
- generalwindow.cpp

## 5.3 HistoryWindow Class Reference

History related features.

```
#include <history.h>
```

Inheritance diagram for HistoryWindow:



## Public Slots

- void `readFile` (QModelIndex index)  
*Reads csv files and displays it in fileTableModel.*

## Public Member Functions

- `HistoryWindow` (QWidget \*parent=nullptr)  
*Initializes all attributes and windows in object.*
- `~HistoryWindow` ()  
*Deletes all rawpointers.*

## Public Attributes

- QStandardItemModel \* `fileTableModel`
- QFileSystemModel \* `fileListModel`
- QHBoxLayout \* `horizontalLayout`
- QVBoxLayout \* `verticalLayout`
- QListView \* `fileList`
- QTableView \* `tableView`
- QProgressBar \* `progressBar`

### 5.3.1 Detailed Description

History related features.

A class for displaying the history of the system. Logged data is saved as csv files and can then be retrieved at any time.

### 5.3.2 Constructor & Destructor Documentation

#### 5.3.2.1 HistoryWindow()

```
HistoryWindow::HistoryWindow (
    QWidget * parent = nullptr ) [explicit]
```

Initializes all attributes and windows in object.

#### Parameters

<code>*parent</code>	is used to make this object a child of mainwindow
----------------------	---

### 5.3.3 Member Function Documentation

#### 5.3.3.1 readFile

```
void HistoryWindow::readFile (
```

```
QModelIndex index ) [slot]
```

Reads csv files and displays it in fileTableModel.

#### Parameters

<i>index</i>	is used for retrieving file name
--------------	----------------------------------

The documentation for this class was generated from the following files:

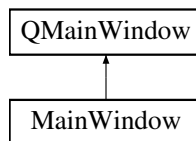
- history.h
- history.cpp

## 5.4 MainWindow Class Reference

The main window for the whole application.

```
#include <mainwindow.h>
```

Inheritance diagram for MainWindow:



#### Public Slots

- void **activateHistory** ()  
*Creates [HistoryWindow](#) object and emplaces it in MainWindow's generalFrame.*
- void **activateSettings** ()  
*Creates [SettingsWindow](#) object and emplaces it in MainWindow's generalFrame.*
- void **activateGeneral** ()  
*Creates [GeneralWindow](#) object and emplaces it in [MainWindow](#).*
- void **test** ()

#### Public Member Functions

- **MainWindow** (QWidget \*parent=nullptr)  
*Sets up the UI design.*
- **~MainWindow** ()  
*Deletes ui.*

### 5.4.1 Detailed Description

The main window for the whole application.

This window is designed with a UI file. The purpose of this is to setup the main structure of the application. It's responsible for instansiating the other window respectevly. It's structured such that withing the central widget there is a frame, depening on which buttons the user presses the cooresponding object is created.

The documentation for this class was generated from the following files:

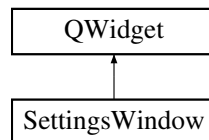
- mainwindow.h
- mainwindow.cpp

## 5.5 SettingsWindow Class Reference

System settings.

```
#include <settings.h>
```

Inheritance diagram for SettingsWindow:



### Public Slots

- bool [readBagInfo](#) (const QString &path= "")  
*Reads from json file and displays buttons.*
- void [buttonPressed](#) (int index)  
*Detects which button is pressed, and sends signal to GPIO on raspberryPi.*
- virtual void [updateBagInfo](#) ()  
*Updates JSON file with new width/heigth.*

### Public Member Functions

- **SettingsWindow** (QWidget \*parent=nullptr)

### 5.5.1 Detailed Description

System settings.

Lets the user controll the linear actuators to raise/lower the system based on bag type.

### 5.5.2 Member Function Documentation

#### 5.5.2.1 buttonPressed

```
void SettingsWindow::buttonPressed (
    int index ) [slot]
```

Detects which button is pressed, and sends signal to GPIO on raspberryPi.



**Parameters**

<i>index</i>	of pressed button
--------------	-------------------

**5.5.2.2 readBagInfo**

```
bool SettingsWindow::readBagInfo (  
    const QString & path = "" ) [slot]
```

Reads from json file and displays buttons.

**Parameters**

<i>path</i>	inputs json file name
-------------	-----------------------

**Returns**

Returns 0 if no file is found, otherwise 1

The documentation for this class was generated from the following files:

- settings.h
- settings.cpp

# Chapter 6

## File Documentation

### 6.1 actuatorcontrol.h

```
00001 #ifndef AKTUATORCONTROL_H
00002 #define AKTUATORCONTROL_H
00003
00014 namespace ACCTRL{
00015
00016 }
00017
00018 #endif // AKTUATORCONTROL_H
```

### 6.2 generalwindow.h

```
00001 #ifndef GENERALWINDOW_H
00002 #define GENERALWINDOW_H
00003
00004 #include <QWidget>
00005 #include <QStandardItemModel>
00006 #include <QTableView>
00007 #include <qfilesystemwatcher.h>
00008 #include <QFile>
00009 #include <QProgressBar>
00010 #include <QVBoxLayout>
00011
00016 class GeneralWindow : public QWidget
00017 {
00018     Q_OBJECT
00019 public:
00020     explicit GeneralWindow(QWidget* parent = nullptr);
00021     ~GeneralWindow();
00022
00023 public slots:
00028     void readFile(QString file);
00029
00030 private:
00031     QStandardItemModel* fileTableModel;
00032     QTableView* tableView;
00033     QFileSystemWatcher* fileWatcher;
00034     QString filepath;
00035     QProgressBar* progressBar;
00036     QVBoxLayout* mainLayout;
00037
00038 };
00039
00040 #endif // GENERALWINDOW_H
```

### 6.3 history.h

```
00001 #ifndef HISTORY_H
00002 #define HISTORY_H
00003
```

```

00004 #include <QWidget>
00005 #include <QStandardItemModel>
00006 #include <QFileSystemModel>
00007 #include <QFrame>
00008 #include <QHBoxLayout>
00009 #include <QTableView>
00010 #include <QListView>
00011 #include <QProgressBar>
00012 #include <QVBoxLayout>
00013
00020 class HistoryWindow : public QWidget
00021 {
00022     Q_OBJECT
00023 public:
00024
00029     explicit HistoryWindow(QWidget *parent = nullptr);
00030
00034     ~HistoryWindow();
00035
00036 public slots:
00041     void readFile(QModelIndex index);
00042
00043 public:
00044     QStandardItemModel* fileTableModel;
00045     QFileSystemModel* fileListModel;
00046     QHBoxLayout* horizontalLayout;
00047     QVBoxLayout* verticalLayout;
00048     QListView* fileList;
00049     QTableView* tableView;
00050     QProgressBar* progressBar;
00051
00052 };
00053
00054 #endif // HISTORY_H

```

## 6.4 mainwindow.h

```

00001
00002 #ifndef MAINWINDOW_H
00003 #define MAINWINDOW_H
00004
00005 #include <QMainWindow>
00006 #include <QFile>
00007 #include <QStandardItemModel>
00008 #include <QFileSystemModel>
00009
00010
00011 QT_BEGIN_NAMESPACE
00012 namespace Ui { class MainWindow; }
00013 QT_END_NAMESPACE
00014
00015
00024 class MainWindow : public QMainWindow
00025
00026 {
00027     Q_OBJECT
00028
00029 public:
00033     MainWindow(QWidget *parent = nullptr);
00037     ~MainWindow();
00038
00039 public slots:
00043     void activateHistory();
00047     void activateSettings();
00048
00050     void activateGeneral();
00051
00052     void test();
00053 private:
00054     Ui::MainWindow* ui;
00055
00056 private:
00057     void clearFrame();
00058 };
00059
00060 #endif // MAINWINDOW_H

```

## 6.5 settings.h

```

00001 #ifndef SETTINGS_H

```

```
00002 #define SETTINGS_H
00003
00004 #include <QWidget>
00005 #include <QListWidget>
00006 #include <QHBoxLayout>
00007 #include <QTableWidget>
00008 #include <QPushButton>
00009 #include <QFile>
00010 #include <QJsonObject>
00011 #include <QJsonParseError>
00012 #include <QJsonArray>
00013 #include <QFileSystemWatcher>
00014 #include <QButtonGroup>
00015
00016
00020 struct BagInfo{
00021     explicit BagInfo(QString n, int w, int h) : name(n), width(w), height(h) {}
00022     QString name;
00023     int width;
00024     int height;
00025 };
00026
00032 class SettingsWindow : public QWidget
00033 {
00034     Q_OBJECT
00035 public:
00036     explicit SettingsWindow(QWidget *parent = nullptr);
00037     ~SettingsWindow();
00038
00039 public slots:
00045     bool readBagInfo(const QString& path = "");
00046
00053     void buttonPressed(int index);
00054
00058     virtual void updateBagInfo();
00059
00060 private:
00061     BagInfo getBag(const QString& name);
00062
00063 private:
00064     QButtonGroup* buttons;
00065     QList<BagInfo> bags;
00066     QFileSystemWatcher* fileWatcher;
00067     QHBoxLayout* mainLayout;
00068 };
00069
00070 #endif // SETTINGS_H
```



# Index

- BagInfo, [9](#)
- buttonPressed
  - SettingsWindow, [13](#)
- GeneralWindow, [9](#)
  - readFile, [10](#)
- HistoryWindow, [10](#)
  - HistoryWindow, [11](#)
  - readFile, [11](#)
- MainWindow, [12](#)
- readBagInfo
  - SettingsWindow, [14](#)
- readFile
  - GeneralWindow, [10](#)
  - HistoryWindow, [11](#)
- SettingsWindow, [13](#)
  - buttonPressed, [13](#)
  - readBagInfo, [14](#)
- SRRP - GUI, [1](#)

## H.2 PRESSE-STYRING

SRRP-module controller

Generated by Doxygen 1.9.7





---

<b>1 Description</b>	<b>1</b>
<b>2 Class Index</b>	<b>3</b>
2.1 Class List	3
<b>3 File Index</b>	<b>5</b>
3.1 File List	5
<b>4 Class Documentation</b>	<b>7</b>
4.1 main.Task Class Reference	7
4.1.1 Constructor & Destructor Documentation	7
4.1.1.1 <code>__init__()</code>	7
4.1.2 Member Function Documentation	8
4.1.2.1 <code>pressDuration()</code>	8
4.1.2.2 <code>run()</code>	8
4.1.2.3 <code>startDelay()</code>	8
4.2 main.Unit Class Reference	9
4.2.1 Constructor & Destructor Documentation	9
4.2.1.1 <code>__init__()</code>	9
4.2.2 Member Function Documentation	9
4.2.2.1 <code>activate()</code>	9
4.2.2.2 <code>getPin()</code>	11
<b>5 File Documentation</b>	<b>13</b>
5.1 main.py File Reference	13
5.1.1 Detailed Description	13
5.1.2 Author (s)	14
5.1.3 Function Documentation	14
5.1.3.1 <code>CheckPhotoCell()</code>	14
5.1.3.2 <code>getWidthFromJSON()</code>	14
<b>Index</b>	<b>15</b>



# Chapter 1

## Description

Python program for parallell controll of SRRP-modules. When a bag passes the photocell, a new task is created with an array of SRRP-units. It's then launched in parallel. Copyrighth (c) 2023 HOLDT - Hull og Lekkasje Deteksjons Teknologi. All rights reserved.



# Chapter 2

## Class Index

### 2.1 Class List

Here are the classes, structs, unions and interfaces with brief descriptions:

<a href="#">main.Task</a>	.....	7
<a href="#">main.Unit</a>	.....	9



# Chapter 3

## File Index

### 3.1 File List

Here is a list of all documented files with brief descriptions:

<a href="#">main.py</a>	Controlles the whole sequence . . . . .	13
-------------------------	---	----





# Chapter 4

## Class Documentation

### 4.1 main.Task Class Reference

#### Public Member Functions

- `__init__` (self, ammount, pins)  
*Initializes a task.*
- `run` (self, bag\_size\_in\_m)  
*Runs task.*
- `startDelay` (self, bag\_size\_in\_m, is\_first\_iteration)  
*Calculates delay before a press starts.*
- `pressDuration` (self, bag\_size\_in\_m)  
*Calculates the duration of the press.*

#### Public Attributes

- `ammount`
- `units`
- `pin_array`

#### 4.1.1 Constructor & Destructor Documentation

##### 4.1.1.1 `__init__()`

```
main.Task.__init__ (
    self,
    ammount,
    pins )
```

Initializes a task.

A Task is initialized with an array of **Unit** (s).

**Parameters**

<i>ammount</i>	The ammount of <b>SRRP-modules</b> in use.
<i>pin</i>	Array of pins that control the modules.

**Returns**

GPIO pin-number.

**4.1.2 Member Function Documentation****4.1.2.1 pressDuration()**

```
main.Task.pressDuration (
    self,
    bag_size_in_m )
```

Calculates the duration of the press.

**Returns**

Duration for the press.

**4.1.2.2 run()**

```
main.Task.run (
    self,
    bag_size_in_m )
```

Runs task.

Iterates through the task sequentially.

**4.1.2.3 startDelay()**

```
main.Task.startDelay (
    self,
    bag_size_in_m,
    is_first_iteration )
```

Calculates delay before a press starts.

**Parameters**

<i>bag_size_in_m</i>	Uses the bagsize as variable to calculate delay
<i>is_first_iteration</i>	Longer distance to first press, first iteration returns longer delay.

### Returns

Delay for press to start

The documentation for this class was generated from the following file:

- [main.py](#)

## 4.2 main.Unit Class Reference

### Public Member Functions

- `__init__` (self, pin)  
*Initializes a unit(single SRRP-moduel).*
- `activate` (self, start\_delay, press\_duration)  
*Activates the module for a given duration.*
- `getPin` (self)  
*Return the GPIO controll pin for the module.*

### Public Attributes

- `pin`

### 4.2.1 Constructor & Destructor Documentation

#### 4.2.1.1 `__init__()`

```
main.Unit.__init__ (
    self,
    pin )
```

Initializes a unit(single SRRP-moduel).

#### Parameters

<i>self</i>	The module to controll.
<i>pin</i>	The GPIO pin number to controll the unit.

### 4.2.2 Member Function Documentation

#### 4.2.2.1 `activate()`

```
main.Unit.activate (
    self,
    start_delay,
    press_duration )
```

Activates the module for a given duration.

## Parameters

<i>self</i>	The module to controll.
<i>delay</i>	The ammount of time before the bag is in the correct position

**4.2.2.2 getPin()**

```
main.Unit.getPin (  
    self )
```

Return the GPIO controll pin for the module.

## Returns

GPIO pin-number.

The documentation for this class was generated from the following file:

- [main.py](#)



# Chapter 5

## File Documentation

### 5.1 main.py File Reference

Controlles the whole sequence.

#### Classes

- class [main.Unit](#)
- class [main.Task](#)

#### Functions

- [main.CheckPhotoCell](#) (old\_state, new\_state)  
*Checks the photocell if a new bag has passed.*
- [main.getWidthFromJSON](#) (path)  
*Returns width of bag that's being analyzed.*

#### Variables

- bool **main.old\_state** = True
- **main.sensor** = GPIO.setup(157, GPIO.IN)
- list **main.pin\_arr** = [74, 71, 73]
- **main.bag\_passed**
- **main.tmp** = [Task](#)(len(pin\_arr), pin\_arr)
- int **main.bagWidth** = [getWidthFromJSON](#)('/home/radxa/SRRP-GUI/build/baginfo.json') / 1000
- **main.p** = Process(target=tmp.run, args=(bagWidth, )).start()

#### 5.1.1 Detailed Description

Controlles the whole sequence.



## 5.1.2 Author (s)

- Eskild Dybwad Svenningsen
- Kristoffer Solheim

## 5.1.3 Function Documentation

### 5.1.3.1 CheckPhotoCell()

```
main.CheckPhotoCell (
    old_state,
    new_state )
```

Checks the photocell if a new bag has passed.

A new bag is considered to be in the system when it has fully passed the photocell. We check this by comparing the `old_state` to the `new_state`.

```
if old_state and old_state != new_state
```

#### Parameters

<code>old_state</code>	The previous state of the photocell.
<code>new_state</code>	The current state of the photocell.

#### Returns

(True, `new_state`) If bag has passed.

(False, `new_state`) If bag has not passed.

### 5.1.3.2 getWidthFromJSON()

```
main.getWidthFromJSON (
    path )
```

Returns width of bag that's being analyzed.

#### Parameters

<code>path</code>	Filepath to the json file containing bag information.
-------------------	---

#### Returns

`width` Return width of given bag.

# Index

- `__init__`
  - `main.Task`, [7](#)
  - `main.Unit`, [9](#)
- `activate`
  - `main.Unit`, [9](#)
- `CheckPhotoCell`
  - `main.py`, [14](#)
- `Description`, [1](#)
- `getPin`
  - `main.Unit`, [11](#)
- `getWidthFromJSON`
  - `main.py`, [14](#)
- `main.py`, [13](#)
  - `CheckPhotoCell`, [14](#)
  - `getWidthFromJSON`, [14](#)
- `main.Task`, [7](#)
  - `__init__`, [7](#)
  - `pressDuration`, [8](#)
  - `run`, [8](#)
  - `startDelay`, [8](#)
- `main.Unit`, [9](#)
  - `__init__`, [9](#)
  - `activate`, [9](#)
  - `getPin`, [11](#)
- `pressDuration`
  - `main.Task`, [8](#)
- `run`
  - `main.Task`, [8](#)
- `startDelay`
  - `main.Task`, [8](#)

### H.3 HØYDEMÅLING

# Høydemåling av snacksposer

1.0

Generated by Doxygen 1.9.7



---

<b>1 Namespace Index</b>	<b>1</b>
1.1 Namespace List . . . . .	1
<b>2 Namespace Documentation</b>	<b>3</b>
2.1 lesHoyde Namespace Reference . . . . .	3
2.1.1 Detailed Description . . . . .	3
2.1.2 Function Documentation . . . . .	3
2.1.2.1 maalHoyde() . . . . .	3
2.1.2.2 regnGjennomsnitt() . . . . .	4
2.1.2.3 sammenlignHoyde() . . . . .	4
<b>Index</b>	<b>5</b>



# Chapter 1

## Namespace Index

### 1.1 Namespace List

Here is a list of all documented namespaces with brief descriptions:

[lesHoyde](#) ..... 3





## Chapter 2

# Namespace Documentation

## 2.1 lesHoyde Namespace Reference

### Functions

- [maalHoyde](#) (name)
- [regnGjennomsnitt](#) (maalinge)
- [sammenlignHoyde](#) (filInn, filUt, counterUt, dato)

### Variables

- list **maalingeInn** = []
- list **maalingeUt** = []
- int **counterInn** = 0
- int **counterUt** = 0
- **ap** = argparse.ArgumentParser()
- **required**
- **True**
- **help**
- **False**
- **args** = vars(ap.parse\_args())
- **PORT** = args['port']

### 2.1.1 Detailed Description

Program for å lese høyde fra potmeter som er koblet til Arduino og skrive til fil.  
Programmet sammenligner også høydene på posene som går inn og ut av systemet og skriver til fil som skal vises

### 2.1.2 Function Documentation

#### 2.1.2.1 maalHoyde()

```
lesHoyde.maalHoyde (  
    name )
```

Mål høyde og skriv til fil  
name: navnet på porten som skal brukes

### 2.1.2.2 regnGjennomsnitt()

```
lesHoyde.regnGjennomsnitt (
    maalinger )
```

Regner ut gjennomsnittet av målingene som har blitt gjort på posen  
maalinger: liste med målinger

### 2.1.2.3 sammenlignHoyde()

```
lesHoyde.sammenlignHoyde (
    filInn,
    filUt,
    counterUt,
    dato )
```

Sammenligner høyden til posen på vei inn og ut av systemet  
Skriver til fil med posenummer, høyde inn, høyde ut og lekkasje som skal vises på GUI  
filInn: filen som inneholder høyden til posen på vei inn i systemet  
filUt: filen som inneholder høyden til posen på vei ut av systemet  
counterUt: teller for å vite hvilken pose som skal sammenlignes  
dato: dato for å skille mellom filer

# Index

lesHoyde, [3](#)  
    maalHoyde, [3](#)  
    regnGjennomsnitt, [3](#)  
    sammenlignHoyde, [4](#)

maalHoyde  
    lesHoyde, [3](#)

regnGjennomsnitt  
    lesHoyde, [3](#)

sammenlignHoyde  
    lesHoyde, [4](#)

## DATABLADER

---

### I.1 DATABLAD FOR LINEÆR POSIJONSSSENSOR-POTENSIOMETER FRA MIRAN

Product Product

Product Catalogue

[Linear Position Sensor](#)

Radars Level Meter "Can be specially customized"

Three Pulley Tension Sensor

Draw Wire Potentiometer

Water-proof Linear Wire Potentiometer

Angle Displacement Sensor

LVDT

Ultrasonic Sensor

Eddy Current Displacement Sensor

Magnetostrictive and Magnetic Displacement Sensor

Magnetic Temperature Liquid Level Sensor

Lubricating Pump

Fixed Inclinometer

Magnet sensor

Digital Display Instrument

WOA Hall Sensor

Wheel Load cell sensor

Vibrating wire displacement sensor (crack meter)

Application Fields

Current Position:Home > Product > Linear Position Sensor

[Linear Position Sensor](#)



**Product Name:**KPM22 Small Articulated Displacement Sensor

**Product Summary:**

KPM22 small articulated displacement sensor (alias: crack meter, crack displacement sensor, electronic ruler, resistance ruler, potentiometer, displacement sensor)

Principle: Potentiometer principle, all sensors are position measurement type, used in the adjustment system (control system) and measurement system, to directly measure the displacement and length, output DC voltage signal, can also be converted into the standard 0-5V, 0-10V or 4-20mA DC signal through the built-in or external V/A converter module. Can also be remote transmission control requirements. KPM22 small articulated displacement sensor (alias: crack meter, crack displacement sensor, electronic ruler, resistance ruler, potentiometer, displacement sensor) output displacement variation: 0-100% given input operating voltage (with displacement variation).

**Download:**

[Global Online Advisory](#)

[Product Overview](#)

[Technical Parameters](#)

[Size selection](#)

Technical Parameter

KPM Rod Type	10mm	15mm	25mm	50~75mm	100~300mm
Linear Precision (±%FS)	±0.1%				±0.05%
Resistance (±10%)	2KΩ			5KΩ	
Effective Stroke	range+3mm				
Resolution	Infinite				
Repeatability Precision	0.01mm				
Max Speed	5m/S				
Recommended Current	≤1mA				
Temperature Range	-60℃~+150℃				
Output	0~100% × input voltage (change with the movement of the rod)				
Sensitivity	1				
Temperature Drift	infinitesimal				
Very long life	>100*1000000 cycles,>25*1000000 m				



## I.2 DATABLAD FOR FOTOCELLE FRA SICK





VL180-2N42462

V180-2

CYLINDRICAL PHOTOELECTRIC SENSORS

**SICK**  
Sensor Intelligence.



## Ordering information

Type	Part no.
VL180-2N42462	6041813

Included in delivery: P250 (1)

Other models and accessories → [www.sick.com/V180-2](http://www.sick.com/V180-2)

Illustration may differ



## Detailed technical data

### Features

<b>Sensor/ detection principle</b>	Photoelectric retro-reflective sensor, Dual lens
<b>Dimensions (W x H x D)</b>	18 mm x 18 mm x 70.2 mm
<b>Housing design (light emission)</b>	Cylindrical
<b>Housing length</b>	70.2 mm
<b>Thread diameter (housing)</b>	M18 x 1
<b>Optical axis</b>	Axial
<b>Sensing range max.</b>	0.05 m ... 7 m <sup>1)</sup>
<b>Sensing range</b>	0.05 m ... 6 m <sup>1)</sup>
<b>Type of light</b>	Infrared light
<b>Light source</b>	LED <sup>2)</sup>
<b>Light spot size (distance)</b>	Ø 400 mm (6 m)
<b>Angle of dispersion</b>	Approx. 4.5°
<b>Wave length</b>	920 nm
<b>Adjustment</b>	Potentiometer, 270° (Sensitivity)

<sup>1)</sup> Reflector PL80A.

<sup>2)</sup> Average service life: 100,000 h at T<sub>J</sub> = +25 °C.

### Mechanics/electronics

<b>Supply voltage</b>	10 V DC ... 30 V DC <sup>1)</sup>
<b>Ripple</b>	± 10 % <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Limit values when operated in short-circuit protected network: max. 8 A.

<sup>2)</sup> May not exceed or fall below U<sub>v</sub> tolerances.

<sup>3)</sup> Without load.

<sup>4)</sup> Control wire open: light switching L.ON.

<sup>5)</sup> Signal transit time with resistive load.

<sup>6)</sup> With light/dark ratio 1:1.

<sup>7)</sup> A = V<sub>S</sub> connections reverse-polarity protected.

<sup>8)</sup> B = inputs and output reverse-polarity protected.

<sup>9)</sup> D = outputs overcurrent and short-circuit protected.

<b>Power consumption</b>	30 mA <sup>3)</sup>
<b>Switching output</b>	NPN <sup>4)</sup>
<b>Switching mode</b>	Light/dark switching <sup>4)</sup>
<b>Switching mode selector</b>	Selectable via L/D control cable
<b>Signal voltage NPN HIGH/LOW</b>	Approx. $V_S / < 1.8$ V
<b>Output current <math>I_{max}</math></b>	$\leq 100$ mA
<b>Response time</b>	$\leq 0.5$ ms <sup>5)</sup>
<b>Switching frequency</b>	1,000 Hz <sup>6)</sup>
<b>Connection type</b>	Male connector M12, 4-pin
<b>Circuit protection</b>	A <sup>7)</sup> B <sup>8)</sup> D <sup>9)</sup>
<b>Protection class</b>	III
<b>Weight</b>	47 g
<b>Housing material</b>	Metal, Nickel-plated brass and PC
<b>Optics material</b>	Plastic, PMMA
<b>Enclosure rating</b>	IP67
<b>Items supplied</b>	Reflector P250, fastening nuts (2 x)
<b>Ambient operating temperature</b>	-25 °C ... +55 °C
<b>Ambient storage temperature</b>	-40 °C ... +70 °C
<b>UL File No.</b>	NRKH2.E300503 & NRKH8.E300503

1) Limit values when operated in short-circuit protected network: max. 8 A.

2) May not exceed or fall below  $U_V$  tolerances.

3) Without load.

4) Control wire open: light switching L.ON.

5) Signal transit time with resistive load.

6) With light/dark ratio 1:1.

7) A =  $V_S$  connections reverse-polarity protected.

8) B = inputs and output reverse-polarity protected.

9) D = outputs overcurrent and short-circuit protected.

## Safety-related parameters

<b>MTTF<sub>D</sub></b>	1,889 years
<b>DC<sub>avg</sub></b>	0%

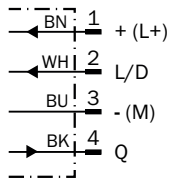
## Classifications

<b>ECl@ss 5.0</b>	27270902
<b>ECl@ss 5.1.4</b>	27270902
<b>ECl@ss 6.0</b>	27270902
<b>ECl@ss 6.2</b>	27270902
<b>ECl@ss 7.0</b>	27270902
<b>ECl@ss 8.0</b>	27270902
<b>ECl@ss 8.1</b>	27270902
<b>ECl@ss 9.0</b>	27270902

<b>ECI@ss 10.0</b>	27270902
<b>ECI@ss 11.0</b>	27270902
<b>ETIM 5.0</b>	EC002717
<b>ETIM 6.0</b>	EC002717
<b>ETIM 7.0</b>	EC002717
<b>UNSPSC 16.0901</b>	39121528

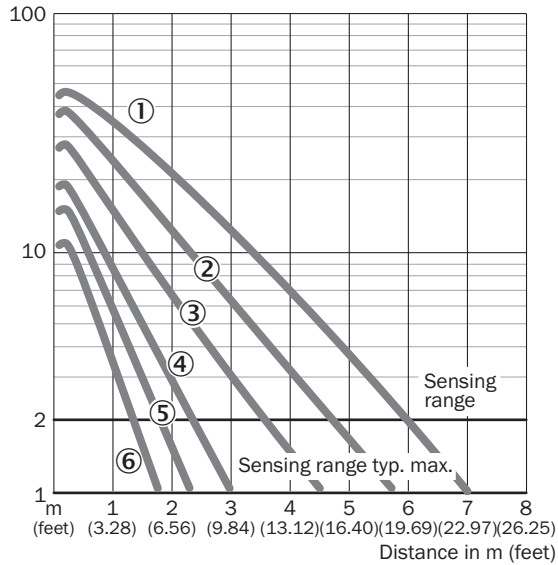
## Connection diagram

Cd-087



## Characteristic curve

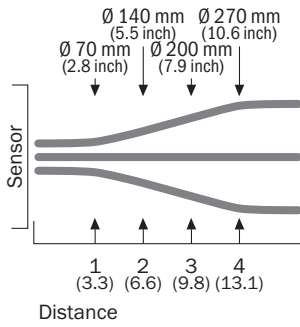
VL180-2, 7 m, axial



- ① Reflector PL80A
- ② Reflector P250, PL40A, PL50A, C110A
- ③ Reflector PL30A, PL31A
- ④ Reflector PL20A
- ⑤ P45
- ⑥ Reflective tape Diamond Grade

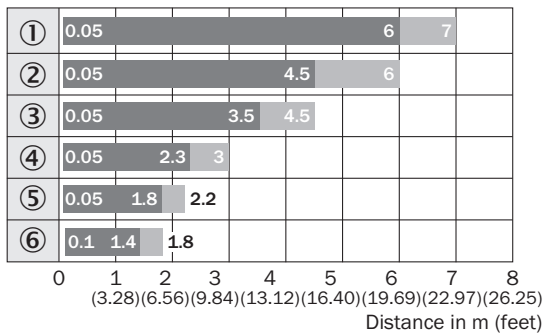
### Light spot size

VL180-2



### Sensing range diagram

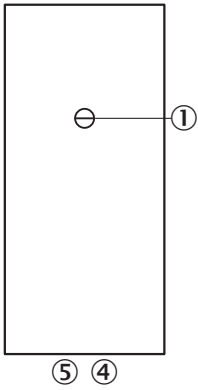
VL180-2, 7 m, axial



■ Sensing range      ■ Sensing range max.

- ① Reflector PL80A
- ② Reflector P250, PL40A, PL50A, C110A
- ③ Reflector PL30A, PL31A
- ④ Reflector PL20A
- ⑤ P45
- ⑥ Reflective tape Diamond Grade

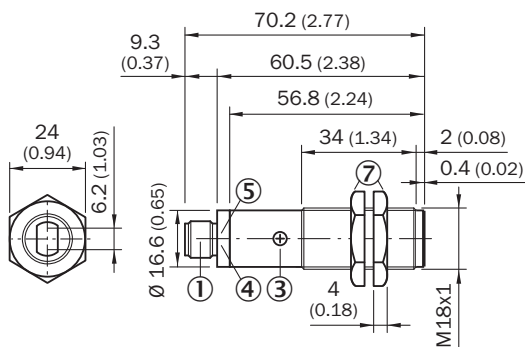
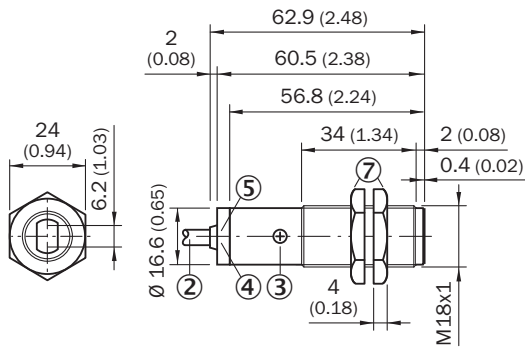
Adjustments possible



- ① Sensitivity control 270°
- ④ LED indicator orange: switching output active
- ⑤ LED indicator green

Dimensional drawing (Dimensions in mm (inch))




VL180-2, metal, axial



- ① M12 male device connector, 4-pin
- ② Connection cable 2 m
- ③ Sensitivity control 270°
- ④ LED indicator orange: switching output active
- ⑤ LED indicator green: strength indicator
- ⑦ Fastening nuts (2x); width across 24, metal

**Recommended accessories**

Other models and accessories → [www.sick.com/V180-2](http://www.sick.com/V180-2)

	<b>Brief description</b>	<b>Type</b>	<b>Part no.</b>
<b>Plug connectors and cables</b>			
	Head A: female connector, M12, 4-pin, straight, A-coded Head B: Flying leads Cable: Sensor/actuator cable, PVC, unshielded, 5 m	YF2A14-050VB3XLEAX	2096235
	Head A: male connector, M12, 4-pin, straight Head B: - Cable: unshielded	STE-1204-G	6009932
<b>Reflectors</b>			
	Rectangular, screw connection, 47 mm x 47 mm, PMMA/ABS, Screw-on, 2 hole mounting	P250	5304812

## SICK AT A GLANCE

SICK is one of the leading manufacturers of intelligent sensors and sensor solutions for industrial applications. A unique range of products and services creates the perfect basis for controlling processes securely and efficiently, protecting individuals from accidents and preventing damage to the environment.

We have extensive experience in a wide range of industries and understand their processes and requirements. With intelligent sensors, we can deliver exactly what our customers need. In application centers in Europe, Asia and North America, system solutions are tested and optimized in accordance with customer specifications. All this makes us a reliable supplier and development partner.

Comprehensive services complete our offering: SICK LifeTime Services provide support throughout the machine life cycle and ensure safety and productivity.

For us, that is “Sensor Intelligence.”

## WORLDWIDE PRESENCE:

Contacts and other locations –[www.sick.com](http://www.sick.com)

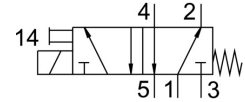


### I.3 DATABLAD FOR VENTIL FRA FESTO

# Solenoid valve MHE2-MS1H-5/2-QS-4

Part number: 525117

FESTO



## Data sheet

Feature	Value
Valve function	5/2-way, monostable
Type of actuation	Electric
Construction width	10 mm
Standard nominal flow rate	90 l/min
pneumatic working port	QS-4
Operating voltage	24V DC
Operating pressure	-0.09 MPa ... 0.8 MPa
Operating pressure	-0.9 bar ... 8 bar
Design	Pressure-relieved poppet valve
Type of reset	Mechanical spring
Degree of protection	IP65
Approval	RCM trademark c UL us - Recognized (OL)
CE mark (see declaration of conformity)	To EU EMC Directive In accordance with EU RoHS Directive
CE marking (see declaration of conformity)	To UK instructions for EMC To UK RoHS instructions
Nominal size	2 mm
Grid dimension	14 mm
Note on grid dimension	Minimum distance between the valves is 4 mm
Exhaust-air function	With flow control option
Sealing principle	Soft
Mounting position	optional
Manual override	Non-detenting
Type of piloting	Direct
Flow direction	Non-reversible
Symbol	00991129
lap	Underlap
Reverse polarity protection	Bipolar
Additional functions	Spark arresting Holding current reduction Protective circuit
Max. switching frequency	300 Hz
Switching time off	1.7 ms
Switching time on	1.9 ms
Tolerance switching time off	+10%/-30%
Tolerance switching time on	+10%/-30%

Feature	Value
Switching time dispersion from 1 Hz	0.2 ms
Duty cycle	100%
Characteristic coil data	24 V DC: low-current phase 1.625 W, high-current phase 6.5 W
Permissible voltage fluctuations	+/- 10 %
Operating medium	Compressed air to ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Note on operating and pilot medium	Lubricated operation possible (in which case lubricated operation will always be required)
Vibration resistance	Transport application test with severity level 2 to FN 942017-4 and EN 60068-2-6
Restrictions for environmental and media temperature	As a function of switching frequency (see graph)
Shock resistance	Shock test with severity level 2 to FN 942017-5 and EN 60068-2-27
Corrosion resistance class CRC	2 - Moderate corrosion stress
LABS (PWIS) conformity	VDMA24364-B1/B2-L
Media temperature	-5 °C ... 60 °C
Ambient temperature	-5 °C ... 60 °C
Product weight	70 g
Electrical connection	2-pin Plugs
Type of mounting	With through-hole
Pneumatic connection, port 1	QS-4
Pneumatic connection, port 2	QS-4
Pneumatic connection, port 3	QS-4
Pneumatic connection, port 4	QS-4
Pneumatic connection, port 5	QS-4
Note on materials	RoHS-compliant
Material seals	HNBR NBR
Material housing	Die-cast zinc, coated
Material screws	Galvanised steel

I.4 DATABLAD FOR PNEUMATISK  
TRYKKSYLINDER FRA SMC

# Low Friction Cylinders

## MQ Series

### Metal Seal Type

RoHS



### Compact Low Friction Cylinder MQQ Series

P.322

Series	Bore size (mm)	Operating pressure range (MPa)	Actuation speed (mm/s)
<b>MQQT</b> Standard type	10	0.005 to 0.5	0.3 to 300
	16		
	20		
<b>MQQL</b> Lateral load resisting type (Built-in ball bushing)	25	0.005 to 0.7	0.5 to 500
	30		
	40		



### Lateral Load Resisting Low Friction Cylinder MQM Series

P.331

Series	Bore size (mm)	Operating pressure range (MPa)	Actuation speed (mm/s)
<b>MQML</b> Standard type	6 (Standard only)	$\phi 6$ : 0.02 to 0.7 $\phi 10$ to $\phi 25$ : 0.005 to 0.7	0.5 to 1000
	10		
	16		
<b>MQML</b> □ □ H High speed/frequency	20	0.01 to 0.7	5 to 3000
	25		



### Low Friction Cylinder (Single Acting) MQP Series

P.342

Series	Bore size (mm)	Operating pressure range (MPa)	Thrust control standard (N)
<b>MQP</b>	$\phi 4$	0.001 to 0.7 (Except for moving parts mass)	0.01 to 8
	$\phi 6$		0.03 to 19
	$\phi 10$		0.08 to 50
	$\phi 16$		0.20 to 140
	$\phi 20$		0.30 to 200

REA

REB

REC

Smooth

Low Speed

MQ

RHC

RZQ

D-□

-X□

## Low pressure actuation

Minimal sliding resistance allows low pressure actuation at 0.005 MPa.  
\* Contact SMC regarding vacuum applications.

# Low Friction Cylinders

## MQQ Series

## MQM Series

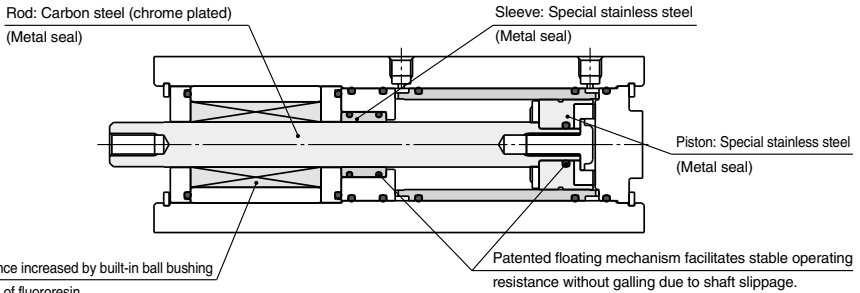
Metal seal structure with low sliding speed and an output control, which

## Long service life

Long service life of 10,000 km or 100 million full cycles.

## Low and uniform speed actuation

Smooth, uniform speed actuation ranges as low as 0.3 mm/s.



\* MQQT type made of fluororesin.

## Low friction

Low sliding resistance and high stability allow force control as low as 0.05 N. (Based on cylinder Piston area x Pressure accuracy)  
No increased sliding resistance after not operating for a long period of time.

## Lateral load resistance

Lateral load resistance is increased by built-in ball bushing. (MQQL/MQML)

## Series Variation

### MQQ Series

Compact low friction cylinders designed for low pressure, low speed, uniform speed or low friction applications

Series	Bore size (mm)	Stroke (mm)							Operating pressure range (MPa)	Actuation speed (mm/s)
		10	20	30	40	50	60	75		
MQQT Standard type	10	●	●	●	●	●	●	●	0.005 to 0.5	0.3 to 300
	16	●	●	●	●	●	●	●		
	20	●	●	●	●	●	●	●		
MQQL Lateral load resisting type (Built-in ball bushing)	25	●	●	●	●	●	●	●	0.005 to 0.7	0.5 to 500
	30	●	●	●	●	●	●	●		
	40	●	●	●	●	●	●	●		

### MQM Series

Lateral load resisting low friction cylinders for low pressure, low speed, uniform speed, low friction high pressure, high speed and high speed response (high frequency) actuation

Series	Bore size (mm)	Stroke (mm)					Operating pressure range (MPa)	Actuation speed (mm/s)
		15	30	45	60	75		
MQML Standard type	6 (standard only)	●	●	●	●	●	ø6: 0.02 to 0.7 ø10 to ø25: 0.005 to 0.7	0.5 to 1000
	10	●	●	●	●	●		
	16	●	●	●	●	●		
MQML□□H High speed/frequency	20	●	●	●	●	●	0.01 to 0.7	5 to 3000
	25	●	●	●	●	●		



# (Metal Seal Type)

/  $\varnothing 10, \varnothing 16, \varnothing 20, \varnothing 25, \varnothing 30, \varnothing 40$

/  $\varnothing 6, \varnothing 10, \varnothing 16, \varnothing 20, \varnothing 25$

resistance enables to cover the range of a driving were not available with the general cylinder.

## High speed, High frequency actuation

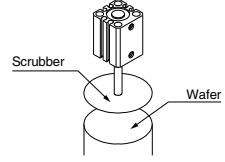
H type achieves speeds up to 3,000 mm/s (without fixed orifice), and continuous actuation up to 50 cycles per second. (MQML□□H)

\*Refer to page 341 for kinetic energy.

## Application Examples

For pressure controlling with fine pressure variations

Applicable models: MQQT/MQML



REA

REB

REC

Smooth

Low Speed

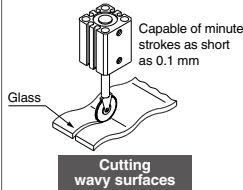
MQ

RHC

RZQ

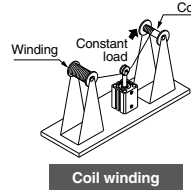
For cutting glasses and lenses, requiring constant force

Applicable models: MQQL/MQML



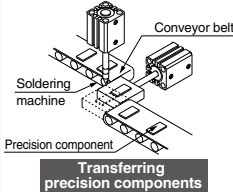
Tension controlling responding to very low pressure and minute pressure variations

Applicable models: MQQL/MQML



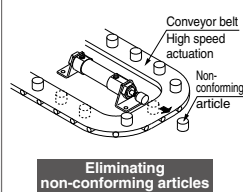
For transferring precision components, etc., that require low or uniform speed actuation

Applicable models: MQQT/MQML



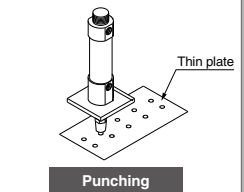
For eliminating non-conforming articles requiring high speed actuation

Applicable models: MQML/MQML□□H



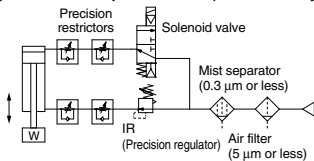
For punching operations requiring high frequency actuation

Applicable models: MQML/MQML□□H



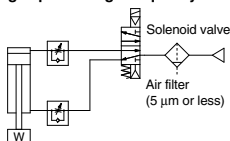
## Recommended Circuit Examples

Example 1) Uniform & low speed actuation (no control of cylinder output)



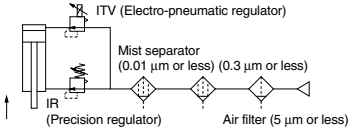
\* When using a solenoid valve, use a metal seal type (VQ, VQZ, SQ series, etc.).

Example 3) High speed & high frequency actuation



\* When using a solenoid valve, use a metal seal type (VQ, VQZ, SQ series, etc.).

Example 2) Low speed with output control



\* When performing control of cylinder output, do not create a restriction circuit using a speed controller, etc. Pressure inside the cylinder will drop and control will become impossible. Always control actuation by means of pressure control. Besides, when using as pressing force or tension control (actuated by external force), air contained inside cylinder is discharged from a relief port on the regulator. When the pressure inside a cylinder is increased by displacement (stroke) or driving speed, etc., install an air tank.

Applications based on low friction specification

- 1) Operating resistance will vary with an offset load. Be sure to properly align the rod axis with the load and direction of movement when connecting. When an offset load is expected, provide a suitable mechanism such as a floating joint.
- 2) Use clean air (atmospheric pressure dew point temperature -10°C or less). Using the AM series mist separator (nominal filtration rating of 0.3  $\mu\text{m}$  or less), or the AM + AMD series (nominal filtration rating of 0.01  $\mu\text{m}$  or less) is recommended.

D-□

-X□

# Low Friction Cylinder MQP Series



Fully covers a pressure force

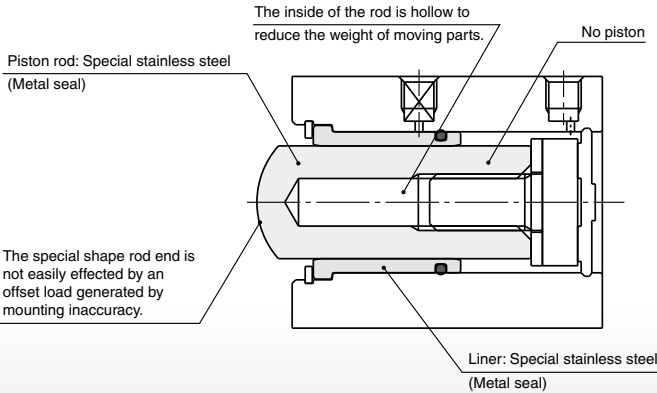
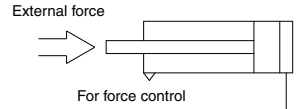
## No lurching

Even extremely small degree lurching such as 0.01 mm does not occur. A special air supply, such as for static bearings, is not required.

## No piston

Sliding resistance is drastically decreased because the piston and the rod share the same shaft.

## Special single acting/Piston retraction by external force



## Reduced thrust dispersion

Dispersion of piston diameter: 3  $\mu\text{m}$  or less  
Readjusting thrust is not necessary when the cylinder is replaced.  
Dispersion of thrust does not occur even more than one cylinder is connected to the same circuit, either. (Depends on the operation environment.)

## Low friction and soft-touching

Possible to control the output in increments of 0.01 N. (Depends on the piston area of a cylinder x pressure accuracy)  
In addition, sliding resistance does not change after periods of non-operation.

## High-precision linear control

Delicate and precise linear movement control is possible.

## MQP Series

Low friction cylinder suitable for low friction, force control.

Bore size [mm] (Pressure receiving diameter)	Stroke [mm]	Operating pressure range [MPa]	Mass of moving parts [g]	Thrust control standard [N]
$\phi 4$	10	0.001 to 0.7 (Excluding the mass of moving parts)	4	0.01 to 8
$\phi 6$			8	0.03 to 19
$\phi 10$			24	0.08 to 50
$\phi 16$			62	0.20 to 140
$\phi 20$			103	0.30 to 200



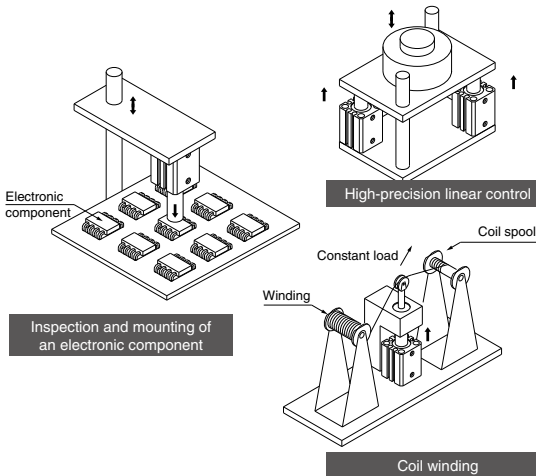
# (Metal Seal Type/Single Acting)

/ø4, ø6, ø10, ø16, ø20

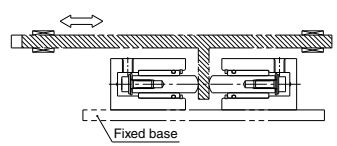
control range of 0.01 N to 200 N

## Application Examples: For force control responding to a slight pressure fluctuation

### Application examples for a single acting model



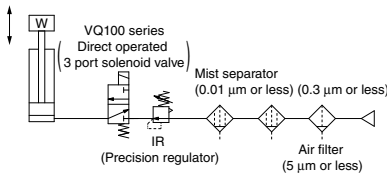
### Application example for a double acting model



Using two MQP cylinders can improve the thrusting accuracy of an MQQ and/or MQM double acting metal cylinder. Additionally, equal strength of both extension and retracting thrust can be obtained.

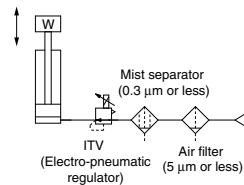
## Recommended Circuit Examples

### Example 1) Normal operation



- 1) When using a solenoid valve, SMC recommends you use the VQ100 series in which the lubricant in the main valve will not flow out.
- 2) Do not use a speed controller in the circuit. If it is used, accurate thrust control may not be possible because the internal pressure of a cylinder will drop. Be sure to employ pressure control for control operations.

### Example 2) Soft-touch operation



### Made to Order

- Vacuum retraction cylinder
- Single acting, spring return type (Built-in springs)
- Tubing with a maximum of ø40 (I.D.) is available.

REA

REB

REC

Smooth

Low Speed

MQ

RHC

RZQ

D-□

-X□

Metal Seal

# Compact Low Friction Cylinder

# MQQ Series

ø10, ø16, ø20, ø25, ø30, ø40



## How to Order

**MQQ** **T** **B** **10** **-** **10** **D**

**Compact low friction specification**

<b>T</b>	Standard type
<b>L</b>	Lateral load resisting type (Built-in ball bushing)

**Type**

**Mounting**

<b>B</b>	Through hole & Double end tapped (Standard)
<b>L</b>	Foot type
<b>F</b>	Rod side flange type
<b>G</b>	Head side flange type
<b>D</b> (Note)	Double clevis type

Note) Available with the MQQL□ only.  
\* Mounting brackets are included when shipped, but unassembled.

**Bore size**

<b>10</b>	10 mm
<b>16</b>	16 mm
<b>20</b>	20 mm
<b>25</b>	25 mm
<b>30</b>	30 mm
<b>40</b>	40 mm

**Body option**

<b>Nil</b>	Standard (Rod end female thread)
<b>M</b> (Note)	Rod end male thread

Note) A rod end thread adapter is attached.  
\* A rod end thread adapter is shipped being assembled.

**Action**

<b>D</b>	Double acting
----------	---------------

**Cylinder stroke**

Bore size (mm)	Standard stroke (mm)
<b>10</b>	10, 20, 30, 40
<b>16</b>	10, 20, 30, 40, 50, 60
<b>20</b>	10, 20, 30, 40, 50, 60
<b>25</b>	10, 20, 30, 40, 50, 75, 100
<b>30</b>	10, 20, 30, 40, 50, 75, 100
<b>40</b>	10, 20, 30, 40, 50, 75, 100

\* Strokes are available in 1 mm increments by installing a spacer in standard stroke cylinders.  
Example: MQQTB10-15D  
(5 mm width spacer is installed in MQQTB10-20D to adjust the stroke.)

**Port thread type**

<b>Nil</b>	M thread	ø10 to ø20
	Rc	
<b>TN</b>	NPT	ø25 to ø40
<b>TF</b>	G	

\* The MQQ series is not auto switch capable.

## Mounting Bracket Part No.

Bore size (mm)	Foot (Note 1)	Flange	Double clevis	Rod end thread adapter (with nut)
<b>10</b>	CQS-L016	CQS-F016	CQS-D016	MQ10-M
<b>16</b>	CQS-L020	CQS-F020	CQS-D020	MQ16-M
<b>20</b>	CQS-L025	CQS-F025	CQS-D025	MQ20-M
<b>25</b>	MQ-L032	MQ-F032	MQ-D032	MQ25-M
<b>30</b>	MQ-L040	MQ-F040	MQ-D040	MQ28-M
<b>40</b>	CQ-L050	CQ-F050	MQ-D050	

Note 1) When ordering a foot bracket, order 2 pcs. for each cylinder.  
Note 2) The following parts are included with a bracket respectively.  
Foot, Flange ..... Body mounting bolts  
Double clevis ..... Clevis pin, C type retaining ring for shaft, Body mounting bolts



### Specifications: Standard Type/MQQT



Bore size (mm)	10	16	20	25	30	40
<b>Seal construction</b>	Metal seal					
<b>Action</b>	Double acting, Single rod					
<b>Fluid</b>	Air					
<b>Proof pressure</b>	1.05 MPa					
<b>Maximum operating pressure</b>	0.5 MPa					
<b>Minimum operating pressure</b> <small>Note 1)</small>	0.005 MPa					
<b>Ambient and fluid temperature</b>	-10 to 80°C					
<b>Cushion</b>	Rubber bumper (Standard)					
<b>Lubrication</b> <small>Note 2)</small>	Not required (Non-lube)					
<b>Rod end thread</b>	Female thread					
<b>Stroke length tolerance</b>	+1.0 0					
<b>Piston speed</b> <small>Note 3)</small>	0.3 to 300 mm/s (Refer to page 340.)					
<b>Total leakage</b> <small>Note 4)</small>	<b>Supply pressure 0.1 MPa</b>	150 cm <sup>3</sup> /min	200 cm <sup>3</sup> /min	300 cm <sup>3</sup> /min	400 cm <sup>3</sup> /min	400 cm <sup>3</sup> /min
	<b>Supply pressure 0.3 MPa</b>	800 cm <sup>3</sup> /min	1000 cm <sup>3</sup> /min	1200 cm <sup>3</sup> /min	1600 cm <sup>3</sup> /min	1600 cm <sup>3</sup> /min
	<b>Supply pressure 0.5 MPa</b>	1500 cm <sup>3</sup> /min	2000 cm <sup>3</sup> /min	3000 cm <sup>3</sup> /min	4000 cm <sup>3</sup> /min	4000 cm <sup>3</sup> /min

Note 1) Value when horizontal. (Use clean, dry, and nonfreezing air) However, as the stroke increases, it will likely be affected by the mass of its moving parts and the pressure will likely increase by approx. 0.003 to 0.005 MPa due to an offset load from the mass of the rod.

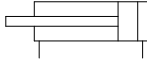
Note 2) Refer to precautions on page 339 regarding lubrication. This product uses turbine oil as an initial lubricant. Lubricant may seep out of the rod or the piping port.

Note 3) Control low speed actuation with differential pressure and a speed controller, etc. (Refer to recommended circuit examples on page 319 for further details.)

Note 4) The values are only for reference and are not guaranteed.

**Symbol**

Double acting, Single rod



### Specifications: Lateral Load Resisting Type/MQQL

Bore size (mm)	10	16	20	25	30	40
<b>Seal construction</b>	Metal seal					
<b>Action</b>	Double acting, Single rod					
<b>Fluid</b>	Air					
<b>Proof pressure</b>	1.05 MPa					
<b>Maximum operating pressure</b>	0.7 MPa					
<b>Minimum operating pressure</b> <small>Note 1)</small>	0.005 MPa					
<b>Ambient and fluid temperature</b>	-10 to 80°C					
<b>Cushion</b>	Rubber bumper (Standard)					
<b>Lubrication</b> <small>Note 2)</small>	Not required (Non-lube)					
<b>Rod end thread</b>	Female thread					
<b>Stroke length tolerance</b>	+1.0 0					
<b>Piston speed</b> <small>Note 3)</small>	0.5 to 500 mm/s (Refer to page 340.)					
<b>Total leakage</b> <small>Note 4)</small>	<b>Supply pressure 0.1 MPa</b>	150 cm <sup>3</sup> /min	200 cm <sup>3</sup> /min	300 cm <sup>3</sup> /min	400 cm <sup>3</sup> /min	400 cm <sup>3</sup> /min
	<b>Supply pressure 0.3 MPa</b>	800 cm <sup>3</sup> /min	1000 cm <sup>3</sup> /min	1200 cm <sup>3</sup> /min	1600 cm <sup>3</sup> /min	1600 cm <sup>3</sup> /min
	<b>Supply pressure 0.5 MPa</b>	1500 cm <sup>3</sup> /min	2000 cm <sup>3</sup> /min	3000 cm <sup>3</sup> /min	4000 cm <sup>3</sup> /min	4000 cm <sup>3</sup> /min

Note 1) Value when horizontal. (Use clean, dry, and nonfreezing air) However, as the stroke increases, it will likely be affected by the mass of its moving parts and the pressure will likely increase by approx. 0.003 to 0.005 MPa due to an offset load from the mass of the rod.

Note 2) Refer to precautions on page 339 regarding lubrication. This product uses turbine oil as an initial lubricant. Lubricant may seep out of the rod or the piping port.

Note 3) Control low speed actuation with differential pressure and a speed controller, etc. (Refer to recommended circuit examples on page 319 for further details.)

Note 4) The values are only for reference and are not guaranteed.

### Weight: Standard Type/MQQT

Bore size (mm)	Cylinder stroke (mm)							Unit: g
	10	20	30	40	50	60	75	
10	94	118	142	166	—	—	—	—
16	166	206	246	286	326	366	—	—
20	228	290	352	414	476	538	—	—
25	395	487	579	671	763	—	993	1223
30	479	567	655	743	831	—	1052	1272
40	728	846	964	1082	1200	—	1495	1790

### Weight: Lateral Load Resisting Type/MQQL (Built-in Ball Bushing)

Bore size (mm)	Cylinder stroke (mm)							Unit: g
	10	20	30	40	50	60	75	
10	148	172	196	220	—	—	—	—
16	284	324	364	404	444	484	—	—
20	383	445	507	569	631	693	—	—
25	552	644	736	828	920	—	1150	1380
30	911	999	1087	1175	1263	—	1485	1705
40	1337	1455	1573	1691	1809	—	2104	2339

\* Refer to page 340 for moving parts mass.

### Theoretical Output (Guide)



Bore size (mm)	Rod size (mm)	Direction	Piston area (mm <sup>2</sup> )	Operating pressure (MPa)						
				0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
10	6	IN	50.3	5.0	10.1	15.1	20.1	25.2	30.2	35.2
		OUT	78.5	7.9	15.7	23.6	31.4	39.3	47.1	55.0
16 (15.8)	8	IN	145.8	14.9	29.2	43.7	58.3	72.9	87.5	102.1
		OUT	196.1	19.6	39.2	58.9	78.4	98.1	117.7	137.3
20	10	IN	235.6	23.6	47.1	70.7	94.2	117.8	141.4	164.9
		OUT	314.2	31.4	62.8	94.3	125.7	157.1	188.5	219.9
25	12	IN	377.8	37.8	75.6	113.3	151.1	188.9	226.7	262.5
		OUT	490.9	49.1	98.2	147.3	196.4	245.5	294.5	343.6
30	16	IN	505.8	50.6	101.2	151.8	202.4	253.0	303.6	354.2
		OUT	706.9	70.7	141.4	212.1	282.8	353.5	424.2	494.9
40	20	IN	1055.6	105.6	211.2	316.8	422.4	528.0	633.6	739.2
		OUT	1256.6	125.7	251.4	377.1	502.8	628.5	754.2	879.9

REA

REB

REC

Smooth

Low Speed

MQ

RHC

RZQ

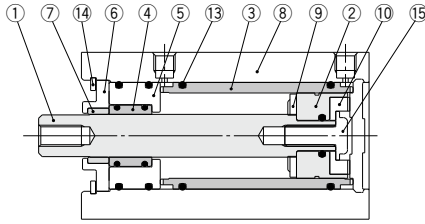
D-□

X-□

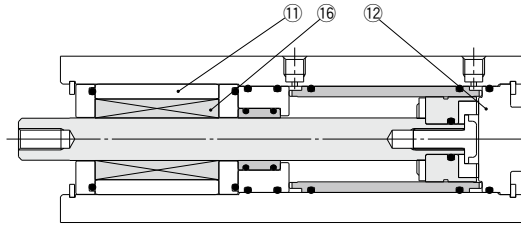
# MQQ Series

## Construction

### Standard type: MQQT



### Lateral load resisting type: MQQL (Built-in ball bushing)



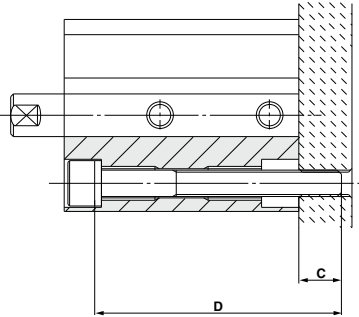
### Component Parts

No.	Description	Material	Note
1	Rod	Carbon steel	Hard chrome plated
2	Piston	Special stainless steel	
3	Liner	Special stainless steel	
4	Sleeve	Special stainless steel	
5	Sleeve retainer	Aluminum alloy	
6	Plate	Aluminum alloy	Hard anodized
7	Guide	Fluororesin	
8	Cylinder tube	Aluminum alloy	Hard anodized
9	Bumper A	Polyurethane	
10	Bumper B	Polyurethane	
11	Bushing	Aluminum alloy	
12	Bottom plate	Aluminum alloy	Hard anodized
13	O-ring	NBR	
14	Retaining ring	Carbon tool steel	Phosphate coated
15	Bolt	Carbon tool steel	Chromated
16	Ball bushing		

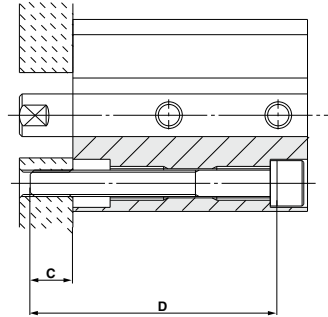
## Mounting

### Mounting bolts

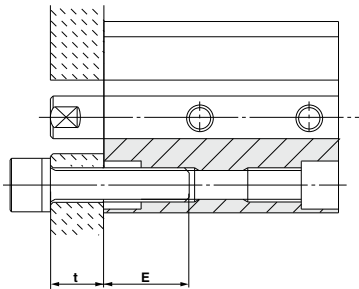
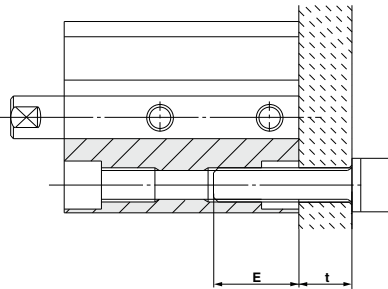
#### a) Mounting type A (when using the mounting plate threads)



Note) Be sure to use a flat washer for the A type mounting.



#### b) Mounting type B (when using the cylinder tube threads)



REA  
REB  
REC  
Smooth  
Low Speed  
MQ  
RHC  
RZQ

### Compatible Mounting Bolt Dimensions

Model	Mounting type A			Mounting type B		
	Mounting bolt size	C (mm)	D: Bolt length (mm)	Mounting bolt size	E (mm)	
Standard type MQQT	MQQTB10-□D	M3 x 0.5	7	35 + Stroke	M4 x 0.7	8 to 11
	MQQTB16-□D	M5 x 0.8	7	35 + Stroke	M6 x 1	13 to 17
	MQQTB20-□D		8.5	40 + Stroke		
	MQQTB25-□D		9	45 + Stroke		
	MQQTB30-□D	7.5	50 + Stroke	M8 x 1.25	16 to 22	
MQQTB40-□D	M6 x 1	6	50 + Stroke			
Lateral load resisting type MQQL (Built-in ball bushing)	MQQLB10-□D	M3 x 0.5	7	65 + Stroke	M4 x 0.7	8 to 11
	MQQLB16-□D	M5 x 0.8	5.5	70 + Stroke	M6 x 1	13 to 17
	MQQLB20-□D		8	80 + Stroke		
	MQQLB25-□D		6.5	85 + Stroke		
	MQQLB30-□D		7	105 + Stroke		
	MQQLB40-□D	M6 x 1	7	105 + Stroke	M8 x 1.25	16 to 22

□: Stroke

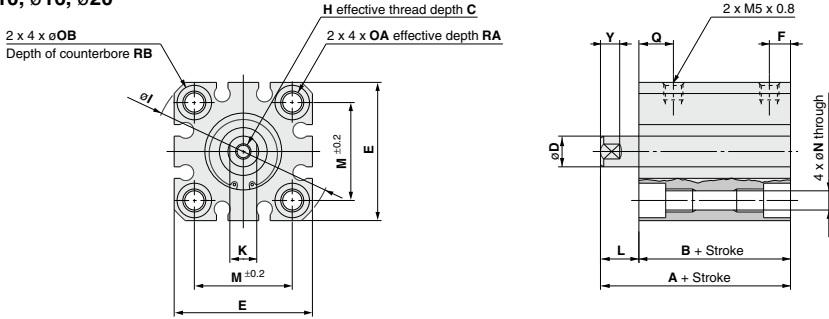
D-□  
-X□

# MQQ Series

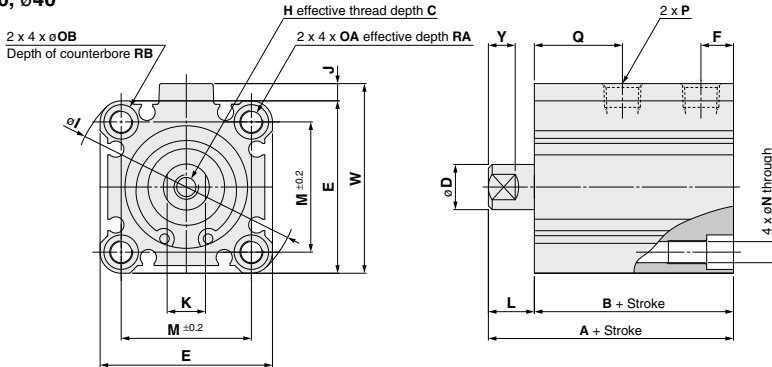
## Dimensions

### Standard type (Through hole & Double end tapped): MQQT<sub>B</sub>

ø10, ø16, ø20



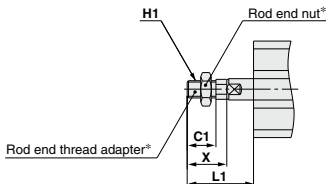
ø25, ø30, ø40



Bore size (mm)	Stroke range (mm)	A	B	C	D <sup>(Note)</sup>	E	F	H	I	J	K	L	M	N	OA	OB	P			Q	RA	RB	W	Y
																	—	TN	TF					
10	10 to 40	39.5	31.5	6	6 ( 5.8)	29	5.5	M3 x 0.5	38	—	5	8	20	3.5	M4 x 0.7	6.5	—	—	—	14.5	7	4	—	5
16	10 to 60	44	34	8	8 ( 7.8)	36	5.5	M4 x 0.7	47	—	7	10	25.5	5.4	M6 x 1.0	9	—	—	—	18	10	7	—	5
20	10 to 60	47.5	37.5	10	10 ( 9.8)	40	5.5	M5 x 0.8	52	—	8	10	28	5.4	M6 x 1.0	9	—	—	—	19.5	10	7	—	6
25	10 to 50, 75, 100	54	42	12	12 (11.8)	45	8.5	M6 x 1.0	60	4.5	10	12	34	5.5	M6 x 1.0	9	Rc 1/8	NPT 1/8	G 1/8	23	10	7	49.5	7
30	10 to 50, 75, 100	60.5	48.5	13	16 (15.8)	52	8.5	M8 x 1.25	69	5	14	12	40	5.5	M6 x 1.0	9	Rc 1/8	NPT 1/8	G 1/8	26	10	7	57	10
40	10 to 50, 75, 100	62	50	13	16 (15.8)	64	12	M8 x 1.25	86	7	14	12	50	6.6	M8 x 1.25	11	Rc 1/4	NPT 1/4	G 1/4	26	14	8	71	10

Note ( ) : Rod end dimensions

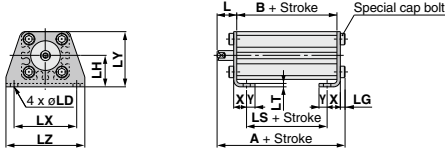
### With rod end male thread: MQQ□-□DM



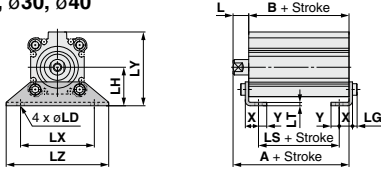
Bore size (mm)	L1	C1	H1	X
10	23.5	10.5	M5 x 0.8	15.5
16	26.5	11.5	M6 x 1.0	16.5
20	28.5	13.5	M8 x 1.25	18.5
25	34.5	16.5	M10 x 1.25	22.5
30	40.5	22.5	M14 x 1.5	28.5
40	40.5	22.5	M14 x 1.5	28.5

\* Refer to page 330 for details regarding the rod end thread adapter and the rod end nut.

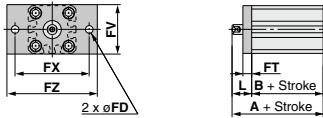
**Foot type: MQQTL**  
ø10, ø16, ø20



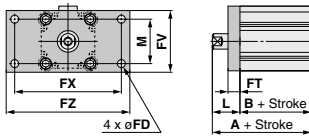
ø25, ø30, ø40



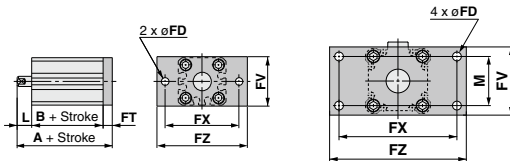
**Rod side flange type: MQQTF**  
ø10, ø16, ø20



ø25, ø30, ø40



**Head side flange type: MQQTG**  
ø10, ø16, ø20



ø25, ø30, ø40

Bore size (mm)	Stroke range (mm)	A	B	L	LD	LG	LH
10	10 to 40	44.3	31.5	8	4.5	2.8	19
16	10 to 60	51.2	34	10	6.6	4	24
20	10 to 60	54.7	37.5	10	6.6	4	26
25	10 to 50,75,100	61.2	42	12	6.6	4	30
30	10 to 50,75,100	67.7	48.5	12	6.6	4	33
40	10 to 50,75,100	70.2	50	12	9	5	39

Bore size (mm)	LS	LT	LX	LY	LZ	X	Y
10	19.5	2	38	33.5	48	8	5
16	22	3.2	48	42	62	9.2	5.8
20	22.5	3.2	52	46	66	10.7	5.8
25	26	3.2	57	57	71	11.2	5.8
30	32.5	3.2	64	64	78	11.2	7
40	27	3.2	79	78	95	14.7	8

Bore size (mm)	Stroke range (mm)	A	B	FD	FT	FV	FX
10	10 to 40	49.5	31.5	4.5	5.5	30	45
16	10 to 60	54	34	6.6	8	39	48
20	10 to 60	57.5	37.5	6.6	8	42	52
25	10 to 50,75,100	64	42	5.5	8	48	56
30	10 to 50,75,100	70.5	48.5	5.5	8	54	62
40	10 to 50,75,100	72	50	6.6	9	67	76

Bore size (mm)	FZ	L	M
10	55	18	—
16	60	20	—
20	64	20	—
25	65	22	34
30	72	22	40
40	89	22	50

Bore size (mm)	Stroke range (mm)	A	L
10	10 to 40	45	8
16	10 to 60	52	10
20	10 to 60	55.5	10
25	10 to 50,75,100	62	12
30	10 to 50,75,100	68.5	12
40	10 to 50,75,100	70	12

(Dimensions other than A and L are the same as the rod side flange type.)

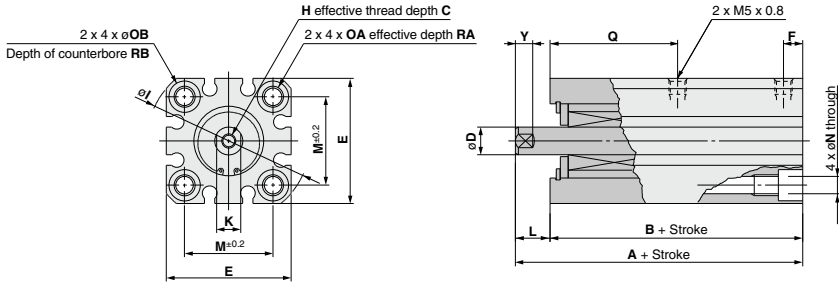
- REA
- REB
- REC
- Smooth
- Low Speed
- MQ
- RHC
- RZQ

# MQQ Series

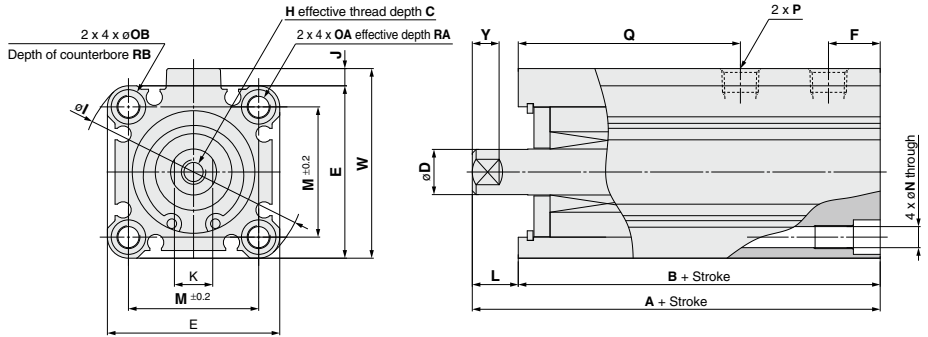
## Dimensions

### Lateral load resisting type (Through hole & Double end tapped): MQQLB

ø10, ø16, ø20



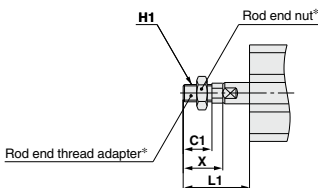
ø25, ø30, ø40



Bore size (mm)	Stroke range (mm)	A	B	C	D (Note)		E	F	H	I	J	K	L	M	N	OA	OB	P			Q	RA	RB	W	Y
					—	TN												TF							
10	10 to 40	69.5	61.5	6	6 ( 5.8)	29	9	M3 x 0.5	38	—	5	8	20	3.5	M4 x 0.7	6.5	—	—	—	39.5	7	4	—	5	
16	10 to 60	80.5	70.5	8	8 ( 7.8)	36	11	M4 x 0.7	47	—	7	10	25.5	5.4	M6 x 1.0	9	—	—	—	48.5	10	7	—	5	
20	10 to 60	89	79	10	10 ( 9.8)	40	11.5	M5 x 0.8	52	—	8	10	28	5.4	M6 x 1.0	9	—	—	—	55	10	7	—	6	
25	10 to 50, 75, 100	96.5	84.5	12	12 (11.8)	45	13.5	M6 x 1.0	60	4.5	10	12	34	5.5	M6 x 1.0	9	Rc 1/8	NPT 1/8	G 1/8	58	10	7	49.5	7	
30	10 to 50, 75, 100	116	104	13	16 (15.8)	52	17.5	M8 x 1.25	69	5	14	12	40	5.5	M6 x 1.0	9	Rc 1/8	NPT 1/8	G 1/8	71	10	7	57	10	
40	10 to 50, 75, 100	116	104	13	16 (15.8)	64	17.5	M8 x 1.25	86	7	14	12	50	6.6	M8 x 1.25	11	Rc 1/4	NPT 1/4	G 1/4	71	14	8	71	10	

Note ( ) : Rod end dimensions

### With rod end male thread: MQQ□-DM

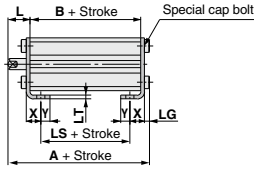
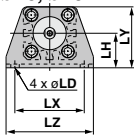


Bore size (mm)	(mm)			
	L1	C1	H1	X
10	23.5	10.5	M5 x 0.8	15.5
16	26.5	11.5	M6 x 1.0	16.5
20	28.5	13.5	M8 x 1.25	18.5
25	34.5	16.5	M10 x 1.25	22.5
30	40.5	22.5	M14 x 1.5	28.5
40	40.5	22.5	M14 x 1.5	28.5

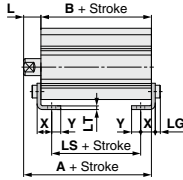
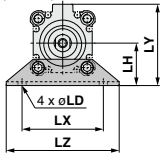
\* Refer to page 330 for details regarding the rod end thread adapter and the rod end nut.



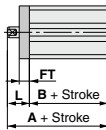
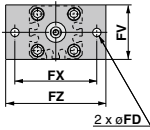
**Foot type: MQQLL**  
ø10, ø16, ø20



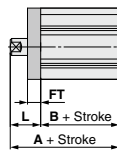
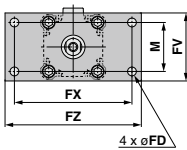
ø25, ø30, ø40



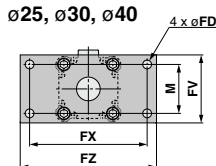
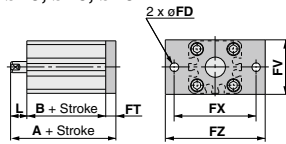
**Rod side flange type: MQQLF**  
ø10, ø16, ø20



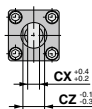
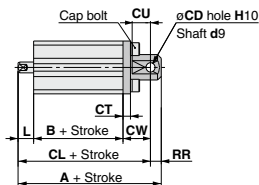
ø25, ø30, ø40



**Head side flange type: MQQLG**  
ø10, ø16, ø20



**Double clevis type: MQQLD**



(mm)							
Bore size (mm)	Stroke range (mm)	A	B	L	LD	LG	LH
10	10 to 40	74.3	61.5	8	4.5	2.8	19
16	10 to 60	87.7	70.5	10	6.6	4	24
20	10 to 60	96.2	79	10	6.6	4	26
25	10 to 50,75,100	103.7	84.5	12	6.6	4	30
30	10 to 50,75,100	123.2	104	12	6.6	4	33
40	10 to 50,75,100	124.2	104	12	9	5	39

Bore size (mm)	LS	LT	LX	LY	LZ	X	Y
10	49.5	2	38	33.5	48	8	5
16	58.5	3.2	48	42	62	9.2	5.8
20	64	3.2	52	46	66	10.7	5.8
25	68.5	3.2	57	57	71	11.2	5.8
30	88	3.2	64	64	78	11.2	7
40	81	3.2	79	78	95	14.7	8

(mm)							
Bore size (mm)	Stroke range (mm)	A	B	FD	FT	FV	FX
10	10 to 40	79.5	61.5	4.5	5.5	30	45
16	10 to 60	90.5	70.5	6.6	8	39	48
20	10 to 60	99	79	6.6	8	42	52
25	10 to 50,75,100	106.5	84.5	5.5	8	48	56
30	10 to 50,75,100	126	104	5.5	8	54	62
40	10 to 50,75,100	126	104	6.6	9	67	76

Bore size (mm)	FZ	L	M
10	55	18	—
16	60	20	—
20	64	20	—
25	65	22	34
30	72	22	40
40	89	22	50

(mm)			
Bore size (mm)	Stroke range (mm)	A	L
10	10 to 40	75	8
16	10 to 60	88.5	10
20	10 to 60	97	10
25	10 to 50,75,100	104.5	12
30	10 to 50,75,100	124	12
40	10 to 50,75,100	124	12

(Dimensions other than A and L are the same as the rod side flange type.)

(mm)							
Bore size (mm)	Stroke range (mm)	A	B	CD	CL	CT	CU
10	10 to 40	90.5	61.5	5	84.5	4	10
16	10 to 60	107.5	70.5	8	98.5	5	12
20	10 to 60	119	79	10	109	5	14
25	10 to 50,75,100	126.5	84.5	10	116.5	5	14
30	10 to 50,75,100	148	104	10	138	6	14
40	10 to 50,75,100	158	104	14	144	7	20

Bore size (mm)	CW	CX	CZ	L	RR
10	15	6.5	12	8	6
16	18	8	16	10	9
20	20	10	20	10	10
25	20	18	36	12	10
30	22	18	36	12	10
40	28	22	44	12	14

REA

REB

REC

Smooth

Low Speed

MQ

RHC

RZQ

D-□

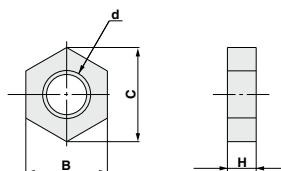
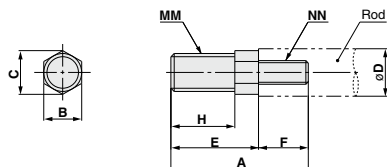
-X□

# MQQ Series

## Accessory Dimensions

Rod end thread adapter (With rod end nut shown in the right figure)

Rod end nut



Material: Stainless steel

Part no.	Applicable bore size (mm)	A	B	C	D	E	F
MQ10-M	10	20.5	8	9.2	6	15.5	5
MQ16-M	16	22.5	8	9.2	8	16.5	6
MQ20-M	20	24.5	8	9.2	10	18.5	6
MQ25-M	25	33.5	10	11.5	12	22.5	11
MQ28-M	30, 40	40.5	14	16	16	28.5	12

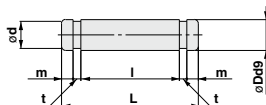
Material: Carbon steel

Part no.	Applicable bore size (mm)	B	C	d	H	Weight
NTJ-015C	10	8	9.2	M5 x 0.8	4	1.5 g
NT-015A	16	10	11.5	M6 x 1.0	5	2.5 g
NT-02	20	13	15	M8 x 1.25	5	4.0 g
NT-03	25	17	19.6	M10 x 1.25	6	8.0 g
NT-04	30, 40	22	25.4	M14 x 1.5	8	17.0 g

Part no.	Applicable bore size (mm)	H	MM	NN	Weight <sup>(Note)</sup>
MQ10-M	10	10.5	M5 x 0.8	M3 x 0.5	5.5 g
MQ16-M	16	11.5	M6 x 1.0	M4 x 0.7	7.5 g
MQ20-M	20	13.5	M8 x 1.25	M5 x 0.8	11.5 g
MQ25-M	25	16.5	M10 x 1.25	M6 x 1.0	22.5 g
MQ28-M	30, 40	22.5	M14 x 1.5	M8 x 1.25	52.0 g

Note) Rod end nut is included

## Clevis pin



Material: Carbon steel

Part no.	Applicable bore size (mm)	Dd9	L	d	l	m	t	Applicable retaining ring
IY-J015	10	5 <sup>-0.030</sup> <sub>-0.040</sub>	16.6	4.8	12.2	1.5	0.7	C type 5 for shaft
IY-G02	16	8 <sup>-0.040</sup> <sub>-0.076</sub>	21	7.6	16.2	1.5	0.9	C type 8 for shaft
IY-G03	20	10 <sup>-0.040</sup> <sub>-0.076</sub>	25.6	9.6	20.2	1.55	1.15	C type 10 for shaft
IY-G04	25, 30	10 <sup>-0.040</sup> <sub>-0.076</sub>	41.6	9.6	36.2	1.55	1.15	C type 10 for shaft
IY-G05	40	14 <sup>-0.050</sup> <sub>-0.093</sub>	50.6	13.4	44.2	2.05	1.15	C type 14 for shaft

\* C-type retaining ring for shaft is included.

Metal Seal

# Lateral Load Resisting Low Friction Cylinder

## MQM Series

ø6, ø10, ø16, ø20, ø25



### How to Order

**MQML B 10 [ ] [ ] - 15 D**

Lateral load resisting low friction specification

Type

**L** Lateral load resisting type (Built-in ball bushing)

Mounting

<b>B</b>	Basic type
<b>L</b>	Foot type
<b>F</b>	Rod side flange type
<b>G</b>	Head side flange type (Except for ø6)
<b>C</b> <sup>Note 1)</sup>	Single clevis type (Non-integrated type)
<b>D</b> <sup>Note 2)</sup>	Double clevis type

Note 1) Bore size: 20, 25 mm only

\* Mounting brackets are included when shipped, but unassembled. (Except for clevis type.)

Note 2) ø6, ø10, ø16 ..... Integrated type  
ø20, ø25 ..... Non-integrated type

Bore size

<b>6</b>	6 mm
<b>10</b>	10 mm
<b>16</b>	16 mm
<b>20</b>	20 mm
<b>25</b>	25 mm

Action

**D** Double acting

Cylinder stroke

Bore size (mm)	Standard stroke (mm)
<b>6</b>	15, 30, 45, 60
<b>10</b>	15, 30, 45, 60, 75, 100
<b>16</b>	15, 30, 45, 60, 75, 100
<b>20</b>	15, 30, 45, 60, 75, 100
<b>25</b>	15, 30, 45, 60, 75, 100

\* Strokes are available in 1mm increments by installing spacers in standard stroke cylinders.

Example: MQMLB10-20D

(10 mm width spacer is installed in MQMLB10-30D to adjust the stroke.)

Function

<b>Nil</b>	Standard type
<b>H</b> <sup>Note)</sup>	High speed/high frequency type (Without fixed orifice)

Note) Except for 6 mm bore size.

Port thread type

<b>Nil</b>	M thread	ø6 to ø16
	Rc	
<b>TN</b>	NPT	ø20, ø25
<b>TF</b>	G	

\* The MQM series is not auto switch capable.

### Mounting Type/Accessories

Mounting bracket		B: Basic	L: Foot	F: Rod side flange	G: Head side flange	C: Single clevis	D: Double clevis	Note
Standard	Mounting nut <sup>Note 1)</sup>	● (1 pc.)	● (2 pcs.)	● (1 pc.)	● (1 pc.)	— <sup>Note 1)</sup>	— <sup>Note 2)</sup>	
	Rod end nut	●	●	●	●	●	●	
	Clevis pin	—	—	—	—	—	●	
Option	T-bracket	—	—	—	—	—	●	With pin

Note 1) Mounting nut is not included with the integrated clevis, single clevis and double clevis types.

Note 2) Pin and retaining ring are packed with the double clevis type.

### Mounting Bracket Part No.

Bore size (mm)	Foot <sup>Note 1)</sup>	Flange	Single clevis	Double clevis (with pin) <sup>Note 2)</sup>	T-bracket <sup>Note 3)</sup>
<b>6</b>	CJK-L016C		—	—	
<b>10</b>	MQM-L010	CJK-F016C	—	—	CJ-T010C
<b>16</b>	MQM-L016	CLJ-F016B	—	—	CJ-T016C
<b>20</b>	CM-L020B	CM-F020B	CM-C020B	CM-D020B	—
<b>25</b>	CM-L032B	CM-F032B	CM-C032B	CM-D032B	—

Note 1-1) Bore size 6 mm:

1 foot bracket is included.

When ordering foot brackets, order 1 piece per a cylinder unit.

Note 1-2) Bore size other than 6 mm (10, 16, 20 and 25 mm) (Same as CM series):

2 foot brackets and 1 mounting nut (1 set) are used for a cylinder unit.

When ordering foot brackets, order 2 pieces per a cylinder unit (shipped as a set).

Note 2) Clevis pin and retaining ring are included in package.

Note 3) T-bracket is applicable to the double clevis type (D).

REA

REB

REC

Smooth

Low Speed

MQ

RHC

RZQ

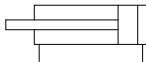
D-□

-X□



### Symbol

Double acting, Single rod



## Specifications

Bore size (mm)		6	10	16	20	25
<b>Seal construction</b>		Metal seal				
<b>Action</b>		Double acting, Single rod				
<b>Fluid</b>		Air				
<b>Proof pressure</b>		1.05 MPa				
<b>Maximum operating pressure</b>		0.7 MPa				
<b>Minimum operating pressure</b> <sup>Note 1)</sup>	<b>Standard type</b>	0.02MPa	0.005 MPa			
	<b>H (High speed/ High frequency type)</b>	—	0.01 MPa			
<b>Ambient and fluid temperature</b>		-10 to 80°C				
<b>Cushion</b>		Rubber bumper (Standard)				
<b>Lubrication</b> <sup>Note 2)</sup>		Not required (Non-lube)				
<b>Stroke length tolerance</b>		+1.0 0				
<b>Piston speed</b> <sup>Note 3)</sup>	<b>Standard type</b>	0.5 to 1000 mm/s (Refer to page 341.)				
	<b>H (High speed/ High frequency type)</b>	—	5 to 3000 mm/s (Refer to page 341.)			
<b>Total leakage</b> <sup>Note 4)</sup>	<b>Supply pressure 0.1 MPa</b>	150 cm <sup>3</sup> /min	250 cm <sup>3</sup> /min	300 cm <sup>3</sup> /min	300 cm <sup>3</sup> /min	300 cm <sup>3</sup> /min
	<b>Supply pressure 0.3 MPa</b>	800 cm <sup>3</sup> /min	1000 cm <sup>3</sup> /min	1200 cm <sup>3</sup> /min	1200 cm <sup>3</sup> /min	1200 cm <sup>3</sup> /min
	<b>Supply pressure 0.5 MPa</b>	1500 cm <sup>3</sup> /min	2500 cm <sup>3</sup> /min	3000 cm <sup>3</sup> /min	3000 cm <sup>3</sup> /min	3000 cm <sup>3</sup> /min

Note 1) Value when horizontal. (Use clean, dry, and nonfreezing air) However, as the stroke increases, it will likely be affected by the mass of its moving parts and the pressure will likely increase by approx. 0.003 to 0.005 MPa due to an offset load from the mass of the rod.

Note 2) Refer to precautions on page 339 regarding lubrication. This product uses turbine oil (standard type) or lithium soap based grease (high speed/high frequency type) as an initial lubricant. Lubricant may seep out of the rod or the piping port.

Note 3) Control low speed actuation with differential pressure and a speed controller, etc. (Refer to recommended circuit examples on page 319 for further details.)

Note 4) The values are only for reference and are not guaranteed.

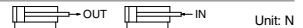
## Weight: Standard Type, High Speed/High Frequency Type

Unit: g

Bore size (mm)	Cylinder stroke (mm)					
	15	30	45	60	75	100
<b>6</b>	52.5	60.7	68.9	77.1	—	—
<b>10</b>	92.4	102.7	113.0	123.3	133.6	143.9
<b>16</b>	152.4	175.2	198.0	220.8	243.6	266.4
<b>20</b>	349.8	392.6	435.4	478.2	521.0	563.8
<b>25</b>	460.8	510.0	559.2	608.4	657.6	706.8

\* Refer to page 341 for moving parts mass.

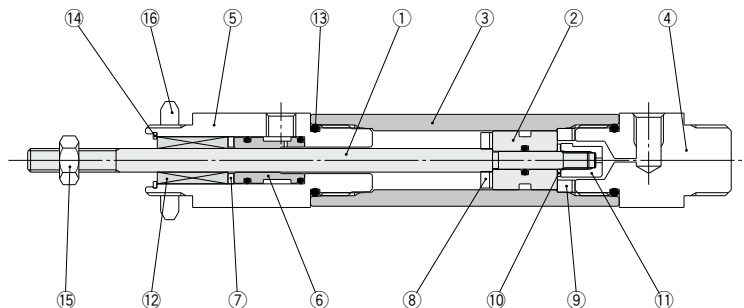
## Theoretical Output (Guide)



Unit: N

Bore size (mm)	Rod size (mm)	Direction	Piston area (mm <sup>2</sup> )	Operating pressure (MPa)						
				0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
<b>6</b>	4	IN	15.7	1.6	3.2	4.7	6.3	7.9	9.4	11.0
		OUT	28.3	2.8	5.7	8.5	11.3	14.2	17.0	19.8
<b>10</b>	4	IN	66.0	6.6	13.2	19.8	26.4	33.0	39.6	46.2
		OUT	78.5	7.9	15.7	23.6	31.4	39.3	47.1	55.0
<b>16 (15.8)</b>	5	IN	176.4	17.6	35.3	52.9	70.6	88.2	105.8	123.5
		OUT	196.1	19.6	39.2	58.9	78.4	98.1	117.8	137.3
<b>20</b>	8	IN	263.9	26.4	52.8	79.2	105.6	132.0	158.3	184.7
		OUT	314.2	31.4	62.8	94.3	125.7	157.1	188.5	219.9
<b>25</b>	10	IN	412.3	41.2	82.5	123.7	164.9	206.2	247.4	288.6
		OUT	490.9	49.1	98.2	147.3	196.4	245.5	294.5	343.6

## Construction



REA

REB

REC

Smooth

Low  
Speed

**MQ**

RHC

RZQ

## Component Parts

No.	Description	Material	Note
1	Rod	Carbon steel	Hard chrome plated
2	Piston	Special stainless steel	
3	Tube	Special stainless steel	
4	Head cover	Aluminum alloy	Hard anodized
5	Rod cover	Aluminum alloy	Hard anodized
6	Sleeve	Special stainless steel	
7	Seat	NBR	
8	Bumper A	Polyurethane	
9	Bumper B	Polyurethane	
10	Bumper C	Polyurethane	
11	Nut	Aluminum alloy	
12	Ball bushing		
13	O-ring	NBR	
14	Retaining ring	Carbon tool steel	Phosphate coated
15	Rod end nut	Carbon steel	Chromated
16	Mounting nut	Brass/Carbon steel <sup>(Note)</sup>	

Note) Bore size:  $\phi 6$ ,  $\phi 10$ ,  $\phi 16$ .....Brass  
Bore size:  $\phi 20$ ,  $\phi 25$ .....Carbon steel

D-□

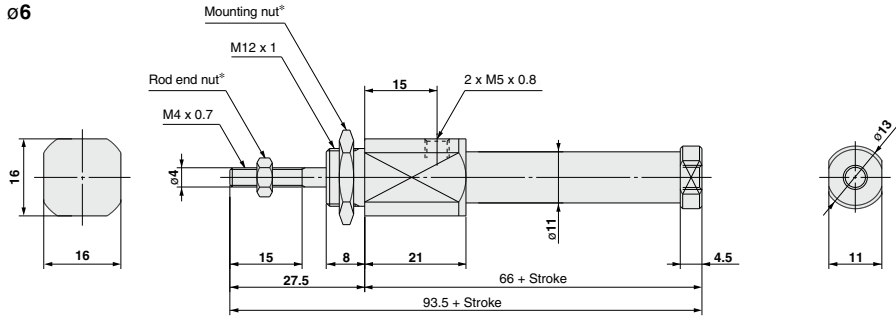
-X□

# MQM Series

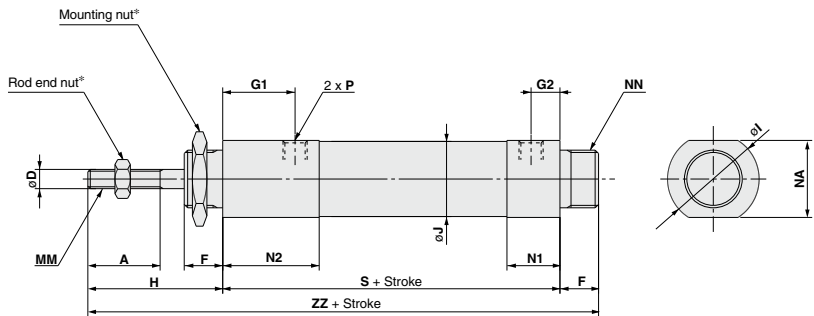
## Dimensions

### Basic type: MQMLB

ø6



ø10, ø16, ø20, ø25



Bore size (mm)	A	D	F	G1	G2	H	I	J	MM	N1	N2	NA	NN	P			S	ZZ
														—	TN	TF		
														10	15	4		
16	15	5	10	15	6	30	22	22	M5 x 0.8	12	21	19.5	M14 x 1	M5 x 0.8	—	—	74	114
20	18	8	13	25	8.5	40.5	31.5	28.5	M8 x 1.25	20.5	33	29	M20 x 1.5	Rc 1/8	NPT 1/8	G 1/8	97.5	151
25	18	10	13	30	8.5	44.5	34.5	32	M10 x 1.25	20.5	38	32	M26 x 1.5	Re 1/8	NPT 1/8	G 1/8	102.5	160

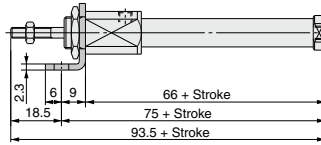
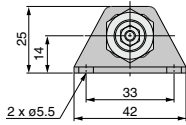
\* Refer to page 338 for details regarding the rod end nut and the mounting nut.

**Dimensions**

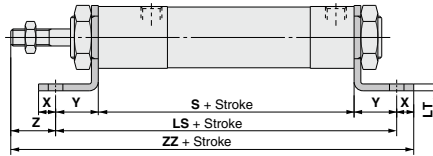
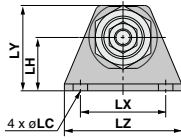
Refer to the basic type on page 334 for other dimensions.

**Foot type: MQMLL**

ø6



**ø10, ø16, ø20, ø25**

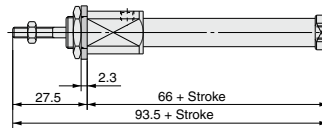
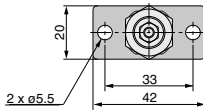


(mm)

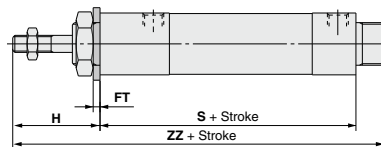
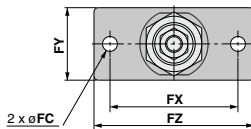
Bore size (mm)	LC	LH	LS	LT	LX	LY	LZ	S	X	Y	Z	ZZ
10	5.5	14	83	2.3	33	25	42	65	6	9	19	108
16	5.5	18	92	2.3	42	30	54	74	6	9	21	119
20	6.8	25	137.5	3.2	40	40	55	97.5	8	20	20.5	166
25	6.8	28	142.5	3.2	40	47	55	102.5	8	20	24.5	175

**Rod side flange type: MQMLF**

ø6



**ø10, ø16, ø20, ø25**



(mm)

Bore size (mm)	FC	FT	FX	FY	FZ	H	S	ZZ
10	5.5	2.3	33	20	42	28	65	101
16	5.5	2.3	42	24	54	30	74	114
20	7	4	60	34	75	40.5	97.5	151
25	7	4	60	40	75	44.5	102.5	160

REA

REB

REC

Smooth

Low Speed

MQ

RHC

RZQ

D-□

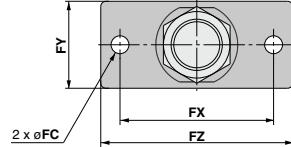
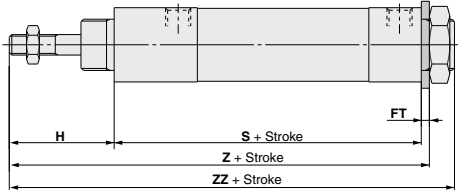
-X□

# MQM Series

Refer to the basic type on page 334 for other dimensions.

## Dimensions

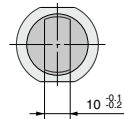
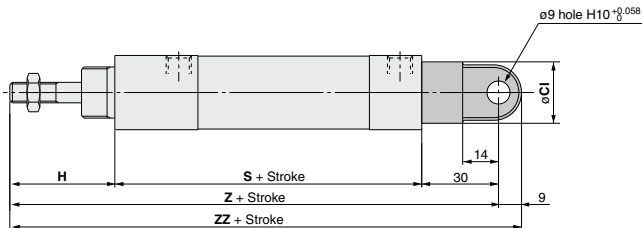
Head side flange type: MQMLG (Except for  $\phi 6$ )  
 $\phi 10, \phi 16, \phi 20, \phi 25$



(mm)

Bore size (mm)	FC	FT	FX	FY	FZ	H	S	Z	ZZ
10	5.5	2.3	33	20	42	28	65	95.3	101
16	5.5	2.3	42	24	54	30	74	106.3	114
20	7	4	60	34	75	40.5	97.5	142	151
25	7	4	60	40	75	44.5	102.5	151	160

Single clevis type: MQMLC ( $\phi 20$  and  $\phi 25$  only)  
 $\phi 20, \phi 25$  (Non-integrated type)



(mm)

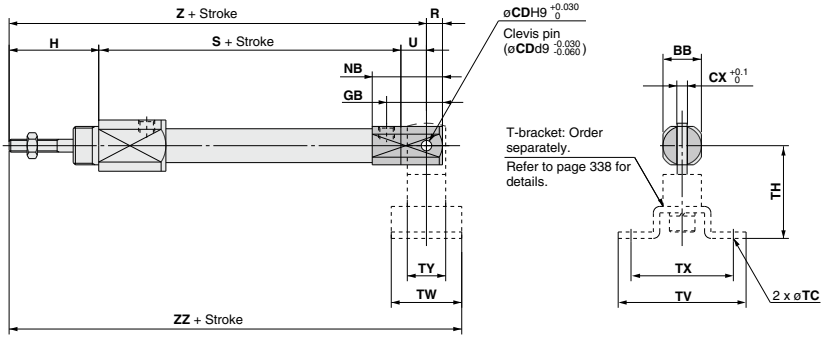
Bore size (mm)	Cl	H	S	Z	ZZ
20	24	40.5	97.5	168	177
25	30	44.5	102.5	177	186



(Refer to the basic type on page 334 for other dimensions.)

## Dimensions

### Double clevis type: MQMLD ø6, ø10, ø16 (Integrated type)



(mm)

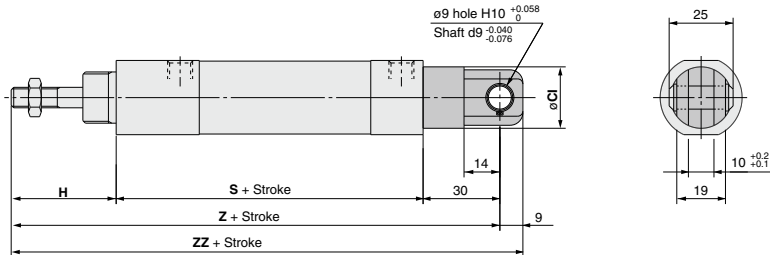
Bore size (mm)	BB	CD	CX	GB	H	NB	R	S	U	Z	ZZ
6	12	3.3	3.3	17.5	27.5	22	5	70.5	8	106	117
10	12	3.3	3.3	19	28	24	5	65	8	101	112
16	18	5	6.6	24	30	30	8	74	10	114	128

### T-bracket Related Dimensions Note)

Part no.	Applicable bore size (mm)	TC	TH	TV	TW	TX	TY
CJ-T010C	6, 10	4.5	29	40	22	32	12
CJ-T016C	16	5.5	35	48	28	38	16

Note) Refer to page 338 for details.

### ø20, ø25 (Non-integrated type)



(mm)

Bore size (mm)	CI	H	S	Z	ZZ
20	24	40.5	97.5	168	177
25	30	44.5	102.5	177	186

REA

REB

REC

Smooth

Low Speed

MQ

RHC

RZQ

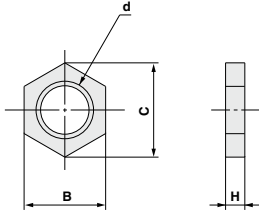
D-□

-X□

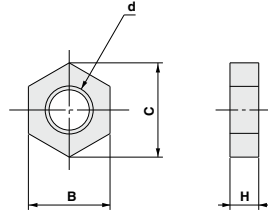
# MQM Series

## Accessory Dimensions

### Mounting nut



### Rod end nut

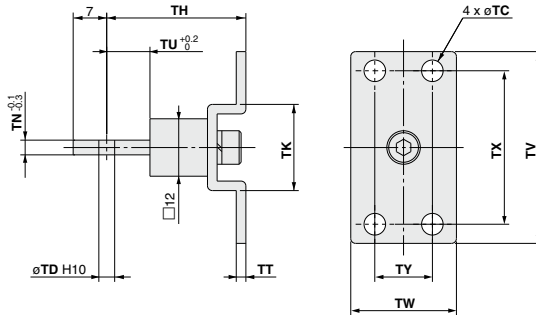


Part no.	Applicable bore size (mm)	B	C	d	H	Material
<b>SNKJ-016C</b>	6, 10	17	19.6	M12 x 1	4	Brass
<b>SNLJ-016B</b>	16	19	21.9	M14 x 1	5	Brass
<b>SN-020B</b>	20	26	30	M20 x 1.5	8	Carbon steel
<b>SN-032B</b>	25	32	37	M26 x 1.5	8	Carbon steel

Material: Carbon steel

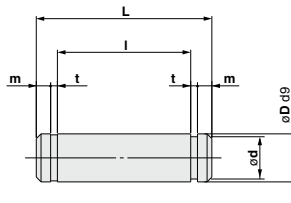
Part no.	Applicable bore size (mm)	B	C	D	H	Weight
<b>NTJ-010C</b>	6, 10	7	8.1	M4 x 0.7	3.2	1.0 g
<b>NTJ-015C</b>	16	8	9.2	M5 x 0.8	4	1.5 g
<b>NT-02</b>	20	13	15	M8 x 1.25	5	4.0 g
<b>NT-03</b>	25	17	19.6	M10 x 1.25	6	8.0 g

### T-bracket



Part no.	Applicable bore size (mm)	TC	TD	TH	TK	TN	TT	TU	TV	TW	TX	TY
<b>CJ-T010C</b>	6, 10	4.5	3.3	29	18	3.1	2	9	40	22	32	12
<b>CJ-T016C</b>	16	5.5	5	35	20	6.4	2.3	14	48	28	38	16

### Clevis pin



Part no.	Applicable bore size (mm)	d	D	l	L	m	t	Material	Applicable retaining ring
<b>CD-J010</b>	6, 10	3	3.3	12.2	15.2	1.2	0.3	Stainless steel	C type 3.2 for shaft
<b>CD-Z015</b>	16	4.8	5	18.3	22.7	1.5	0.7	Stainless steel	C type 5 for shaft
<b>CDP-1</b>	20,25	8.6	9	19.2	25	1.75	1.15	Carbon steel	C type 9 for shaft

\* C-type retaining ring for shaft is included.



# MQQ/MQM Series

## Specific Product Precautions 1

Be sure to read this before handling the products.

Refer to back page 50 for Safety Instructions and pages 3 to 12 for Actuator and Auto Switch Precautions.

### Operation

#### Caution

1. When mounting, thoroughly flush out the connector piping and be sure that dirt and chips, etc., do not get inside the cylinder.
2. Install an air filter with a filtration degree of 5 μm or less on the air supply. Furthermore, when controlling for low speed or controlled output, use clean air (atmospheric pressure dew point temperature of -10°C). Installation of a mist separator (filtration degree 0.3 μm or less) is also recommended.

3. Use a metal seal type when using solenoid valves for cylinder actuation. If a rubber seal type is used, there may be an increase in operating resistance due to grease sprayed from the main valve.

4. Operate so that the load applied to the piston rod is normally in the axial direction.

In the event that a lateral load is unavoidable, do not exceed the range of the allowable lateral load at the rod end (refer to pages 340 and 341). (Use outside of the operating limits may cause an adverse effect on the life of the unit through problems such as looseness in the guide unit and a loss of precision.)

5. Take care not to scratch or gouge the sliding portion of the rod. This may cause malfunction or shorten the unit's life.

6. When attaching a work piece to the end of the rod, move the rod to the fully retracted position and use the wrench flats at the end of the rod. Fasten the work piece without applying a large amount of torque to the rod.

There are no wrench flats at the end of the rod in the MQM series, so use the attached rod end nut.

7. Be certain to connect a load so that the rod axis is aligned with the load and its direction of movement.

Especially when a cylinder rod is connected directly to a guide function (such as bearings, etc.) on the equipment side, the following is likely to occur. Either an offset load will occur and the sliding resistance will not be stable or galling will occur on the metal seal parts. Therefore, be sure to use a floating joint or a spherical joint.

8. When a piston rod is driven with a circuit from an external force such as force, control, tension control, etc., a stick-slip phenomenon will likely occur and sliding resistance will not be stable if the amount of displacement is 0.05 mm or less.

9. When it is used in locations where a constant vibration is applied, such as a polishing machine, etc., consult with us.

### Disassembly

#### Caution

1. The component parts of the metal seal cylinder are manufactured to precision tolerances, and therefore cannot be disassembled.

### Lubrication

#### Caution

1. Lubrication of non-lube type cylinder

Do not apply lubrication when controlling for low speed or controlled output. If lubrication is applied, there may be changes in operating resistance due to factors such as the viscosity and surface tension of the oil. Also, use a metal seal type when using solenoid valves for cylinder actuation. If a rubber seal type is used, there may be an increase in operating resistance due to grease sprayed from the main valve.

Lubrication is also unnecessary for high speed actuation, but in the event that lubrication is applied, use turbine oil class 1 (with no additives) ISO VG32. (Do not use spindle oil or machine oil.)

REA

REB

REC

Smooth

Low Speed

MQ

RHC

RZQ

D-□

-X□



# MQQ/MQM Series Specific Product Precautions 2

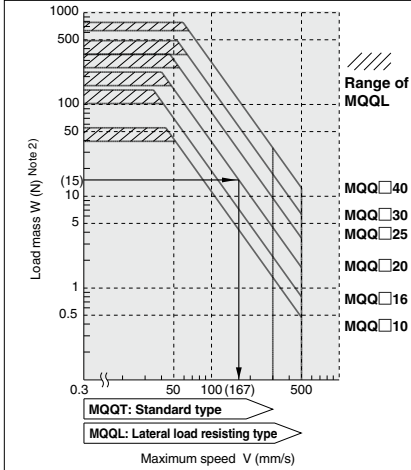
Be sure to read this before handling the products.  
Refer to back page 50 for Safety Instructions and pages 3 to 12 for Actuator and Auto Switch Precautions.

## Selection

### MQQ series

### ⚠ Caution Operating Speed

#### Load Mass and Maximum Speed: MQQT/MQQL



Example)  
Driving a load of 15(N) using the MQQ□20 with a maximum speed of 167 (mm/sec)

#### Lateral load resisting type: MQQ□

Bore size (mm)	Allowable kinetic energy (J)
10	0.006
16	0.010
20	0.022
25	0.044
30	0.080
40	0.160

Note 1) When a load is attached to the rod end, adjust the speed so that the maximum speed is no more than that shown in the graph for the corresponding load mass.

Note 2) The mass of cylinder's moving parts is included in the load mass. (See the graph on the right.)

### Moving Parts Mass

#### MQQ□ Moving Parts Mass

Bore size (mm)	MQQT□ Moving parts mass (g)	MQQL□ Moving parts mass (g)
10	Mass = 8.9 + (3.1 x (stroke/10))	Mass = 16.7 + (3.1 x (stroke/10))
16	Mass = 22.9 + (4.0 x (stroke/10))	Mass = 34.9 + (4.0 x (stroke/10))
20	Mass = 34.8 + (6.6 x (stroke/10))	Mass = 57.9 + (6.6 x (stroke/10))
25	Mass = 66.9 + (8.8 x (stroke/10))	Mass = 97.7 + (8.8 x (stroke/10))
30	Mass = 115.0 + (15.8 x (stroke/10))	Mass = 190.2 + (15.8 x (stroke/10))
40	Mass = 182.2 + (15.8 x (stroke/10))	Mass = 257.4 + (15.8 x (stroke/10))

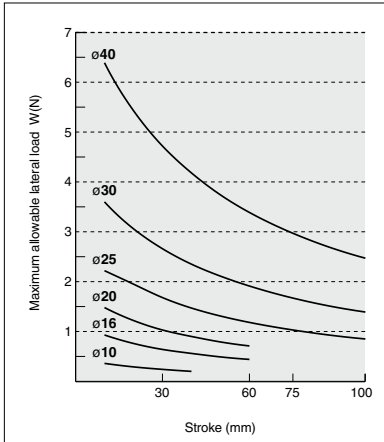
Note) For the rod side flange type, add 10 mm to the stroke length of the MQQ□F

$$\text{Kinetic energy } E \text{ (J)} = \frac{(m1 + m2) V^2}{2}$$

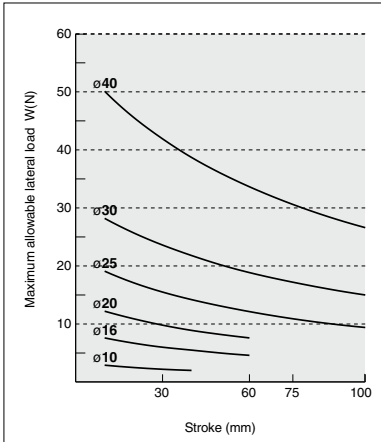
m1 : Mass of cylinder movable parts kg  
m2 : Load mass kg  
V : Piston speed m/s

### Allowable Lateral Load at Rod End

#### Standard Type: MQQT B

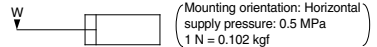


#### Lateral Load Resisting Type: MQQLB/Built-in Ball Bushing



Note 1) The indicated allowable lateral load at the rod end is for the rod end female thread.

Note 2) The allowable lateral load varies depending on the size of a load (the distance to the load's center of gravity). Please contact SMC for further details.





# MQQ/MQM Series Specific Product Precautions 3

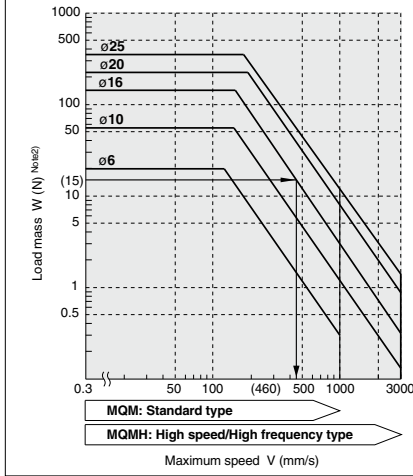
Be sure to read this before handling the products.  
Refer to back page 50 for Safety Instructions and pages 3 to 12 for Actuator and Auto Switch Precautions.

## Selection

### MQM series

### ⚠ Caution Operating Speed

#### Load Mass and Maximum Speed: MQML/MQML□□H



Example)  
Driving a load of 15(N) using the MQM16 with a maximum speed of 460 (mm/sec)

#### Lateral load resisting type: MQML/MQML□□H

Bore size (mm)	Allowable kinetic energy (J)
6	0.015
10	0.059
16	0.161
20	0.386
25	0.597

Note 1) When a load is attached to the rod end, adjust the speed so that the maximum speed is no more than that shown in the graph for the corresponding load mass.

Note 2) The mass of cylinder's moving parts is included in the load mass. (See the graph on the right.)

### Moving Parts Mass

#### MQM Moving Parts Mass

Bore size (mm)	Moving parts mass (g)
6	Mass = 8.2 + {1.6 x (stroke/15)}
10	Mass = 12.0 + {1.6 x (stroke/15)}
16	Mass = 28.6 + {2.2 x (stroke/15)}
20	Mass = 72.0 + {6.4 x (stroke/15)}
25	Mass = 117.6 + {9.2 x (stroke/15)}

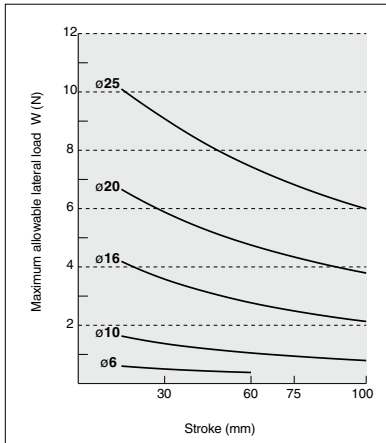
Note) Rod end nut is not included in the moving parts mass.

$$\text{Kinetic energy } E \text{ (J)} = \frac{(m1 + m2) V^2}{2}$$

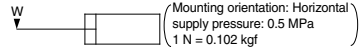
m1 : Mass of cylinder movable parts    kg  
m2 : Load mass    kg  
V : Piston speed    m/s

### Allowable Lateral Load at Rod End

#### Allowable Lateral Load at Rod End



Note 1) The allowable lateral load varies depending on the size of a load (the distance to the load's center of gravity). Please contact SMC for further details.



REA

REB

REC

Smooth

Low Speed

MQ

RHC

RZQ

D-□

-X□

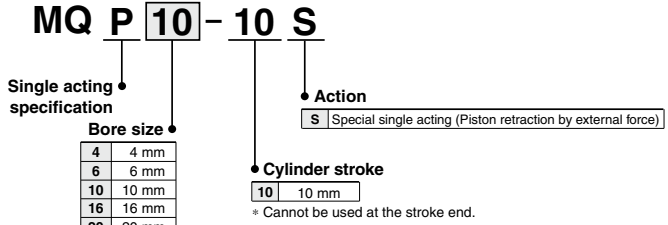
# Low Friction Cylinder (Single Acting)

# MQP Series

ø4, ø6, ø10, ø16, ø20



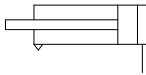
## How to Order



\* The MQP series is not auto switch capable.



**Symbol**  
Single acting (Pressing force)



## Specifications

Bore size (mm)	4	6	10	16	20
<b>Seal construction</b>	Metal seal				
<b>Action</b>	Special single acting (Piston retraction by external force)				
<b>Proof pressure</b>	1.05 MPa				
<b>Maximum operating pressure</b>	0.7 MPa				
<b>Minimum operating pressure</b> <small>Note 1)</small>	0.001 MPa				
<b>Ambient and fluid temperature</b>	+5 to +80°C				
<b>Lubrication</b> <small>Note 2)</small>	Not required (Non-lube)				
<b>Stroke length tolerance</b>	+1.0 0				
<b>Total</b> <small>Note 3)</small> <b>leakage</b>	Supply pressure 0.1 MPa	100 cm <sup>3</sup> /min			
	Supply pressure 0.3 MPa	500 cm <sup>3</sup> /min			
	Supply pressure 0.5 MPa	1000 cm <sup>3</sup> /min			

Note 1) Excluding the mass of moving parts.

Note 2) Refer to precautions on page 344 regarding lubrication. This product uses turbine oil as an initial lubricant. Lubricant may seep out of the rod or the piping port.

Note 3) The values are only for reference and are not guaranteed.

## Moving Parts and Total Mass

Unit: g

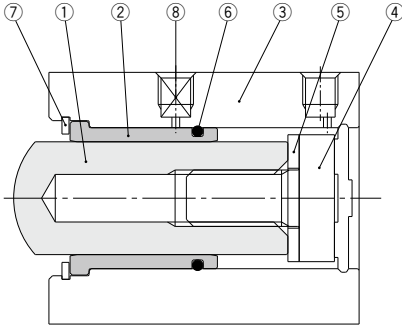
Bore size (mm)	Moving parts mass	Total mass
4	4	43
6	8	55
10	24	96
16	62	161
20	103	239

## Theoretical Output (Guide)

Unit: N

Bore size (mm)	Piston area (mm <sup>2</sup> )	Operating pressure (MPa)						
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
4	12.6	1.3	2.6	3.9	5.2	6.5	7.8	9.1
6	28.3	2.8	5.6	8.4	11.2	14.0	16.8	19.6
10	78.5	7.9	15.7	23.6	31.4	39.3	47.1	55.0
16	201.1	20.1	40.2	60.3	80.4	100.6	120.7	140.8
20	314.2	31.4	62.8	94.3	125.7	157.1	188.5	219.9

## Construction



### Component Parts

No.	Description	Material	Note
1	Piston rod	Special stainless steel	
2	Liner	Special stainless steel	
3	Cylinder tube	Aluminum alloy	Hard anodized
4	Bolt	Carbon tool steel	Chromated
5	Bumper	Polycarbonate	
6	O-ring	NBR	
7	Retaining ring	Carbon tool steel	Phosphate coated
8	Plug	Carbon tool steel	Chromated

REA

REB

REC

Smooth

Low Speed

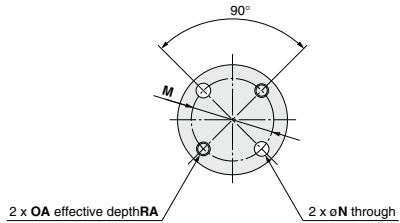
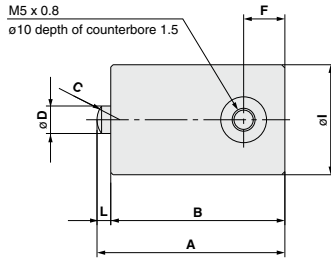
MQ

RHC

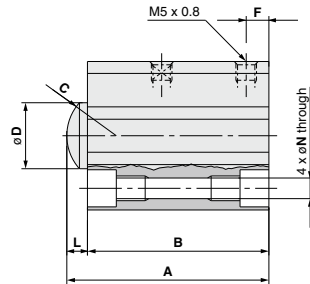
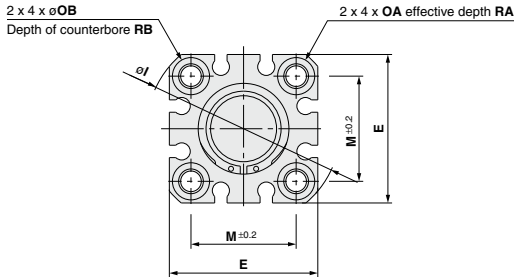
RZQ

## Dimensions

ø4, ø6



ø10, ø16, ø20



(mm)

Bore size (mm)	A	B	C	D <sup>(Note)</sup>	E	F	I	L	M	N	OA	OB	RA	RB
4	41	38	SR3	4	—	9	22	3	16	3.2	M3 x 0.5	—	6	—
6	41	38	SR5	6	—	9	24	3	18	3.2	M3 x 0.5	—	6	—
10	46.5	41.5	SR8	10	29	5.5	38	5	20	3.5	M4 x 0.7	6.5	7	4
16	49	44	SR12	16	36	5.5	47	5	25.5	5.4	M6 x 1.0	9	10	7
20	52.5	47.5	SR15	20(19)	40	5.5	52	5	28	5.4	M6 x 1.0	9	10	7

Note ( ): Rod end dimensions

D-□

-X□



## MQP Series

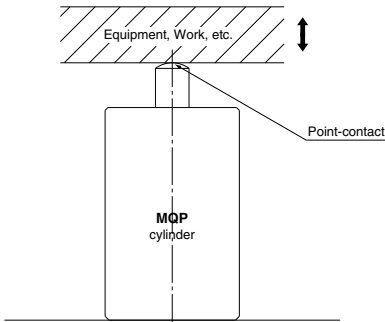
# Specific Product Precautions

Be sure to read this before handling the products.

Refer to back page 50 for Safety Instructions and pages 3 to 12 for Actuator and Auto Switch Precautions.

### Operation

1. When mounting, thoroughly flush out the connector piping and be sure that dirt and chips, etc., do not get inside the cylinder.
2. Install an air filter with a nominal filtration degree of 5  $\mu\text{m}$  or less on the air supply. Furthermore, when controlling for low speed or controlled output, use clean air (atmospheric pressure dew point temperature of  $-10^{\circ}\text{C}$  or less). Installation of a mist separator (nominal filtration degree 0.3  $\mu\text{m}$  or less) is also recommended.
3. Use a metal seal type when using solenoid valves for cylinder actuation. If a rubber seal type is used, there may be an increase in operating resistance due to grease sprayed from the main valve.
4. This cylinder cannot be used at the end of its stroke. Use it with an intermediate stroke of 10 mm.
5. The rod end should not come in direct contact with an equipment or workpiece. Also, make sure that the opposite side of the rod end is flat to make point-contact with the spherical surface of the rod end.



The material of the cylinder rod is heat-treated stainless steel (HRC60). The roughness of the spherical contact of the attaching part (Equipment, Work, etc) should be Rz6.3 and the material should be HB100 or greater (Aluminum material: 2000 line or 7000 line or equivalent) When higher precision or longer service life is required, we recommend using a heat-treated material + flat polished machined material (Rz0.8)

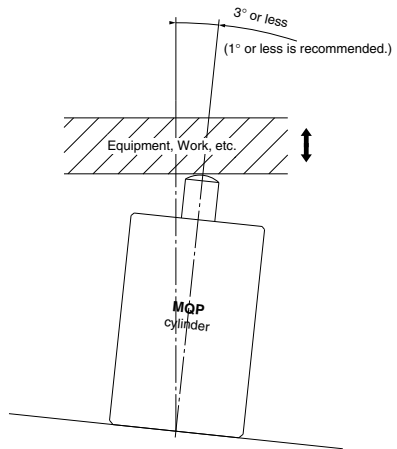
Also, although applying grease on the spherical contact parts will make the operation more smooth and reduce the abrasion, use caution to prevent any grease from being applied to the cylinder's sliding surface.

### Operation

6. When connecting, be sure to align the rod axis with the load and the direction of movement.

The allowable angle of the cylinder's mounting surface in an equipment should be  $3^{\circ}$  or less.

( $1^{\circ}$  or less is recommended.) When not properly aligned, a lateral load will likely be applied to the rod and the spherical surface will likely skid. This will result in a reduction or dispersion of thrust and likely a malfunction.



### Disassembly

1. The component parts of the metal seal cylinder are manufactured to precision tolerances, and therefore cannot be disassembled.

### Lubrication

1. Lubrication of non-lube type cylinder

Do not apply lubrication when controlling for low speed or controlled output. If lubrication is applied, there may be changes in operating resistance due to factors such as the viscosity and surface tension of the oil. Also, use a metal seal type when using solenoid valves for cylinder actuation. If a rubber seal type is used, there may be an increase in operating resistance due to grease sprayed from the main valve.

Lubrication is also unnecessary for high speed actuation, but in the event that lubrication is applied, use turbine oil class 1 (with no additives) ISO VG32. (Do not use spindle oil or machine oil.)