

Universitetet i Sørøst-Norge
Fakultet for teknologi og maritime fag

Bacheloroppgave
2022

John Kristoffer Kristiansen, Simen Tråstadkjølen, Tobias S. Nilsen,
Christoffer Mehren, Martin Slettedal, Ole Christian W. Kopland

Project Mini Launcher

Sluttrapport – Project Mini Launcher

Dokumentbeskrivelse

Sluttrapport for bachelorgruppe 10, Project Mini Launcher.

Revisjon	Skrevet av	Dato	Godkjent av
A	Project Mini Launcher	22.05.2022	John Kristiansen

Sammendrag

Gruppen har fått i oppgave å lage en nedskalert modell av launcheren i luftvernssystemet NASAMS. Dette innebærer i hovedsak at vi skal lage en modell som har tre hovedfunksjoner: rotasjon, elevasjon og avfiring. Gruppen har fått et kravspesifikasjonsdokument som går mer i detalj på kravene, som senere har blitt revidert i samarbeid med oppdragsgiver.

For å styre prosjektet har gruppen valgt å bruke prosjektstyringsverktøyet Unified Process. Dette er en prosjektmodell som deler opp prosjektet i forskjellige iterasjoner. Iterasjonene faller under fire forskjellige faser av prosjektet: innledning, utdypning, konstruksjon og overgang. Disse fasene har forskjellig hovedfokus og ulikt antall iterasjoner som reflekterer fasens omfang. Prosjektmodellen deler også prosjektets oppgaver i fem disipliner: prosjektorganisering, krav, analyse og design, implementasjon og testing. Tiden som brukes på hver disiplin endrer seg gjennom prosjektet i henhold til de forskjellige fasenes hovedfokus. Prosjektmodellen er dessuten agil, som tillater at man kan gå tilbake og jobbe med tidligere arbeidsoppgaver i senere iterasjoner.

Det har vært forskjellige konsepter for systemets avfyringsmekanisme. Gruppen har blant annet vurdert avfiring med stempel eller fjær. Det ble likevel tidlig bestemt at den beste løsningen er å bruke trykkluft. Denne trykkluften tilføres i systemets bunnstruktur og går gjennom en roterende kobling i systemets midtstruktur. Luften går deretter til toppstrukturen og fordeles til seks elektrisk styrte ventiler som styrer avfiringen av projektiler.

Elevasjonsmekanismen har også gått gjennom mye redesign. Tidlige konsepter innebar å bruke tannhjul, men dette ble fort ansett som urealistisk ettersom motoren måtte levere et veldig høyt moment. Det ble dermed bestemt at elevasjonsmekanismen skulle bruke snekkedrift som gir høy girutveksling. I tidligere iterasjoner ble denne styrt av en DC-motor som stakk ut foran midtstrukturen. For å bedre innfri kravet om formlikhet ble det valgt å bytte til et design hvor det brukes en steppermotor som er skjult i toppstrukturen.

Konsepter for rotasjonsmekanismen var i stor grad basert på tannhjul, enten flate eller koniske. Det ble derimot tidlig bestemt at det skulle brukes en steppermotor som styrer en drivreim. Dette ble valgt for å enklest mulig innfri kravet om formlikhet, samtidig som det ble ansett som en pålitelig og enkel løsning.

Launcheren styres av en Arduino Mega 2560 som er montert i bunnstrukturen. Denne har som hovedoppgave å styre systemets motorer og regulere disse til riktig posisjon ved hjelp av motordrivere og rotasjonsenkodere, og kommunisere med Arduinoen i toppstrukturen for å styre avfiring. I tillegg er Arduinoen utstyrt med et Ethernet Shield som tillater kommunikasjon over Ethernet. Dette brukes til å styre launcheren gjennom et grafisk brukergrensesnitt.

Innhold

Sammendrag	3
Innhold	4
Vedlegg.....	5
Figurliste	8
2. Dokumenthistorie.....	10
2.1 Dokumenthistorie.....	10
3. Innledning.....	11
3.1 Bachelorgruppe 10	12
3.2 Teknisk bidrag til prosjektet per person.....	13
3.3 Oppgaven fra KDA.....	20
4. Prosjektstyring.....	21
4.1 Prosjektmodell.....	21
4.2 Iterasjonsfokus.....	22
4.3 Iterasjonsplan og -rapport.....	24
4.4 Iterasjonsmøter	24
4.5 GANTT-diagram	25
4.6 Risikoanalyse.....	25
5. Krav og test.....	28
5.1 Kravspesifikasjon	28
5.2 Testspesifikasjon.....	33
6. Use case og programvarearkitektur	37
6.1 Use case	37
6.2 Klassediagram for systemet.....	39
6.3 Sekvensdiagrammer	40
6.4 Programvarearkitekturdiagram	44
7. Teknisk beskrivelse	45
7.1 Systemoversikt.....	45
7.2 Avfiring og topstruktur	47
7.3 Elevasjon	54
7.4 Rotasjon	59

7.5 Ekstern styringsboks	69
7.6 Mikrokontrollere og digitale kommunikasjonskanaler	71
7.7 Styling av systemet.....	73
7.8 Programmering.....	75
8. Prosjektprogresjon	76
8.1 Innledning	76
8.2 Utdypning 1	77
8.3 Utdypning 2	78
8.4 Konstruksjon 1	80
8.5 Konstruksjon 2	81
8.6 Konstruksjon 3	83
8.7 Overgang.....	85
8.8 Endringer under prosjektet	85
8.9 Arbeidsmengde og timeoversikt	87
8.10 Økonomi og innkjøp	89
9. Videre muligheter.....	92
10. Konklusjon	93
11. Referanseliste.....	94

Vedlegg

Vedlegg A: Prosjektstyring

PP001 – Prosjektplan

RA001 – Risikoanalyse

Vedlegg B: System

KS001 – Kravspesifikasjon

TP001 – Testplan

TR001 – Testrapport

Brukermanual for Mini Launcher

Vedlegg C: Data

RD001 – Digital Interface

RD002 – Doxygen Code Documentation

Vedlegg D: Elektro

- EL001 – Rapport, strømforsyning
- EL002 – Rapport, motorer og regulering
- EL005 – Rapport, simulering av steppermotor
- EL006 – Rapport, målbrikke
- EL007 – Rapport, prosjektildeteksjon
- EL009 – Rapport, trykkregulering
- EL010 – Rapport, kabling og sikkerhet
- EL011 – Rapport, avfyringskrets

Vedlegg E: Maskin

- ML002 – Utviklingsrapport, elevasjon og midtstruktur
- ML003 – Utviklingsrapport, avfyring og toppstruktur
- ML005 – Utviklingsrapport, rotasjon og bunnstruktur
- RM001 – Rapport, prosjektilbaner
- RM002 – Rapport, 3D-print research
- RM003 – Rapport, research avfyring
- RM004 – Rapport, testing av prosjektiler og ventiler
- RM005 – Analyserapport, sikkerhetslokk
- RM006 – Analyserapport, bein til toppstruktur
- RM008 – Analyserapport, bukk
- RM009 – Rapport, prosjektildesign
- RM010 – Rapport, reimskivedesign
- RM011 – Analyserapport, brakett elevasjon
- RM012 – Analyserapport, mikrobryterholder

Vedlegg F: Iterasjonsrapporter og oppfølgingsdokumenter

- IR001 – Iterasjonsrapport, innledning
- IR002 – Iterasjonsrapport, utdypning 1
- IR003 – Iterasjonsrapport, utdypning 2
- IR004 – Iterasjonsrapport, konstruksjon 1
- IR005 – Iterasjonsrapport, konstruksjon 2
- IR006 – Iterasjonsrapport, konstruksjon 3

IR007 – Iterasjonsrapport, overgang
OF001 – Oppfølgingsdokument, uke 2
OF002 – Oppfølgingsdokument, uke 3
OF003 – Oppfølgingsdokument, uke 4
OF004 – Oppfølgingsdokument, uke 5
OF005 – Oppfølgingsdokument, uke 6
OF006 – Oppfølgingsdokument, uke 7
OF007 – Oppfølgingsdokument, uke 8
OF008 – Oppfølgingsdokument, uke 9
OF009 – Oppfølgingsdokument, uke 10
OF010 – Oppfølgingsdokument, uke 11
OF011 – Oppfølgingsdokument, uke 12
OF012 – Oppfølgingsdokument, uke 13
OF013 – Oppfølgingsdokument, uke 14
OF014 – Oppfølgingsdokument, uke 15
OF015 – Oppfølgingsdokument, uke 16
OF016 – Oppfølgingsdokument, uke 17
OF017 – Oppfølgingsdokument, uke 18
OF018 – Oppfølgingsdokument, uke 19

Vedlegg G: Skjemaer og tegninger

FP001 – Fremdriftsplan
FP002 – Justert fremdriftsplan
SD001 – Systemarkitektur (revisjon A)
SD001 – Systemarkitektur (revisjon B)
ES001 – Koblingsskjema
ES002 – Tegning, prosjektilavfyriingskrets
ES003 – Kretskort, prosjektilavfyriingskrets
Maskintegninger

Figurliste

Figur 1: 3D-modell fra KDA.....	20
Figur 2: Illustrasjon av fasene i Unified Process.....	22
Figur 3: Hovedfokus og leveranser for hver fase.....	23
Figur 4: Arbeidsprosess for testing.....	33
Figur 5: Systemets use case.....	37
Figur 6: Klassediagram.....	39
Figur 7: Reload Projectiles diagram.....	40
Figur 8: Manage System Status diagram.....	41
Figur 9: Manage Safety Functions diagram.....	42
Figur 10: System Control & Motor Control diagram.....	42
Figur 11: Fire Projectile diagram.....	43
Figur 12: Sequential Fire diagram.....	43
Figur 13: Programvarearkitekturdiagram.....	44
Figur 14: 3D-modell av Mini Launcher.....	45
Figur 15: Oversikt avfyrimekanisme.....	47
Figur 16: 3D-modell av systemets prosjektil.....	48
Figur 17: 3D-modell av avfyrimekanisme.....	49
Figur 18: Montering av utvendige deksler rundt toppstruktur.....	50
Figur 19: Kretstegning for én prosjektilavfyrimkrets. Hentet fra ES002 – Tegning, prosjektilavfyrimkrets.....	51
Figur 20: Kretstegning for prosjektilavfyrimkretsen. Vedlagt som ES003 – Kretskort, prosjektilavfyrimkrets.....	52
Figur 21: Sikkerhetslokk for mekanisk sikring.....	52
Figur 22: Oversikt av elevasjonsmekanisme.....	54
Figur 23: Sammenstilling av elevasjonsmekanismen.....	55
Figur 24: Brakett med kulelager i bunnen.....	56
Figur 25: Festepunkter for bukk.....	56
Figur 26: Brakett for motorholder.....	57
Figur 27: Oversikt rotasjonsmekanismen sett fra siden.....	59
Figur 28: Oversikt av rotasjonsmekanismen sett nedenfra.....	60
Figur 29: Oversikt av rotasjonsmekanismen sett ovenfra.....	60
Figur 30: Reimskiver til motor og rotasjonsenkoder.....	61
Figur 31: Oversikt bunnstruktur over bunnplate.....	61
Figur 32: Sprengbilde av reimskive for toppstruktur med tilhørende deler.....	62
Figur 33: Oversikt bunnstruktur under bunnplate.....	62
Figur 34: Motorkontroller, TB6600.....	63
Figur 35: Strammehjul.....	65
Figur 36: Luft- og strømovertføring.....	66
Figur 37: Sammenstilling av rotasjonsylinder.....	66
Figur 38: Viser karosseriet til bunnstrukturen.....	67

Figur 39: Beinsammenstilling.	68
Figur 40: Den ferdig monterte Mini Launcheren.	68
Figur 41: Veggsammenstilling.	69
Figur 42: Ekstern boks.	70
Figur 43: Arduino Mega og Ethernet Shield i bunnstruktur.	71
Figur 44: Sikkerhetsbryter, Ethernet-tilkobling og USB-port.	72
Figur 45: Arduino Nano i toppstruktur.	72
Figur 46: Tilkobling for kommunikasjon.	73
Figur 47: Grafisk brukergrensesnitt som vist på ekstern datamaskin.	74
Figur 48: Set Sequence vinduet.	75
Figur 49: Prosjektmodellens vekting av disipliner på slutten av prosjektet.	86
Figur 50: Leveranser i slutten av prosjektet.	86
Figur 51: Arbeidsmengde i prosent.	87
Figur 52: Timer per disiplin totalt.	88
Figur 53: Prosent av totalbudsjett.	91

Tabelliste

Tabell 1: Oversikt over gruppens medlemmer og ansvarsområder.	12
Tabell 2: Martin Slettedal.	13
Tabell 3: Tobias S. Nilsen.	14
Tabell 4: Christoffer Mehren.	15
Tabell 5: Ole Christian W. Kopland.	16
Tabell 6: Simen Tråstadvik.	17
Tabell 7: John Kristoffer Kristiansen.	18
Tabell 8: Prosjektorganiseringsoppgave fra iterasjonsrapport.	24
Tabell 9: Sannsynlighet ganget med konsekvens gir totalrisikoen for hvert enkelt scenario.	26
Tabell 10: Forkortelser for begreper brukt i risikoanalysens tabeller.	26
Tabell 11: Utklipp fra teknisk risiko i RA001 – Risikoanalyse.	26
Tabell 12: Funksjonelle krav.	29
Tabell 13: Ikke-funksjonelle krav.	30
Tabell 14: Revisjonstabell med endringer.	31
Tabell 15: Testmetoder.	33
Tabell 16: Mal for testing.	35
Tabell 17: Beskrivelse av teststatus.	36
Tabell 18: Individuell tidsbruk for prosjektet.	87
Tabell 19: Innkjøpte komponenter.	89

2. Dokumenthistorie

2.1 Dokumenthistorie







Revisjon	Beskrivelse	Dato
A	Opprettet	16.05.2022

3. Innledning

Dette er sluttrapporten til bachelorgruppe 10, Project Mini Launcher. Bacheloroppgaven er utført i samarbeid med Universitetet i Sørøst-Norge og Kongsberg Defence & Aerospace (KDA). Denne rapporten tar for seg hva bacheloroppgaven innebærer, prosjektstyring, prosjektmodell, progresjon og teknisk beskrivelse av det ferdige produktet. Vedlagt er dokumentasjonen laget i forbindelse med prosjektet.

3.1 Bachelorgruppe 10

Tabell 1: Oversikt over gruppens medlemmer og ansvarsområder.

	<p>John Kristoffer Kristiansen</p> <p>Gruppeleder.</p> <p>Ansvarlig for elektriske kretser, kabling og strømforsyning.</p>
	<p>Simen Tråstadkjølen</p> <p>System- og integrasjonsansvarlig.</p> <p>Ansvarlig for avfyringsmekanisme og toppstruktur.</p>
	<p>Tobias S. Nilsen</p> <p>Økonomi og innkjøp.</p> <p>Ansvarlig for elevasjonsmekanisme og midtstruktur.</p>
	<p>Ole Christian W. Kopland</p> <p>Krav- og nettsideansvarlig.</p> <p>Ansvarlig for styringssystem og brukergrensesnitt.</p>
	<p>Martin Slettedal</p> <p>Dokumentasjonsansvarlig.</p> <p>Ansvarlig for rotasjonsmekanisme og bunnstruktur.</p>
	<p>Christoffer Mehren</p> <p>Test- og risikoansvarlig.</p> <p>Ansvarlig for motorstyring og regulering.</p>

3.2 Teknisk bidrag til prosjektet per person

Tabell 2: Martin Slettedal.

Beskrivelse av teknisk oppgave	Når oppgaven ble utført	Hvor oppgaven er plassert
Undersøke og diskutere muligheter og ideer for mekaniske løsninger sammen med de andre. Avfiring, elevasjon og rotasjon.	10.01 – 11.02	Vedlegg E: ML002 – Utviklingsrapport, elevasjon og midtstruktur ML003 – Utviklingsrapport, avfiring og toppstruktur ML005 – Utviklingsrapport, rotasjon og bunnstruktur
Muligheter og konseptvalg. 3D-modellering, beregninger og detaljdesign.	20.01 - 20.05	Vedlegg E: ML005 – Utviklingsrapport, rotasjon og bunnstruktur
Testing av prosjektilavfiring med trykkluft. Skrive rapport.	17.02 - 02.03	Vedlegg E: RM003 – Rapport, research avfiring
Teste avfiring med ulike magnetventiler og prosjektiler.	31.03 – 18.04	Vedlegg E: RM004 – Rapport, testing av prosjektiler og ventiler
Testing av systemet.	27.04 – 18.05	Vedlegg B: TR001 – Testrapport Vedlegg E: ML003 – Utviklingsrapport, rotasjon og bunnstruktur.
Tilvirkning komponenter til bunnstruktur. 3D-printing, starte print. Bunnplate, boring av hull, filing, kapping av spor, oppmerking.	09.03 - 11.05	Vedlegg E: ML005 – Utviklingsrapport, rotasjon og bunnstruktur
Produsere sammenstillings- og detaljtegninger for rotasjon og bunnstruktur.	20.04 - 18.05	Vedlegg G: Maskintegninger rotasjon og bunnstruktur
Styrkeberegning av beina til launcheren ved hjelp av SolidWorks Simulation.	16.05	Vedlegg E: MR006 – Analyserapport, bein til bunnstruktur
Design av reimskive og hvilke faktorer som påvirket designet. Beregning av antall tenner.	19.05	Vedlegg E: MR010 – Rapport, reimskivedesign
Design og bygging av ekstern boks (FDC).	22.04 - 13.05	-

Tabell 3: Tobias S. Nilsen.

Beskrivelse av teknisk oppgave	Når oppgaven ble utført	Hvor oppgaven er plassert
Utarbeiding av kravspesifikasjon sammen med de andre.	10.01 – 06.02	Vedlegg B: KS001 – Kravspesifikasjon
Undersøke og diskutere muligheter og ideer for mekaniske løsninger sammen med de andre. Avfiring, elevasjon og rotasjon.	10.01 – 11.02	Vedlegg E: RM008 – Analyserapport, bukk RM011 – Analyserapport, brakett elevasjon RM012 – Analyserapport, mikrobyterholder
Konsept for elevasjon. Undersøke lignende systemer. Se på tilgjengelige komponenter. Lage enkle 3D-modeller og skisser av ulike konsepter. Vurdere konsepter opp mot hverandre og velge.	14.02 – 13.03	Vedlegg E: ML002 – Utviklingsrapport, elevasjon og midtstruktur
kartlegging av printerens til USN, styrken til termoplasten PLA, avvik fra 3D-modellen, bearbeiding av overflaten og gjort undersøkelser i slicer-programvaren for 3D-print	04.03 – 10.05	Vedlegg E: RM002 – 3D-print research
Detaljdesign av elevasjonsmekanisme og midtstruktur.	14.03 – 12.05	Vedlegg E: ML002 – Utviklingsrapport, elevasjon og midtstruktur
Styrkeberegning av komponenter til launcheren ved hjelp av SolidWorks Simulation.	01.05 – 20.05	Vedlegg E: RM008 – Analyserapport, bukk RM011 – Analyserapport, brakett elevasjon RM012 – Analyserapport, mikrobyterholder
Lage sammenstilling- og detaljtegninger for avfiring og toppstruktur.	13.04 – 20.05	Vedlegg E: Maskintegninger
Stått ansvarlig for å 3D-printe komponenter som ikke har blitt ferdig til angitt tid	09.05- 20.05	-

Tabell 4: Christoffer Mehren

Beskrivelse av teknisk oppgave	Når oppgaven ble utført	Hvor oppgaven er plassert
Analysert fordeler og ulemper med forskjellige motorer og valgt motorer til de forskjellige mekanismene. Bestemt at systemet skal reguleres med rotasjonsenkoder.	18.02 - 05.03	Vedlegg D: EL002 – Rapport, motorer og regulering Sluttrapport: Teknisk del Rotasjonsenkoder for elevasjon/rotasjon
Lage modell av steppermotor og simulere forskjellig styring av denne.	26.01 - 04.04	Vedlegg D: EL005 – Rapport, simulering av steppermotor
Designet forskjellige måter å detektere prosjektiler og gjort et valg for hva prosjektet skal bruke.	07.03 - 19.04	Vedlegg D: EL007 – Rapport, prosjektildeteksjon
Designet og testet forskjellige måter å generere et styresignal til trykkregulatoren.	08.04 - 20.04	Vedlegg D: EL009 – Rapport, trykkregulering
Laget en løsning for hvordan prosjektet skal kobles opp, spesielt med tanke på plugger. Tegnet revidert koblingsskjema med motorkontrollere, plugger, og andre manglende komponenter.	20.04 - 19.05	Vedlegg D: ES001 - Koblingsskjema
Designet konsept for prosjektilavfyriingskrets.	06.04	Vedlegg D: ES002 – Tegning, prosjektilavfyriingskrets Sluttrapport: Teknisk del Prosjektilavfyriingskrets
Designet utforming på kretskort til prosjektilavfyring.	07.04	Vedlegg D: ES003 – Kretskort, Prosjektilavfyriingskrets
Designet kombinert krets for trykkstyring og avlesning av bryter til topelementet.	11.05	Sluttrapport: Teknisk del Kombinert krets for trykk og bryter
Produsert kabler med plugger og loddet kretser til det fysiske systemet.	05.05 - 16.05	-
Utvikle kode for regulering av posisjon med bruk av rotasjonsenkoder. Teste motorstyring og fullstendig oppsett.	12.04 - 18.05	-

Tabell 5: Ole Christian W. Kopland

Beskrivelse av teknisk oppgave	Når oppgaven ble utført	Hvor oppgaven er plassert
Systemarkitektur, konseptvalg og komponentvalg for datadelen.	20.01 – 09.05.	Vedlegg C: RD001 – Digital Interface Minnepinne: RD001 – Valg av komponenter og programvare
Kommunikasjon mellom det digitale systemet. Ethernet og serieport.	20.01 – 13.05.	Vedlegg C: RD001 – Digital Interface Vedlegg C: RD002 – Doxygen Code Documentation
Lage kode til Arduino Mega og Arduino Nano for styring av systemet. Avfiring, motorkontroll med rotasjonsenkoder, visning og oppdatering av status.	20.01 – 20.05.	Vedlegg C: RD001 – Digital Interface Vedlegg C: RD002 – Doxygen Code Documentation Minnepinne: DL001 - Utviklingslogg Mikrokontroller
Utvikling av grafisk brukergrensesnitt (GUI).	26.01 – 05.05.	Vedlegg C: RD001 – Digital Interface Vedlegg C: RD002 – Doxygen Code Documentation
Test av elevasjon, rotasjon og avfiring. Test med programmert styring av systemet.	09.03 – 22.05.	Vedlegg B: TR001 – Testrapport
Bluetooth til målbrikke. Koble sammen 2 forskjellige Arduino Nano 33 BLE med Bluetooth.	09.04 - 09.05.	Vedlegg D: EL006 – Rapport, målbrikke Vedlegg C: RD001 – Digital Interface
Plasmakutte bunnplate i 3 mm stål. 3D-print av deler til testing.	27.04 - 01.04.	-

Tabell 6: Simen Tråstadkjølen

Beskrivelse av teknisk oppgave	Når oppgaven ble utført	Hvor oppgaven er plassert
Undersøke og diskutere muligheter og ideer for mekaniske løsninger sammen med de andre. Avfiring, elevasjon og rotasjon.	10.01 – 11.02	Vedlegg E: ML002 – Utviklingsrapport, elevasjon og midtstruktur ML003 – Utviklingsrapport, avfiring og toppstruktur ML005 – Utviklingsrapport, rotasjon og bunnstruktur
Undersøke mål og størrelser på Mini Launcher i ulike skalaer. Lage enkel målsatt tegninger for pappmodell og enkle 3D-modeller.	30.01 – 28.02	-
Testing av prosjektilavfiring med trykkluft.	17.02 – 04.03	Vedlegg E: RM003 – Rapport, research avfiring
Konsept for avfiring. Undersøke lignende systemer. Se på tilgjengelige komponenter. Lage enkle 3D-modeller og skisser av ulike konsepter. Vurdere konsepter opp mot hverandre og velge.	14.02 – 13.03	Vedlegg E: ML003 – Utviklingsrapport, avfiring og toppstruktur
Arbeid med bunnstruktur og rotasjon sammen med Martin. Strukturell oppbygning av bunnstruktur, opplagring av rotasjon og overføring av luft og kabler.	26.02 – 01.04	Vedlegg E: ML005 – Utviklingsrapport, rotasjon og bunnstruktur
Detaljdesign av avfiringmekanisme og toppstruktur.	14.03 – 24.04	Vedlegg E: ML003 – Utviklingsrapport, avfiring og toppstruktur
Design av prosjektiler.	17.02 – 03.05	Vedlegg E: RM009 – Rapport, prosjektildesign
Design og bygging av ekstern boks (FDC).	27.04 – 13.05	-
Teste avfiring med ulike magnetventiler og prosjektiler.	31.03 – 18.04	Vedlegg E: RM004 – Rapport, testing av prosjektiler og ventiler
Styrkeberegning av sikkerhetslokk.	20.04 – 01.05	Vedlegg E:

		RM005 – Analyserapport, sikkerhetslokk
Lage sammenstilling- og detaljtegninger for avfiring og toppstruktur.	13.04 – 17.05	Vedlegg G: Maskintegninger
Innkjøp og tilvirkning av komponenter. Montering av systemet.	08.03 – 13.05	Vedlegg E: ML003 – Utviklingsrapport, avfiring og toppstruktur
Testing av systemet.	27.04 – 18.05	Vedlegg B: TR001 – Testrapport Vedlegg E: ML003 – Utviklingsrapport, avfiring og toppstruktur

Tabell 7: John Kristoffer Kristiansen

Beskrivelse av teknisk oppgave	Når oppgaven ble utført	Hvor oppgaven er plassert
Lage en målbrikke for systemet. Gjort om målbrikke til fjernkontrollstyring	31.03 - 09.05	Vedlegg D: EL006 – Rapport, målbrikke Vedlegg C: RD001 – Digital Interface
Lage strømforsyning til systemet. Spenningsomformer og spenningsregulator	11.03 - 14.04	Vedlegg D: EL001 – Rapport, strømforsyning
Lodde kabler med pluggløsning i systemet. Fikset elektriske komponenter etter elektrisk feil ble ødelagt	05.05 - 16.05 16.05	Vedlegg D: EL010 – Rapport, kabling og sikkerhet
Skaffet komponenter til avfiringkrets.	04.04	Vedlegg D: EL011 – Rapport, avfiringkrets
Kabeltegning, Første revisjon. Planlegge kabling i systemet	06.04 - 12.04 19.04	Vedlegg D: ES001 - Koblingskjema
Skaffet FDC Modell. Laserkutte deksel til FDC.	14.05	-
Testet konsepter for prosjektildeteksjon.	30.03	-
Teste rotasjon, elevasjon med elektrisk oppsett	09.05	
Skaffet motordrivere ser kraftig nok til systemet. Skaffet belte for bunnstruktur.	04.05 26.04	-

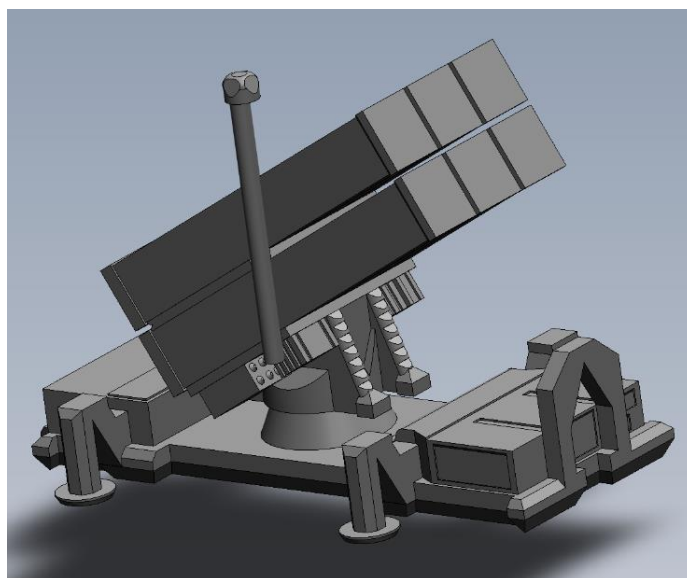
Skaffet trykkregulator. Gjenget skruer til bein i bunnstruktur. Fikset trykktank som lakk luft. Laget pappmodell av Launcheren for visualisering av størrelse.	29.03 20.04 22.05 28.02	
--	----------------------------------	--

3.3 Oppgaven fra KDA

Kongsberg Defence & Aerospace er oppdragsgiveren for prosjektet. Gruppen har fått i oppgave av bedriften å lage en nedskalert versjon av launcheren fra NASAMS, som vi velger å kalle Mini Launcher. NASAMS er et eksisterende luftvernssystem som produseres av KDA. Oppdragsgiveren ønsker å bruke Mini Launcher for å illustrere hovedfunksjonene til det virkelige systemet.

NASAMS står for National Advanced Surface-to-Air Missile System. Det er et modulbasert system utviklet i samarbeid med det amerikanske industribedriften Raytheon. Disse systemene kan være plassert enkeltvis eller gruppevis for å forsvare et område. Disse kan kommunisere seg imellom med et kryptert trådløst nettverk. De har mulighet til å utskyte én eller flere AMRAAM-missiler mot fienden [1].

Mini Launcher skal være formlik forenklet 3D-modell gitt av KDA. Denne modellen er vist i figur 1. Systemet skal demonstrere hovedfunksjonene til den virkelige launcheren. Disse funksjonene er rotasjon, elevasjon og avfiring av prosjektiler fra toppstruktur. Systemet skal styres av en operatør via et grafisk brukergrensesnitt på en ekstern PC.



Figur 1: 3D-modell fra KDA.

Ettersom systemet er forminnsket fra det faktiske NASAMS-systemet er det naturligvis gjort noen endringer i funksjonaliteten. En av disse endringene har vært at det skal skytes passive prosjektiler, i motsetningen til den virkelige launcheren som avfyre selvstyrte missiler. På grunn av dette er det nødvendig å bruke både rotasjon og elevasjon for å justere startbetingelsene for utskytingen. Siden Mini Launcher skal kunne brukes blant folkemengder er det viktig at vi innfører visse HMS-krav og prosedyrer.

Prosjektet er laget for å kunne utvides videre av andre bachelorgrupper i fremtiden. Derfor er systemet designet og dokumentert slik at andre bachelorgrupper lett kan plukke opp og fortsette arbeidet.

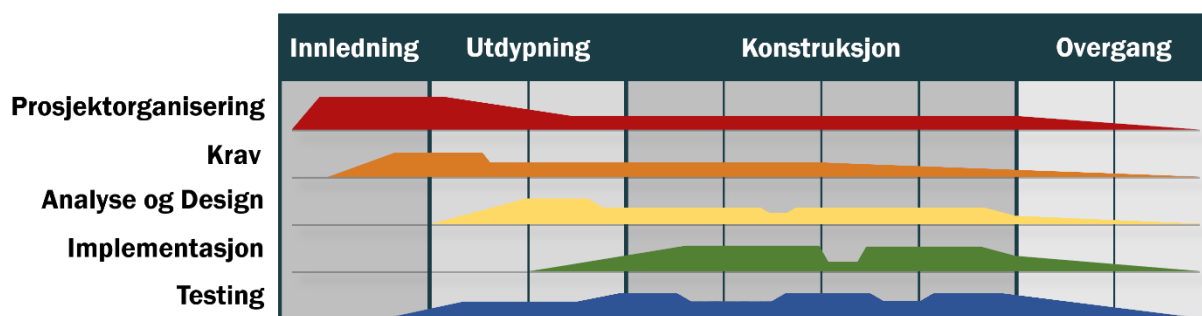
4. Prosjektstyring

4.1 Prosjektmodell

En viktig del av alle prosjekter er framgangsmåten som brukes for gjennomføring av prosjektet. Prosjektmodellen er verktøyet som brukes for å utføre et prosjekt på en strukturert måte. Prosjektmodellen legger grunnlaget for arbeidet gruppen utfører og hjelper til å oppnå en effektiv arbeidsmetodikk. Prosjektmodellen gruppen bestemte seg for å bruke var Unified Process. Denne prosjektmodellen ble valgt for sin agile evne for å alltid kunne gå tilbake til tidligere i oppgaver og justere på prosjektet uansett hvor langt inn i prosjektet man har kommet. Dette gjør at gruppen har muligheten til å rette på feil, forandre konsepter eller justere krav uansett hvilken fase prosjektet befinner seg. Unified Process bruker et trinnvist rammeverk som bygger på fire faser og normalt seks disipliner. Disiplinene er kategorier for aktivitetene utført i et prosjekt. Fasene brytes ned i iterasjoner, og antall iterasjoner og lengdene de har kan enkelt justeres i henhold til prosjektet eller prosjektgruppen. Unified Process er samtidig Use Case og risikodrevet. Use Case og tilhørende diagrammer er brukt som hjelp i alle fasene av prosjektet. Diagrammene hjelper også gruppen til å få et klart bilde av hva som skal utvikles. At prosjektmodellen er risikodrevet betyr at prosjektet tar for seg de mest kritiske risikoene så tidlig som mulig. De tidligste fasene bør derfor sikre at de største risikoene blir håndtert først.

Unified Process-modellens fire faser, innledning, utdyping, konstruksjon og overgang, deles i tidsbestemte iterasjoner. Hver iterasjonsdel skal levere en utvikling av prosjektet som skal bygge på og forbedre prosjektet. Hver iterasjon skal ha en del av hver disiplin inkludert i seg, men mengden og fordelingen avhenger av hvordan prosjektet utvikler seg.

Disiplinene som brukes i Unified Process er som oftest prosjektorganisering, krav, analyse og design, implementasjon og test. Disse disiplinene kan justeres etter behov i prosjektet. I tillegg har det blitt valgt å legge til tre akademiske disipliner som normalt ikke er i et prosjekt, men som spiller en rolle for dette prosjektet. Disse disiplinene er møter, presentasjoner og sluttdokumentasjon som ble lagt til etter presentasjon 2. Hver disiplin vil være til stede uansett hvilken fase du er i, noe som gir frihet til å justere prosjektet, eller gå tilbake om man skulle støte på et problem. Skulle man finne ut i konstruksjonsfasen at et krav ikke er mulig å få til, kan man legge inn mer arbeid i neste iterasjon. I dette prosjekt ble det valgt å bruke en innledning, to utdypning, tre konstruksjon, og en overgangsiterasjon. Figur 2 viser vår planlagte vektlegging av disiplinene for hver iterasjon. Figur 2 viser også fire konstruksjonsfaser, men ble kuttet ned til tre senere i prosjektet. Figuren viser fasene på toppen og disiplinene til venstre.



Figur 2: Illustrasjon av fasene i Unified Process.

4.2 Iterasjonsfokus

En viktig del ved bruk av prosjektmodellen Unified Process er å definere hovedfokuset for hver iterasjon. Dette hovedfokuset danner grunnlaget for oppgaver og leveranser for hver iterasjon. I figur 3 kan man se vårt hovedfokus og leveranser for hver av iterasjonene vi har brukt.

Iterasjon	Implemting	Utdypning 1	Utdypning 2	Konstruksjon 1	Konstruksjon 2	Konstruksjon 3	Overgang
Mål/hovedfokus	Hovedfokus på administrative, og grunnleggende prosjektstyringsoppgaver	Hovedfokus på risikoanalyse, testplan, grunnleggende arkitektur, timeplan og økonomien		Hovedfokus på testing, testing med alle elementer i systemet, ferdigstille sluttprodukt og dokumentere teknisk arbeid			Hovedfokus på sluttreport, sluttpresentasjon, EXPO, og verifisering av oppfylte krav
Dato:	10.01.2022 - 24.01.2022	24.01.2022 - 14.02.2022	14.02.2022 - 07.03.2022	07.03.2022 - 21.03.2022	28.03.2022 - 18.04.2022	18.04.2022 - 16.05.2022	16.05.2022 - 23.05.2022
Kort oppsummering & leveranser	<ul style="list-style-type: none"> • Kontrakter • Rollefordeling • Prosjektmodell-og plan • Logo og maler 	<ul style="list-style-type: none"> • Grunnlig risikoanalyse • Detaljert testplan 	<ul style="list-style-type: none"> • Revidering av kravdokument • Grunnleggende arkitektur 	<ul style="list-style-type: none"> • Valgt konsept • Designe GUI 	<ul style="list-style-type: none"> • Bygge testanlegg 	<ul style="list-style-type: none"> • Bygge prototype 1 • Bygge prototype 2 	<ul style="list-style-type: none"> • Dokumentere oppfylte krav
	<ul style="list-style-type: none"> • Kravspesifikasjon • Tankekart 						
	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse og design 						
	<ul style="list-style-type: none"> • Implementasjon 	<ul style="list-style-type: none"> • Lage kode for Ethernet-kommunikasjon 	<ul style="list-style-type: none"> • Test kode for Ethernet-kommunikasjon 	<ul style="list-style-type: none"> • Teste rotasjon, elevasjon og avfyringsmekanismer 			
	<ul style="list-style-type: none"> • Testing 						

Figur 3: Hovedfokus og leveranser for hver fase.

4.3 Iterasjonsplan og -rapport

For hver iterasjon har det blitt laget en iterasjonsplan som følges igjennom hele iterasjonen. Oppgavene for hver iterasjon blir bestemt i felleskap, og skal reflektere fokuset til fasen prosjektet befinner seg. Hvert medlem er selv ansvarlig for sine egne arbeidsoppgaver og at de blir gjort til avsatt tid. I slutten av hver iterasjon ble det laget en iterasjonsrapport som skal dokumentere hver oppgave som ble satt opp i iterasjonsplanen og statusen for hver oppgave. Statusen for hver oppgave er gitt ved ferdig, ikke ferdig samt en prosentandel av hvor mye gjenstår, og ikke påstartet. Skulle det oppstå en ny oppgave mens iterasjonen pågår vil det reflekteres i rapporten. For å holde en lik struktur, er hver oppgave knyttet til en disiplin og tilsvarende farge for den disiplinen. Dette er gjort for å enkelt samsvare timelister, oppfølgingsdokument og iterasjonsplan og rapport. Tabell 8 viser et eksempel på en oppgave fra iterasjonsrapporten.

Tabell 8: Prosjektorganiseringsoppgave fra iterasjonsrapport.

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Testing		Testing av avfyring		Simen	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
28.03.2022		15.04.2022		21 / 20	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
-	-	-	12,5	8,5	-
Status		Kommentar			
Ferdig		Alle gjøremål og rapport er ferdig.			
Forklaring: Bruke prøveoppsett for avfyring til å teste ulike prosjektiler, trykk og avfyringsvinkler for å oppnå ønsket treffsikkerhet og rekkevidde.					
Gjøremål:					
<ul style="list-style-type: none"> • 3D-printe prosjektiler. • Gjennomføre testing. • Skrive rapport. 					
Leveranser:					
<ul style="list-style-type: none"> • RM005 – Rapport, testing av avfyring 					

4.4 Iterasjonsmøter

For å holde styr på progresjonen av alle oppgavene, hadde gruppen hver fredag et iterasjonsmøte, hvor hvert medlem ga en oppdatering på progresjonen for hver oppgave.

Det ble også laget et møtereferat fra iterasjonsmøtet for å enkelt holde styr på progresjonen fra uke til uke.

4.5 GANTT-diagram

Tidlig i prosjektet ble det utarbeidet en fremdriftsplan. For å illustrere fremdriftsplanen ble det laget et GANTT-diagram. Dette er vedlagt med dokumentnavn *FP001 – Fremdriftsplan*. Etter prosjektets gjennomføring ble det utarbeidet en justert versjon av GANTT-diagrammet. Dette er vedlagt med dokumentnavn *FP002 – Justert fremdriftsplan*.

4.6 Risikoanalyse

Unified Process er risikodrevet og det ble derfor valgt å lage en risikoanalyse tidlig i prosjektet. En god risikoanalyse tar frem de mest kritiske risikoene som kan forekomme i prosjektet. Den ble jevnlig brukt for å se tilbake på hva slags tiltak som må gjøres om gitte scenarioene forekommer. Dokumentet *RA001 – Risikoanalyse* ble opprettet og skrevet i iterasjonene innledning og utdypning 1. Her ble det laget en tabell med en rekke tekniske risikoer og projektrisikoen. Videre sees det på hvordan risikoanalysen lignet hva som faktisk skjedde i prosjektet.

Det ble satt opp en tabell for sannsynlighetsfaktor og konsekvensfaktor i risikoanalysen. Det ble gitt verdi fra 1 til 4 som vises i tabell 9. Dette brukes videre i risikoanalysen for å redegjøre for alvorlighetsgraden av et gitt scenario. Det ble også laget en tabell som redegjør for forkortelsene som blir brukt i tabellene. Dette kan man se i tabell 10. Scenarioene ble listet opp i tabeller rangert fra mest risikabel til minst risikabel. I tabell 11 ser man et utklipp av en større tabell om tekniske risikoer som er oppgitt i *RA001 – Risikoanalyse*.

Tabell 9: Sannsynlighet ganget med konsekvens gir totalrisikoen for hvert enkelt scenario.

Sannsynlighet → Konsekvens ↓	1 (Lav)	2 (Middels)	3 (Høy)	4 (Svært høy)
1 (Lav)	1	2	3	4
2 (Middels)	2	4	6	8
3 (Høy)	3	6	9	12
4 (Svært høy)	4	8	12	16

Tabell 10: Forkortelser for begreper brukt i risikoanalysens tabeller.

Risikofaktor	RF
Sannsynlighet	S
Konsekvens	K

Tabell 11: Utklipp fra teknisk risiko i RA001 – Risikoanalyse.

Hva	Risiko	S	K	RF	Tiltak
Komponenter ryker under testing.	Forsinkelser i prosjektet.	4	3	12	Kjøpe disse så fort som mulig eller kjøpe flere av deler som er sannsynlig for å ryke.
Ingen tilgjengelig deler.	Prosjektet kan potensielt stå stille en periode.	3	3	9	Prøve å 3D-printe selv, eller lage på andre måter.
Svakt design.	Komponent som er designet av oss fungerer ikke optimalt til bruket.	2	4	8	Lage nytt design.
Feil komponent kjøpt inn.	Forsinkelse i prosjektet.	2	3	6	Nytt innkjøp (kanskje lokalt).
Defekte deler fra innkjøp.	Forsinkelse i prosjektet.	1	4	4	Nytt innkjøp.
Feil informasjon som gis til leverandør.	Kan føre til unødvendig dyr del eller feil toleranser.	1	3	3	Være bevisst på dette fremover.

Prosjektrisiko

Innenfor prosjektrisiko hadde gruppen satt sykdom som en av risikoene med størst risikofaktor. Dette var både på grunn av sannsynlighet- og konsekvensfaktor. Dette prosjektet foregikk i slutten av en pandemi og risikoen for å bli smittet var fortsatt høy. Flere i gruppen satt hjemme med COVID-19 på hvert sitt tidspunkt, som ga oss en utfordring for å viderefremme hva som skjedde under de fysiske oppmøtene. Man måtte finne måter å tilrettelegge arbeid på som var en utfordring i seg selv. Sykdomsforløp er veldig individuelt som gjorde at noen fikk gjort mer arbeid hjemme enn andre. Dette skjedde få uker før presentasjon 2 som gjorde at arbeidsmengden måtte tilrettelegges så teknisk arbeid og presentasjonsarbeid ble fordelt.

Konflikter og uenigheter var også ansett som en stor risiko. Det ble få konflikter, men uenigheter ble det mye av. Dette så gruppen på som noe positivt. Man kan høre på hverandres meninger og komme frem til den mest aktuelle planen videre. Dette løste man ved simpel avstemning, som var tiltaket i risikoanalysen.

Teknisk risiko

Innenfor tekniske risikoer ble noen av dem realitet. Øverst på listen har man «Komponenter ryker under testing». Dette skjedde i konstruksjon 3, hvor en Arduino Mega, Arduino Nano og alle seks infrarøde detektorer ble ødelagt. Dette var fordi en kablingsfeil sendte 24 V til komponentene som bare tåler 5 V. Tiltaket som ble gjort var å ha flere mikrokontrollere tilgjengelig til bruk. De infrarøde detektorene var komponenter som ble bestilt fortløpende etter hendelsen.

Et annet punkt som står i RA001 – Risikoanalyse var risikoen for dårlig tilgjengelighet av komponenter. Med tanke på pandemien var det fortsatt sannsynlig at det kunne være problemer med leveringstid. Derfor ble dokumentet KP001 – Innkjøpsplan laget. Formålet med dokumentet var å kartlegge tilgjengeligheten av komponenter og leveringstiden fra de forskjellige leverandørene tidlig i prosjektet. Kartleggingen viste at det eksisterer leverandører som kan levere komponentene prosjektet trenger med kort leveringstid, innen få dager. En ting som er verdt å nevne er bedriftens dårlige kommunikasjon med kunden. Gruppen hadde bestilt en reim for rotasjonsmekanismen som det sto var på lager hos leverandøren. Etter at gruppen tok kontakt med leverandøren viste det seg at komponenten ikke var tilgjengelig før etter prosjektets sluttdato. Dette gjorde at man måtte se på flere leverandører for å se om tilsvarende komponenter var tilgjengelig. Hos disse leverandørene kostet komponenten noe mer og leveringstiden var noe lenger. Dette gikk utover mulighet for tidlig oppstart av testing av prototype 1.

I tabellen er det også nevnt svakt design som en risiko. I konstruksjon 3 ble en 3D-printet komponent ødelagt under montering fordi det ikke ble tatt hensyn til egenskapene til 3D-printede materialer. Dette førte at komponenten måtte redesign og produseres på nytt.

Heldigvis var dette en egendesignet komponent som er laget på relativt kort tid ved additiv produksjon. Herifra ble også *3D-printresearch* utvidet til å ta hensyn til 3D-print sine ulemper som ikke ble tenkt på. Det er verdt å nevne at svakt design kan komme av 3D-print i seg selv og dette må tas hensyn til.

Innkjøp av feil komponenter var også et scenario man måtte komme seg gjennom. Det ble kjøpt inn et par steppermotorer som driver elevasjons- og rotasjonsmekanismen. Disse steppermotorene ble beregnet for å tåle den antatte lasten, men fungerte dårlig i praksis. I løpet av prosjektet ble det kjøpt inn nye og kraftigere motorer. Høyden på et av dekslene i bunnstrukturen måtte justeres ettersom en større motor ble valgt. I toppstrukturen var det plass til større motor og ingen endringer måtte gjøres.

Det som ikke ble nevnt i risikoanalysen er uforutsigbarheten for å 3D-printe hos universitetet når den avsluttende fasen av prosjektet nærmet seg. Det var stor pågang hos lab-ingeniøren og dette gjorde at komponentene ble satt på vent i flere dager før de kunne 3D-printes. Løsningen var å kombinere et privat kjøp av 3D-printer med å kjøpe filament spesifikt til bruk i prosjektet. Dette avlastet ventetiden hos universitetets 3D-printere og ga gruppen fleksibilitet i produksjonen uten å måtte vente for lenge på 3D-printede komponenter i slutten av konstruksjon 3.

5. Krav og test

5.1 Kravspesifikasjon

En kravspesifikasjon definerer de ønskede egenskapene til et system. Den setter klare grenser for prosjektets omfang og hva prosjektet skal levere. Det er viktig at prosjektgruppen og oppdragsgiver diskuterer kravspesifikasjonen for å forsikre at alle forstår hva som skal leveres.

Project Mini Launcher mottok første utkast av kravspesifikasjonen fra oppdragsgiver Kongsberg Defence & Aerospace ved prosjekts oppstart. Informasjonen var detaljert, men enkelte krav var uklare. Det ble satt opp to møter der kravene rundt oppgaven ble diskutert. Det ble gjort noen små endringer i kravspesifikasjonen og laget en revidert versjon. Se vedlagt *KS001 – Kravspesifikasjon*. Kravene i oppgaveteksten fra KDA beskrives nærmere i delene under og kan deles inn i to hovedkategorier:

- Funksjonelle krav
- Ikke-funksjonelle krav

Kravene består av funksjonelle og ikke-funksjonelle krav som er formulert i skal-form. Kravene har prioritet A til C, hvor A har høy prioritet og C lav prioritet. Systemet må tilfredsstille A-krav. Systemet bør tilfredsstille B-krav. C-kravene sees på som en utvidelse av oppgaven.

Funksjonelle krav

Funksjonelle krav definerer hvordan systemet skal operere. Det er krav som sier noe om funksjonaliteten til systemet. Eksempler kan være krav til hastighet på rotasjon eller krav om avfyringslengde. I tabell 12 ser vi de endelige funksjonelle kravene gitt fra KDA. Tabellen viser også systemets funksjonelle krav, deres prioritet og status. Status viser om kravet er innfridd. Utførte tester ligger under vedlegg.

Tabell 12 viser systemets funksjonelle krav, deres prioritet og status. Status viser om testen er godkjent eller ikke godkjent, og refererer til test ID i vedleggene.

Tabell 12: Funksjonelle krav.

Krav ID	Beskrivelse	Prioritet	Status
FK1-0	Systemet skal være formlik 3D-modell gitt av KDA.	A	Godkjent T1-0
FK2-0	Systemet skal bestå av en statisk base og en roterende toppstruktur.	A	Godkjent T3-0
FK3-0	Systemets toppstruktur skal kunne rotere i begge retninger.	A	Godkjent T3-0
FK3-1	Systemets toppstruktur struktur skal rotere ± 360 fra startpunkt.	A	Godkjent T3-0
FK4-0	Systemet skal ha seks (6) prosjektiler i toppstruktur.	A	Godkjent T4-0
FK4-1	Systemet skal kunne utløse seks (6) prosjektiler fra toppstruktur.	A	Godkjent T4-0
FK4-2	Systemet skal kunne justere prosjektilets rekkevidde som en funksjon av kraft.	C	Godkjent T4-2
FK4-3	Systemets prosjektiler skal kunne utløses mot mål innenfor avstander mellom 3 meter og 10 meter fra systemet.	A	Godkjent T4-4
FK4-4	Systemet skal kunne treffe et mål innenfor en radius på 30 cm med 10 meters avstand.	B	Ikke godkjent T4-6
FK5-0	Systemets toppstruktur skal kunne elevere og de-elevare fra 0-40 grader	B	Godkjent T5-0
FK6-0	Systemet skal styres av en operatør fra en ekstern PC via et grafisk brukerinterface (GUI)	A	Godkjent T6-0
FK6-1	Operatør skal kunne styre systemets toppstruktur til bestemt posisjon uten utløsning av prosjektil.	A	Godkjent T6-2

FK6-2	Operatør skal kunne styre systemets toppstruktur til bestemt posisjon og utløse prosjektil.	A	Godkjent T6-2
FK6-3	Operatør skal kunne styre systemet til flere posisjoner og utløse flere prosjektiler i en sekvensiell operasjon.	B	Godkjent T6-3
FK6-4	GUI skal vise informasjon om systemets operative status.	A	Godkjent T6-4
FK6-5	GUI skal vise status om hver «canister».	B	Godkjent T6-5
FK6-6	GUI skal vise informasjon om systemets retning (azimuth og elevasjon).	B	Godkjent T6-6
FK6-7	GUI skal vise informasjon om og/eller loggføre tidligere fyringer.	C	Godkjent T6-7
FK7-0	Systemet skal ha en ren mekanisk sikring av prosjektiler.	A	Ikke godkjent T7-0
FK7-1	Systemet skal ha en elektrisk bryter for sikring av prosjektiler.	B	Godkjent T7-2
FK7-2	Systemet skal visuelt indikere systemets operative status.	B	Godkjent T7-3
FK8-0	Systemets lengde skal ikke overstige 500 mm	B	Godkjent T1-0
FK8-1	Systemets totalvekt skal ikke overstige '2-man lift' i MIL-STD-1472G	B	Godkjent T8-2
FK8-2	Systemet skal ha olivengrønn eller sand-farge	B	Ikke godkjent T8-3

Ikke-funksjonelle krav

Ikke-funksjonelle krav definerer rammer eller begrensninger for systemet. Begrensningene definerer ikke funksjonaliteten. Krav som går på HMS, kan typisk være en form for ikke-funksjonelle krav.

Tabell 13 viser systemets ikke-funksjonelle krav, deres prioritet og status. De ikke-funksjonelle kravene har ikke test ID-er.

Tabell 13: Ikke-funksjonelle krav.

Krav ID	Beskrivelse	Prioritet	Status
IFK1-0	Systemet skal være standalone fra eksisterende KDA produkter.	A	Godkjent
IFK2-0	Systemet skal utvikles med kommersielt tilgjengelig komponenter som studiested/ studentene står for.	A	Godkjent

IFK3-0	Systemet skal ikke være en risiko for helse, miljø og sikkerhet.	A	Godkjent
IFK4-0	Interface mellom det fysiske systemet og ekstern PC skal dokumenteres	A	Godkjent
IFK5-0	Systemet skal ha en teknisk brukerveiledning	B	Godkjent

Revidert kravspesifikasjon

Tidlig i prosjektet ble det satt opp to møter med oppdragsgiver KDA. Der ble kravene til oppgaven diskutert. Dette resulterte i en revisjon av kravspesifikasjonen. Det ble gjort endringer på uklare formuleringer og på prioriteten til de forskjellige kravene. Kravene FK5-0 og IFK3-1 er fjernet etter samtale med KDA. Se tabell 14 for full beskrivelse av endringene som ble gjort.

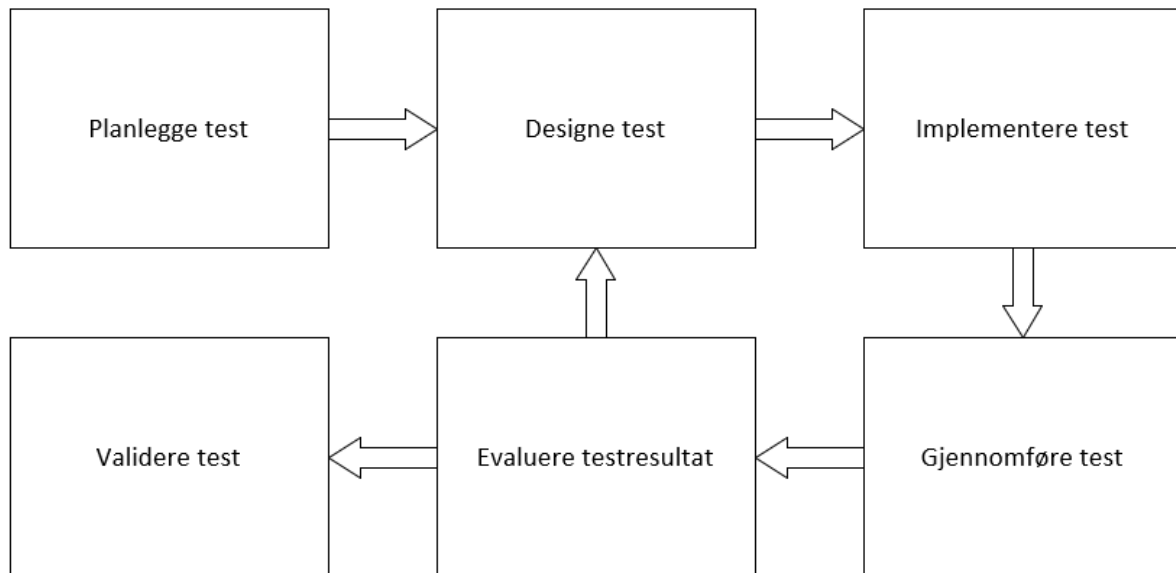
Tabell 14: Revisjonstabell med endringer.

Revisjon	Beskrivelse	Dato
-	Første utgave	11.01.2022
A	<p>Etter diskusjon mellom studentene og KDA er følgende endringer blitt innført:</p> <p>Krav FK4-3 endret: - Fra: systemet skal kunne treffe et mål innenfor 30 cm med 10 meters avstand. - Til: Systemets prosjektiler skal kunne utløses mot mål innenfor avstander mellom 3 meter og 10 meter fra systemet.</p> <p>Krav FK4-4 lagt til med prioritet B: - Systemet skal kunne treffe et mål innenfor en radius på 30cm med 10 meters avstand.</p> <p>Krav FK5-0 fjernes og erstattes med FK5-1. Krav får ID FK5-0.</p> <p>Krav FK6-1 endres: - Fra: Operatør skal kunne styre systemets toppstruktur til bestemt posisjon. - Til: Operatør skal kunne styre systemets toppstruktur uten utløsning av prosjektil.</p> <p>Krav FK6-5 endres: - Fra: GUI bør vise informasjon om prosjektilenes status. - Til: GUI bør skal vise status om hver canister.</p>	07.02.2022

	<p>Krav FK7-0 endrer formulering:</p> <ul style="list-style-type: none">- Fra: Systemet skal ha en mekanisk sikring av prosjektiler.- Til: Systemet skal ha en ren mekanisk sikring av prosjektiler <p>Krav IFK3-1 fjernes grunnet likhet med FK3-0.</p> <p>Endret krav fra «bør» til «skal». Dette gjelder krav FK4-2, FK6-3, FK6-6, FK6-7, FK7-2, FK8-0, FK8-1 og FK8-2.</p>	
--	---	--

5.2 Testspesifikasjon

En viktig del av prosjektet er å utlede testprosedyrer for systemet som en helhet og for systemets komponenter. Dette innebærer at gruppen (testansvarlig) vurderer om hvert enkelt krav er verifiserbart. Hovedpoenget med testing er å sørge for at både prosjektgruppen og oppdragsgiver (KDA) at det ferdige systemet er av høy kvalitet og yter som forventet. Arbeidet med testing er beskrevet i figur 4.



Figur 4: Arbeidsprosess for testing.

Verifikasjon og metoder

Verifikasjon er en måte å bevise at et system tilfredsstillt krav. Verifikasjonsmetodene er de ulike måtene vi skal verifisere kravene. De fire verifikasjonsmetodene vi har brukt er beskrevet i tabell 15.

Tabell 15: Testmetoder.

Metode	Beskrivelse
Inspeksjon	Inspeksjon er en form for verifikasjon som innebærer å observere det fysiske systemet, komponenter eller sub-systemer i statisk tilstand. Dette kan for eksempel være at man ser at man har en brukermanual og at innholdet er riktig, eller å inspisere at Mini Launcher har bunnstruktur, midtstruktur og toppstruktur. Inspeksjon kan brukes for ja eller nei-krav og tallfestede krav.
Demonstrasjon	Demonstrasjon er en form for funksjonstesting. Det innebærer at man demonstrerer en spesifikk funksjon som produktet skal ha. Eksempler kan være at vi demonstrerer at Mini Launcheren kan avfyre prosjektiler, at toppstrukturen kan rotere og elevere, eller avfyre

	prosjektil og deretter rotere og avfyre i en sekvens. Demonstrasjon er typisk for ja eller nei-krav.
Måling	Måling er en form for testing. Testingen kan være instrumentert eller fysisk. Instrumentert test involverer at man utfører målinger ved hjelp av ulike instrumenter. Eksempler kan være å bruke instrumenter for å måle tid, hastighet og temperatur. Fysisk måling innebærer å bruke et verktøy som målebånd, tommestokk eller skyvelære for å måle en fysisk lengde. Måling er typisk for tallfestede krav.
Analyse	Analyse innebærer å utføre teoretiske beregninger. Dette kan være enkle utregninger for hånd, eller simuleringer ved hjelp av dataverktøy. Eksempel på analyse kan være en FEM-analyse med dataverktøy. Analysering og simulering er teoretisk og er ikke nødvendigvis i samsvar med virkeligheten. Det vil alltid være litt forskjell fra en analyse og en fysisk test. Analyse skal brukes der demonstrasjon, inspeksjon eller måling ikke er mulig å gjennomføre.

Testplanen

Testplanen er en plan på hvordan de ulike kravene fra kravspesifikasjonen skal bli testet og verifisert. Testplanen skal sikre at vi oppfyller kravene som er gitt av oppdragsgiver.

Testplanen lister opp testene vi skal utføre, og hvordan vi vil dokumentere gjennomførte tester og resultater. *TP001 – testplan* ligger i vedlegg.

Mal på gjennomført test

Gruppen lagde en mal for en gjennomført test. Dette er en fin måte å strukturere alle testene. På denne måten blir det også enklere å forstå for de som ikke er direkte involvert i prosessen. I tabell 16 kan man se malen for en gjennomført test.

Tabell 16: Mal for testing.

Test ID	Status	Referanse
TX-X	Godkjent/Delvis godkjent/Ikke godkjent	Dokument som hører til. (testrapport)
Krav ID: «FX-XX» (kan legge til flere om testen går over flere krav)		
Testmetode: Inspeksjon / Analyse / Instrumentering / Demonstrering		
Beskrivelse: Beskrivelse av hvordan testen skal gjennomføres, og kriterier til godkjent resultat.		
Utstyr: Utstyret som blir brukt i testen.		
Resultat: Resultatet av testen.		
Dato	Dato for gjennomført test	
Utført av	Personen som utførte testen	
Godkjent av	Personen som godkjente testen	

Etter utført test

På enkelte tester kan det være nødvendig med en egen testrapport. Testrapporter er fullstendige rapporter som forklarer nærmere detaljer rundt gjennomføringer og måleresultater. Dette vil typisk være hensiktsmessig for analyser og instrumentert testing. Beskrivelse og forklaring av teststatus er vist i tabell 17.

Tabell 17: Beskrivelse av teststatus.

Status	Beskrivelse
Godkjent	Kriterier til testresultater er oppfylt. Ingen endringer nødvendig.
Delvis godkjent	Kriterier til testresultater er delvis/nesten oppfylt. Hvorvidt endringer er nødvendig avklares med oppdragsgiver.
Ikke godkjent	Kriterier til testresultater er ikke oppfylt. Endringer og ny test er nødvendig for godkjenning.

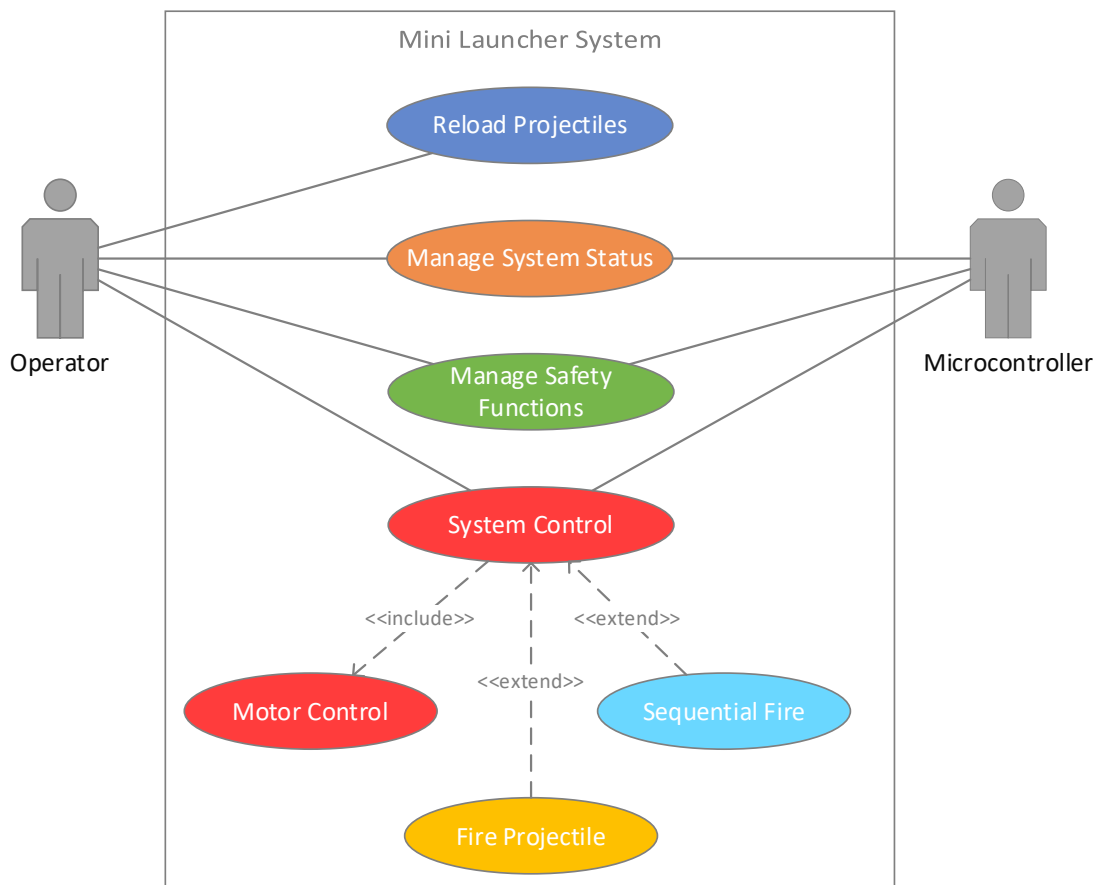
Slutttestene er gjennomført i overgangsfasen. Testresultatene er vedlagt som *TR001 - Testrapport*.

6. Use case og programvarearkitektur

Ettersom Unified Process er drevet av use cases har gruppen laget diagrammer for systemet som blir brukt sammen med prosjektmodellen. I innledningsfasen blir det laget *use cases* for å finne funksjoner, krav og få et overblikk over systemet. I utdypningsfasen blir det laget et klassediagram, sekvensdiagrammer og programvarearkitekturdiagram. Disse diagrammene skal brukes til å se på hvordan funksjoner skal utføres av systemet og hvilke data som trengs. Diagrammene hjelper oss også med å planlegge hva som må gjøres i konstruksjonsfasen. I konstruksjonsfasen blir diagrammene brukt som hjelp til bygging av systemet. I overgangsfasen blir det ferdige systemet verifisert og sammenlignet med diagrammene.

6.1 Use case

For å finne funksjonene det planlagte systemet skal inneholde ble det laget et use case diagram. Diagrammet viser hvordan en operatør kan samhandle med systemet fra det grafiske brukergrensesnittet og hvordan mikrokontrolleren styrer systemet. Diagrammet er vist i figur 5.



Figur 5: Systemets use case

Scenario for use case "Reload Projectiles".

Operatøren kan lade inn prosjektiler dersom systemet har plass til det.

Scenario for use case "Manage System Status".

Operatøren kan se systemstatus eller oppdatere statusen. Operatøren vil også kunne se en logg over tidligere avfyringer. Mikrokontroller leser av nødvendig sensordata og oppdaterer statusen.

Scenario for use case "Manage Safety Functions".

Operatøren kan administrere både fysiske og digitale sikringer av systemet. Mikrokontroller leser av posisjonen på sikkerhetsbryteren og aktiverer digitale sikkerhetsfunksjoner i systemet.

Scenario for use case "System Control".

Operatøren vil kunne styre systemet ved bruk av det grafiske brukergrensesnittet. Styring innebærer motorstyring og valg for avfiring av prosjektiler. Mikrokontroller vil lese av nødvendig sensordata og utføre handlingene bestemt av operatøren.

Scenario for use case "Motor Control".

Operatøren vil kunne styre systemet til bestemte posisjoner ved bruk av det grafiske brukergrensesnittet. Mikrokontroller vil lese av nødvendig sensordata og styre motorene som bestemt av operatøren.

Scenario for use case "Fire Projectile".

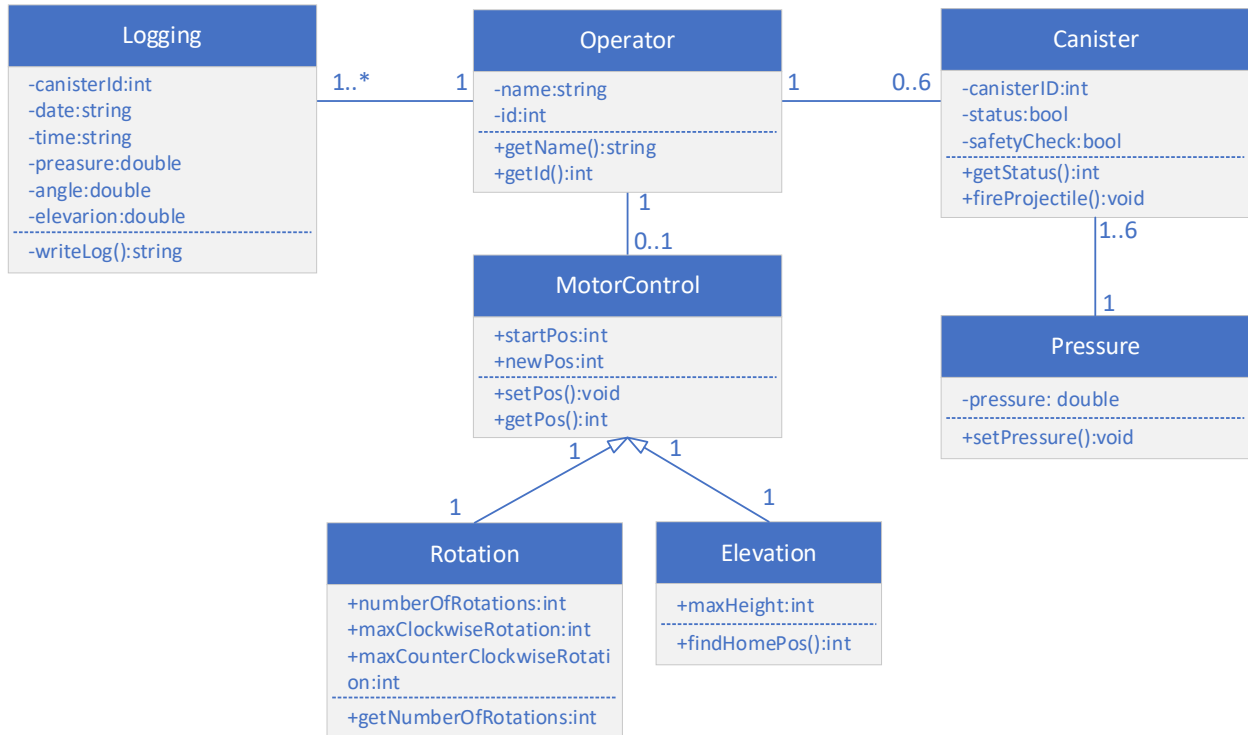
Operatøren kan velge å avfyre et prosjektil. Mikrokontroller vil utføre handlingen som bestemt av operatøren.

Scenario for use case "Sequential Fire".

Operatøren kan velge å avfyre prosjektiler i en sekvens. Mikrokontroller vil lese av nødvendig sensordata og utføre handlingen som bestemt av operatøren.

6.2 Klassediagram for systemet

Klassediagrammet, som vist i figur 6, beskriver klassene systemet inneholder. Diagrammet viser også egenskapene og funksjonene klassene har, samt hvordan de relaterer til hverandre.



Figur 6: Klassediagram.

6.3 Sekvensdiagrammer

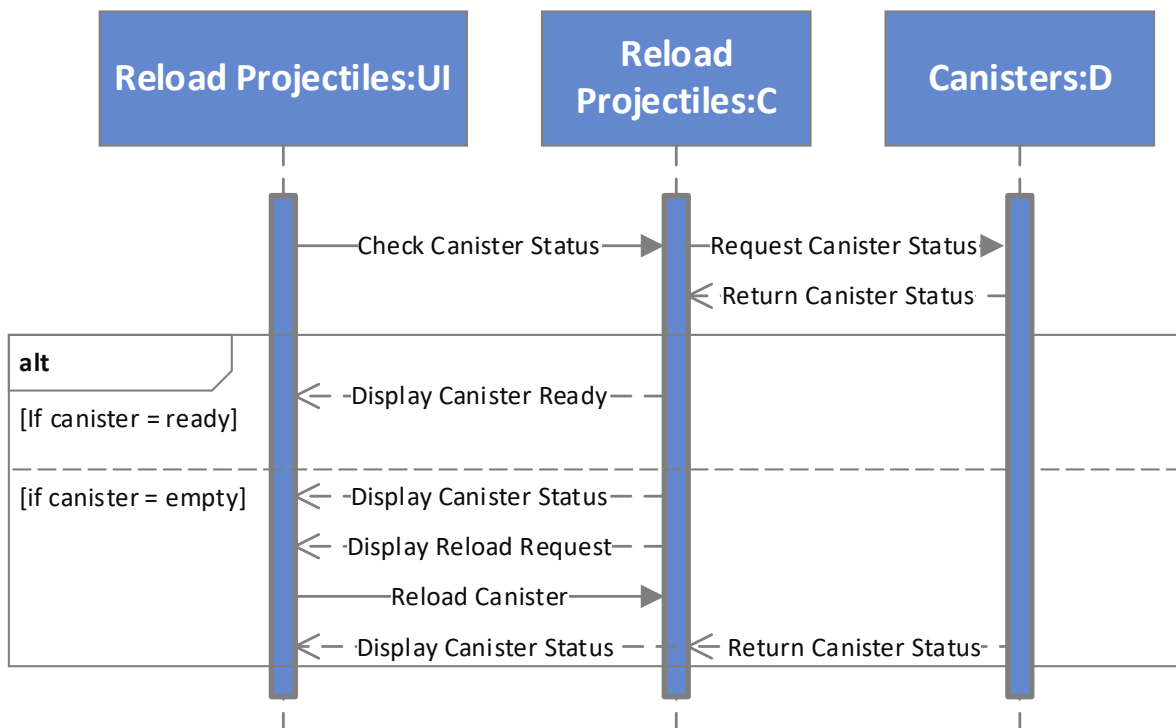
Sekvensdiagrammene til systemet er basert på scenarioene i *use case* modellen. Sekvensdiagrammene beskriver funksjonene systemet har og hvordan de skal bli utført. Diagrammene viser også hvilke data systemet bruker.

UI: UI er brukergrensesnittet som presenterer informasjon til brukeren. Brukeren kan også gjøre valg og styre funksjoner ved å trykke på knapper presentert i UI.

C: C er kontrollenheten som utfører handlinger, enten automatisk eller når brukeren ønsker det. Kontrollenheten kan slette, oppdatere og motta dataen som systemet bruker. Kontrollenheten kan også presentere og oppdatere visningen i brukergrensesnittet.

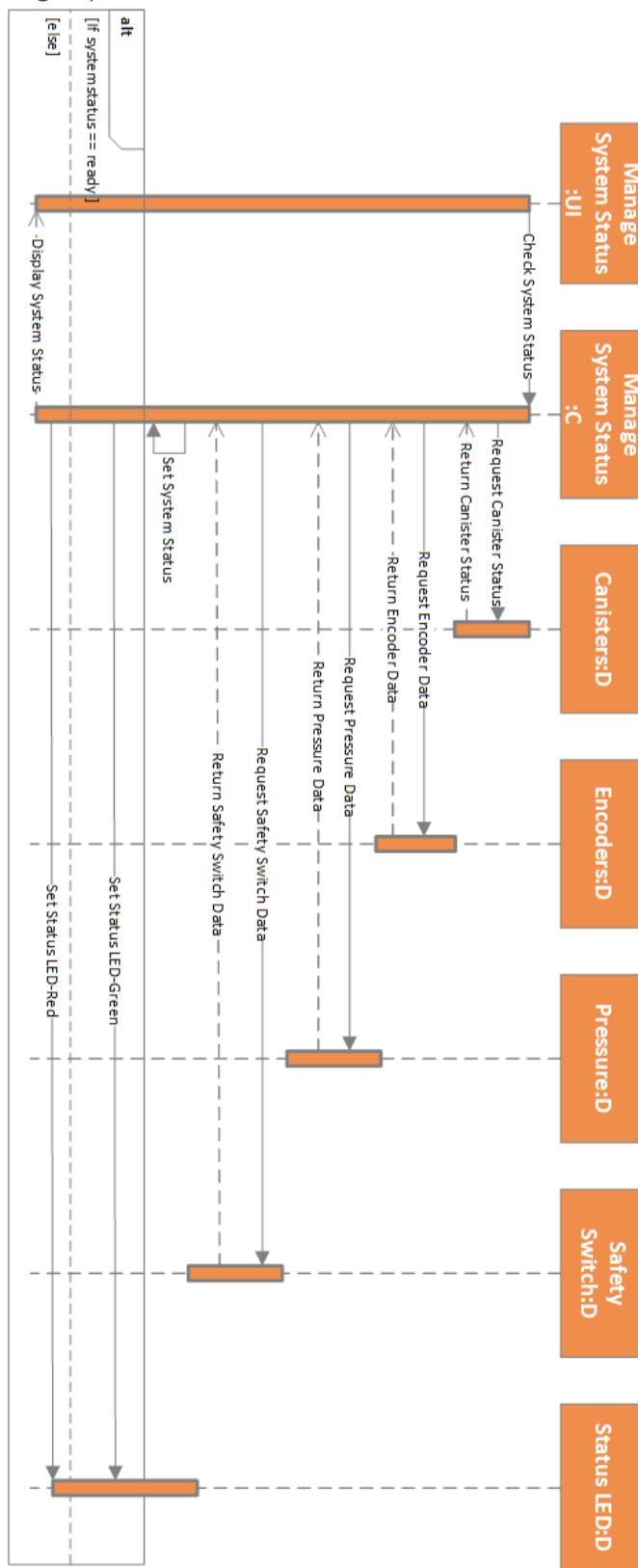
D: D er dataen som systemet bruker. Dataen kommer enten fra variabler som er satt før programmet kjører eller fra sensorer som oppdaterer data ettersom systemet samhandler med omgivelsene.

Sekvensdiagram: Reload Projectiles



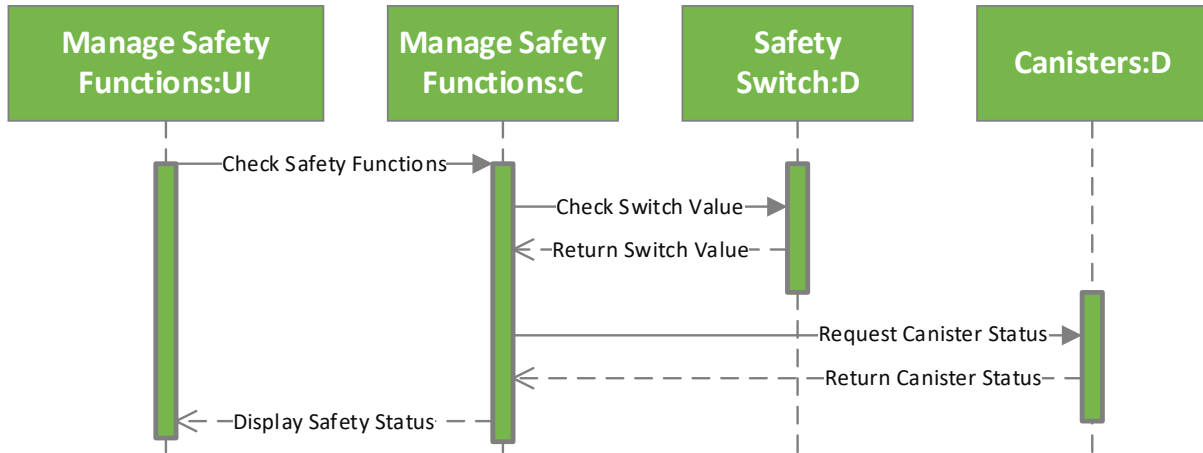
Figur 7: Reload Projectiles diagram.

Sekvensdiagram: Manage System Status



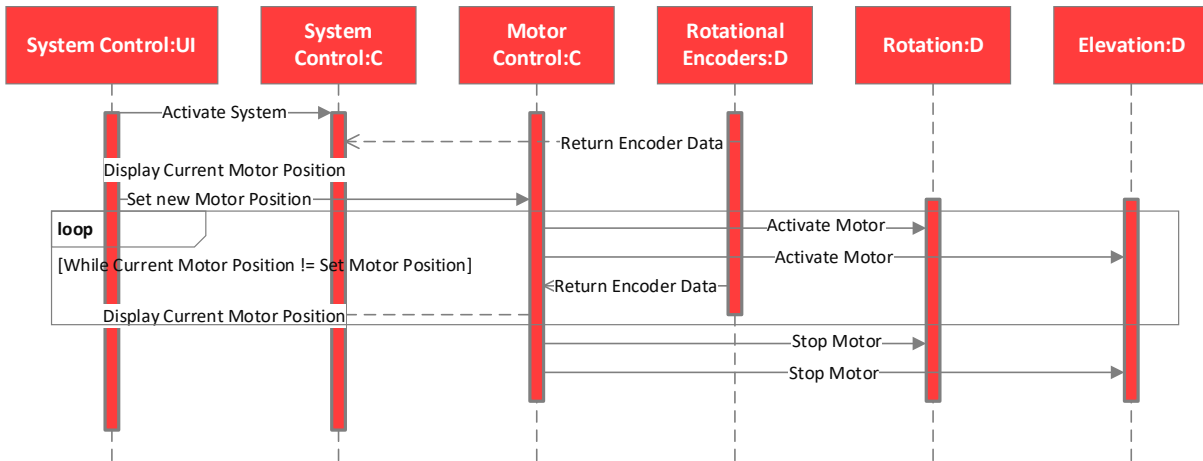
Figur 8: Manage System Status diagram.

Sekvensdiagram: Manage Safety Functions



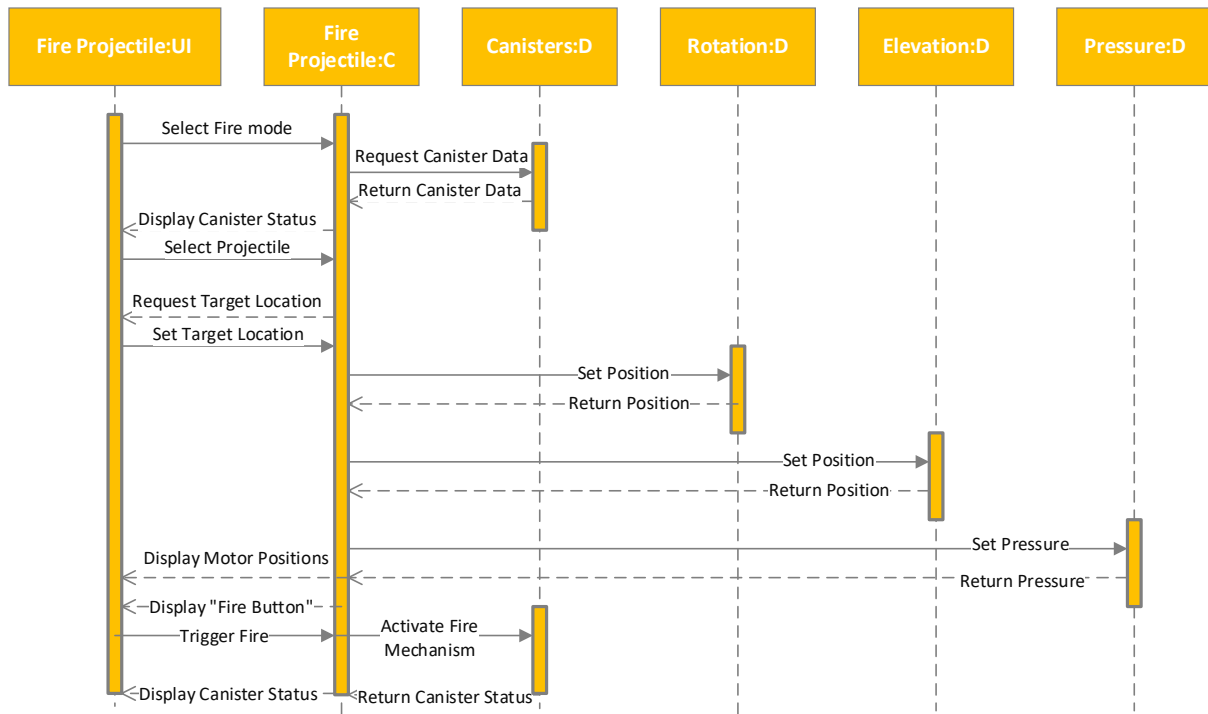
Figur 9: Manage Safety Functions diagram.

Sekvensdiagram: System Control & Motor Control



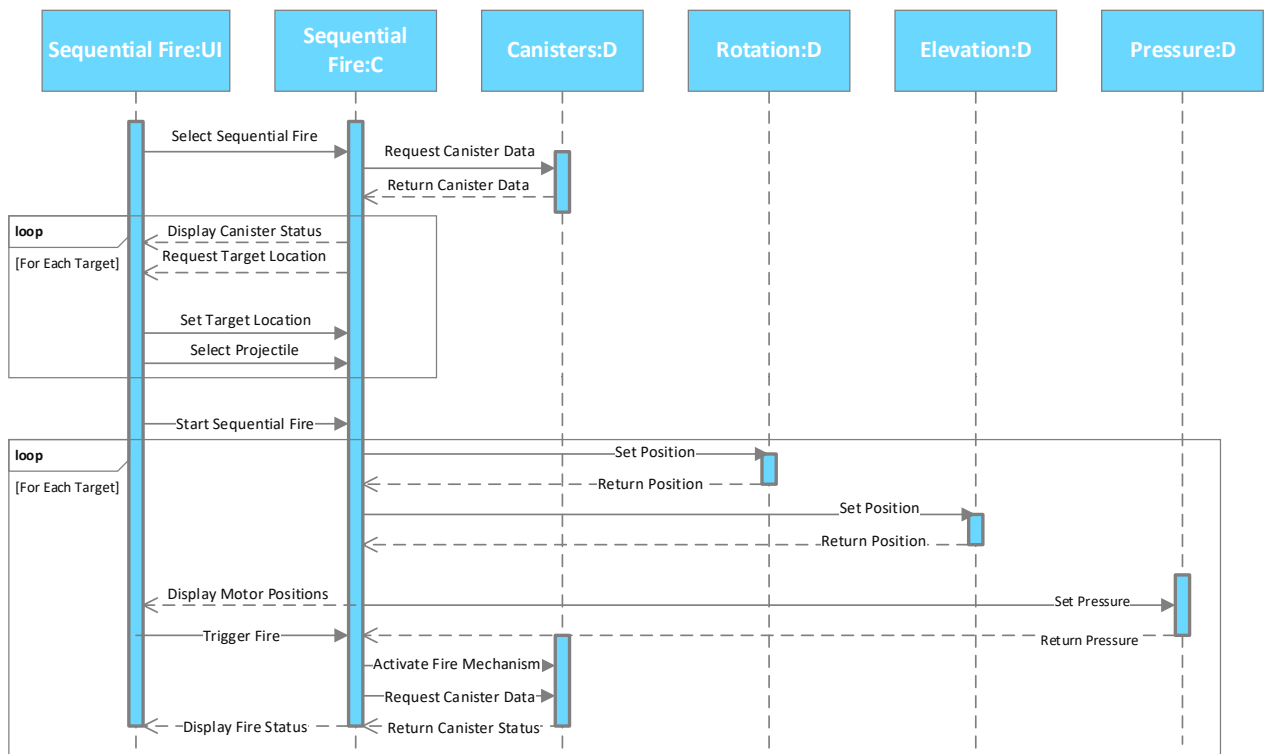
Figur 10: System Control & Motor Control diagram.

Sekvensdiagram: Fire Projectile



Figur 11: Fire Projectile diagram.

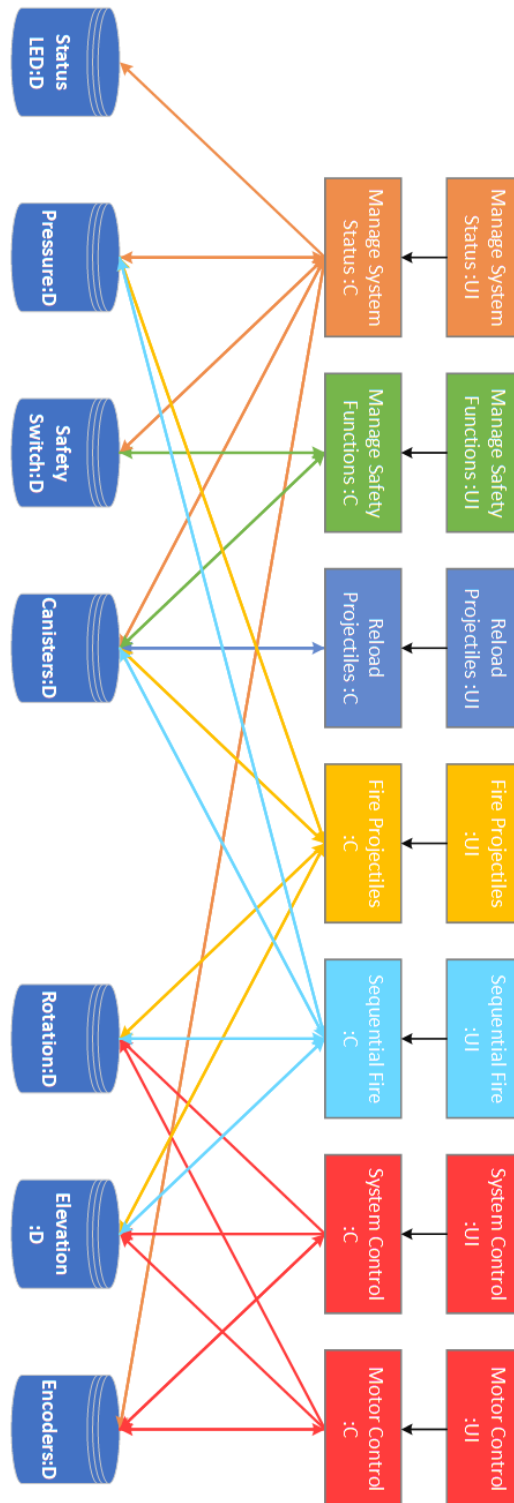
Sekvensdiagram: Sequential Fire



Figur 12: Sequential Fire diagram.

6.4 Programvarearkitekturdiagram

Figur 13 viser diagrammet for hvilke data systemet bruker. Diagrammet viser også hvilken data som delt av flere funksjoner og om dataen blir mottatt og/eller oppdatert.



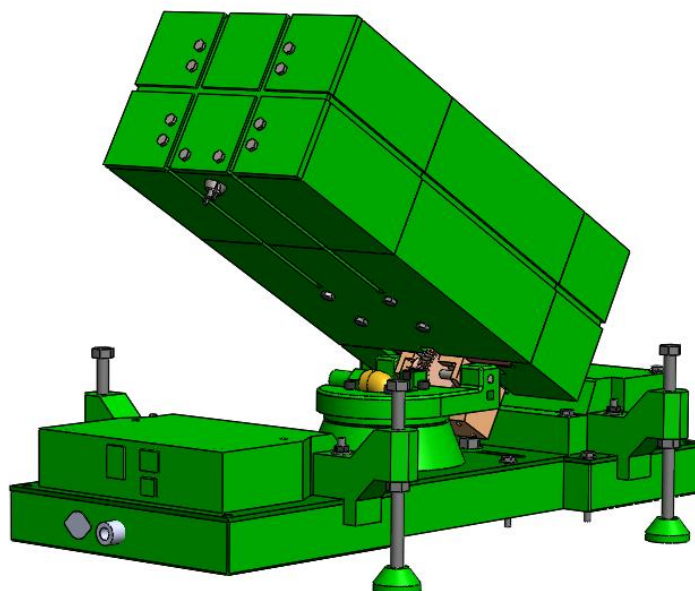
Figur 13: Programvarearkitekturdiagram.

7. Teknisk beskrivelse

Denne delen av rapporten beskriver det ferdige systemets oppbygning og virkemåte. Detaljert teknisk dokumentasjon med konseptvalg og begrunnelser er vedlagt.

7.1 Systemoversikt

Systemet består av selve Mini Launcher, ekstern boks og grafisk brukergrensesnitt. Launcheren er bygget opp av en statisk bunnstruktur og en roterende og eleverende toppstruktur. 3D-modell av launcheren er vist i figur 14. Fra toppstrukturen kan det avfyres seks prosjektiler. Systemet styres gjennom et grafisk brukergrensesnitt (GUI) på en ekstern PC. Launcheren er bygget i skala 1:12,5 til den virkelige NASAMS-launcheren. Diagrammer som viser opprinnelig planlagt og endelig systemarkitektur er vedlagt som SD001 – Systemarkitektur.



Figur 14: 3D-modell av Mini Launcher.

Bunnstrukturen inneholder rotasjonsmekanismen. Denne er drevet av en elektrisk motor via reimoverføring. Bunnstrukturen rommer også en mikrokontroller og motordrivere for rotasjon og elevasjon.

På den roterende midtstrukturen er mekanismen for elevasjon montert. Denne mekanismen bruker snekkedrift drevet av en elektrisk motor montert oppe i toppstrukturen.

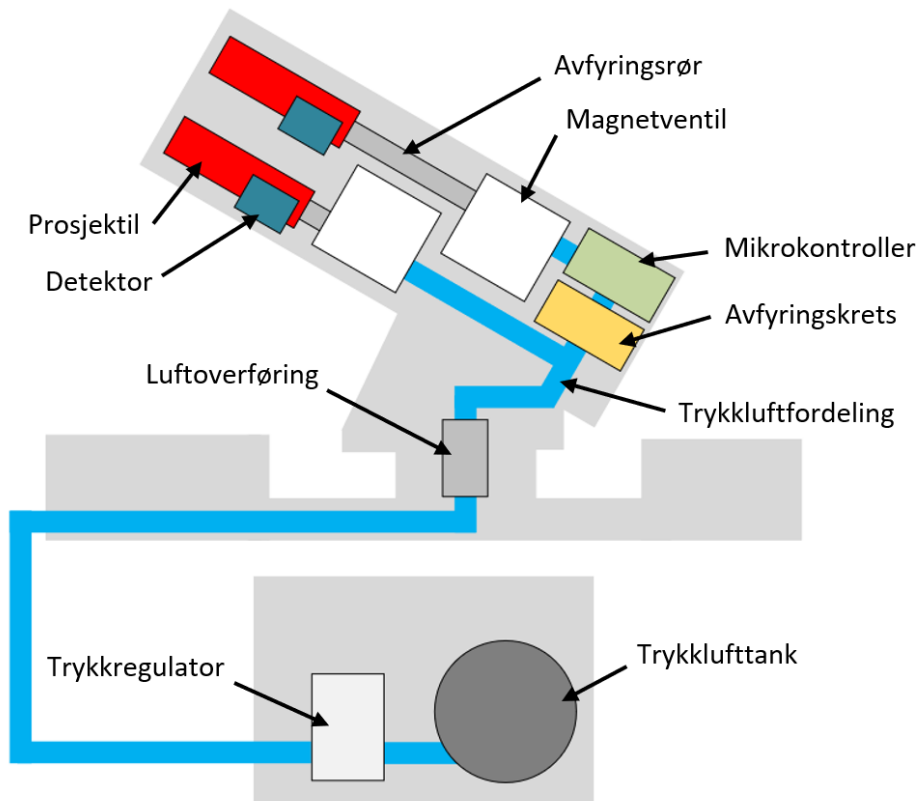
I toppstrukturen er avfyrimekanismen montert. Avfyringen er basert på trykkluft. I toppstrukturen er det også montert en mikrokontroller som styrer avfyring.

Den eksterne boksen inneholder tank for trykkluft, trykkregulator og strømforsyning.

GUI gir operatøren mulighet til å styre rotasjon, elevasjon og avfiring. Operatøren kan også se informasjon om systemets status og tidligere avfiring. Operatøren har mulighet til å legge inn en sekvens med flere avfiring mot ulike mål.

7.2 Avfyring og toppstruktur

Systemets avfyringsmekanisme lar operatøren avfyre 6 prosjektiler fra hvert sitt kammer i toppstrukturen. Kamrene kalles også canistere. Konseptet for avfyring går ut på å bruke trykkluft fra en tank i ekstern boks for å avfyre prosjektilene. Figur 15 illustrerer avfyringsmekanismens prinsipielle oppbygning.



Figur 15: Oversikt avfyringsmekanisme.

I toppstrukturen finner vi 6 magnetventiler, en for hvert prosjektil. Ventilene styrer når trykkluft skal leveres til hvert enkelt prosjektil for å avfyre det. Foran magnetventilene er det seks kamre med avfyringsrør som prosjektilene tres utenpå. I hvert kammer er det en sensor for å detektere om et prosjektil er til stede.

Prosjektildeteksjon og åpning av magnetventilene styres elektronisk via en egen mikrokontroller for avfyring, som er plassert i toppstrukturen. Dette er gjort for å minimere antall ledninger som må opp gjennom rotasjonsmekanismen fra bunnstrukturen. For å styre magnetventilene med mikrokontrolleren er et eget kretskort med transistorer montert i toppstrukturen. Grunnen til dette er at magnetventilene må tilføres 24 V, noe mikrokontrolleren ikke kan levere direkte.

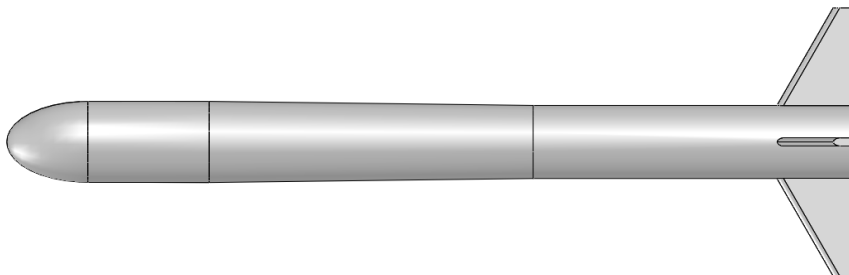
Bak magnetventilene er det slanger og koblinger som fordeler trykkluft mellom hver av ventilene. Trykkluft tilføres toppstruktur med en roterende kobling gjennom rotasjonsmekanismen. Til bunnstrukturen tilføres trykkluft fra ekstern boks. I den eksterne

boksen er det montert en tank og en elektronisk trykkregulator. Trykkregulatoren gjør det mulig å justere lufttrykket som tilføres systemet og dermed også avfyringsrekkevidden. Lufttrykket styres av operatøren gjennom GUI.

Systemets avfyringsmekanisme kan operere med lufttrykk mellom 0 og 6 bar. Dette gir prosjektilene en maksimal utgangshastighet på 23 m/s og en maksimal rekkevidde på over 50 m.

Nærmere detaljer om design av avfyringsmekanisme og toppstruktur finnes i *ML003 – Utviklingsrapport, avfyringsmekanisme og toppstruktur*.

Prosjektiler



Figur 16: 3D-modell av systemets prosjektil.

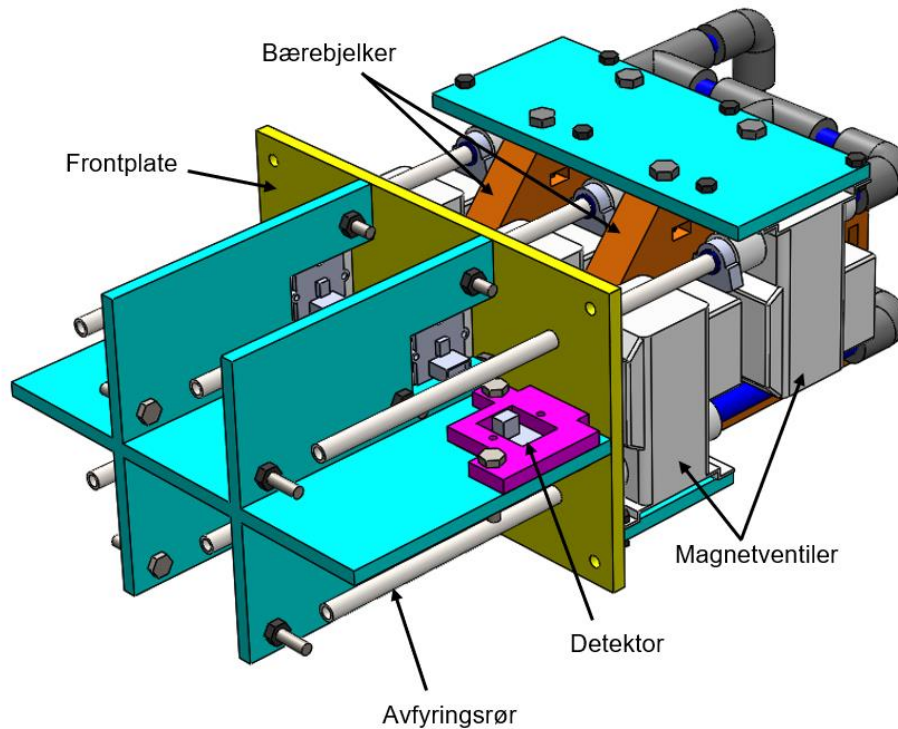
Figur 16 viser prosjektilet systemet avfyrrer. Prosjektilet er designet for være så langt som plassen tilgjengelig i toppstrukturen tillater. Årsaken til dette er at større innvendig lengde i prosjektilene gir lengre akselerasjonstrekning, som gir høyere utgangshastighet og dermed lengre rekkevidde. De er utformet for å ha en masse som er lav nok til å kunne oppnå stor utgangshastighet med tilgjengelig trykk, men likevel høy nok for å gi stabil flyvebane. Se *RM009 – Rapport, prosjektildesign* for detaljert begrunnelse av prosjektilenes utforming.

Prosjektilene er 3D-printet i Polymax PLA. Dette er en plasttype som har høy slagseighet. Dette gjør at prosjektilene tåler slagbelastningen de påføres ved sammenstøt med målet de treffer. Prosjektilene har en totallengde på 105 mm og en masse på 6 g.

Prosjektilene er designet for å ha god stabilitet. For å oppnå dette er prosjektilenes massesenter foran trykksenteret. Trykksenteret er angrepspunktet for aerodynamiske kreftene som virker på prosjektilet. Når prosjektilets massesenter er foran trykksenteret skapes et selvopprettende moment dersom prosjektilet opplever en forstyrrelse. Dette gjør at prosjektilet rettes opp, og det er derfor stabilt.

Mange faktorer påvirker trykksenterets posisjon. For å finne trykksenterets posisjon ble programmet Open Rocket brukt. Vi fant at prosjektilets massesenter (CG) er 51,3 mm fra tuppen av prosjektilet. Trykksenteret er estimert til 84,2 mm, altså betydelig lenger bak enn massesenteret. Dette gir prosjektilet god stabilitet.

Magnetventiler og avfyringsrør



Figur 17: 3D-modell av avfyringsmekanisme.

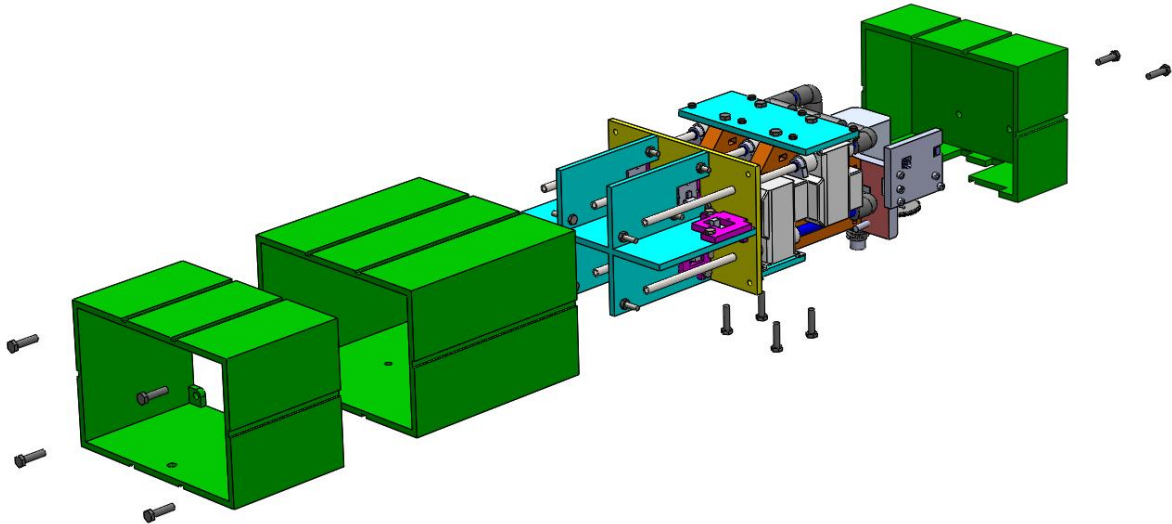
For å styre avfiringen av hvert av de seks prosjektilene brukes seks magnetventiler, en til hvert prosjektil. Magnetventilene er av typen SMC VX210MG. Denne typen ventiler ble valgt basert på ytelsen disse viste i fysisk testing. Disse ventilene har innstikkskoblinger som gjør at luftslangene stikkes rett inn i ventilen, som minimerer plassbruk. Ventilene er montert i to rekker bak hverandre for å få plass i toppstrukturen. Ventilene er NC (normalt lukket) og åpnes når 24V DC tilføres.

For å overføre mest mulig energi til prosjektilene og for å styre deres retning tredd ned på hvert sitt avfyringsrør. Rørene er montert rett i en kort slangestump på utgangssiden av ventilen. Rørene passerer gjennom hull i frontplaten. Dette styrer rørenes retning. Denne løsningen minimerer plassen kobling mellom ventil og rør tar i toppstrukturens lengderetning.

Strukturell oppbygning

Toppstrukturen er bygget rundt to bærebjelker som alle komponentene monteres mot. Bærebjelkene festes videre til øvre del av elevasjonsmekanisme bakerst i toppstrukturen. Etersom toppstrukturen bare er opplagret i bakenden, vil det skapes et betydelig bøyemoment. De bærende elementene og skrueforbindelsene i toppstrukturen er derfor utformet for å tåle denne belastningen.

De utvendige dekslene monteres utenpå når hele den innvendige strukturen er montert. Ingen funksjonelle komponenter er montert til de utvendige dekslene, og disse er heller ikke bærende. Disse kan derfor fjernes enkelt uten å påvirke systemets funksjonalitet. Dette gjør de funksjonelle komponentene inne i toppstrukturen lett tilgjengelige, og gjør den enkel å montere og demontere. Se figur 18.



Figur 18: Montering av utvendige deksler rundt toppstruktur.

Hoveddelene av toppstrukturen er montert sammen med skruer og muttere fremfor å skru rett i 3D-printen, slik at delene kan monteres og demonteres mange ganger uten å slite ut gjengene i plasten.

Prosjektildeteksjon

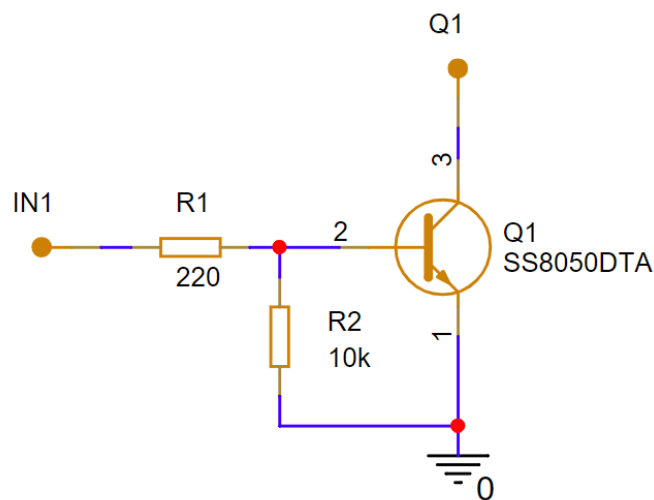
Skilleveggen mellom avfyringsrørene er utstyrt med seks prosjektildeteksjonskretser som peker mot hvert sitt rør. Disse kretsene baserer seg på infrarød deteksjon. Dette innebærer at kretsen sender ut infrarødt lys som reflekteres av et objekt foran kretsen og plukkes opp av en sensitiv fototransistor. Denne mottakeren ser så på styrken til det returnerte lyset og avgjør om avstanden er kort nok til at det er et prosjektil i canister. Denne avstanden stilles med et potensiometer og kan settes til å være mellom 4 og 15 mm unna lyskilden [2].

Kretsene kommer med en plugg med fire ledere. Vi har klistet den ene enden og montert en krympeplugg med tre terminaler, ettersom den ene lederen ikke er tilkoblet noe på kretskortet. Dette er så koblet til Arduino Nanoen i toppstrukturen, som mottar alle seks signalene for deteksjon. Det kan leses mer om prosjektildeteksjon i *EL007 – Rapport, prosjektildeteksjon*.

Prosjekttilavfyringskrets

Kretskortet som styrer magnetventilene, består av seks NPN-transistorer som skal skru magnetventilene av og på. Transistorene er utstyrt med en liten motstand ($220\ \Omega$) som begrenser strømmen inn på basen, og en stor motstand ($10\ k\Omega$) mellom base og jord som fungerer som en referanse til jord.

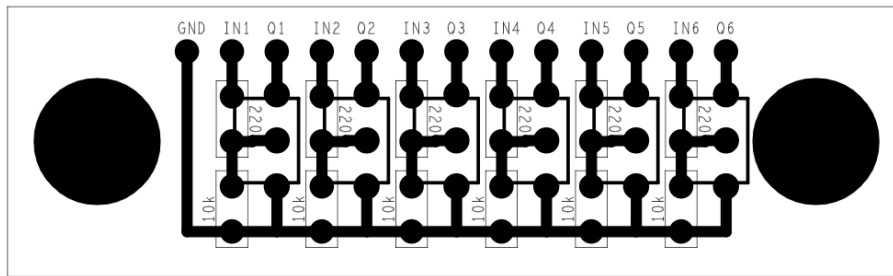
Inngangen IN1 er koblet til en digital utgang på Arduinoen, og styres med et 5V-signal. Dette signalet gjør at det går en liten strøm gjennom base-emitter på transistoren, som gjør at den trekker en større strøm fra Q1. Fordelen med dette oppsettet er at en liten strøm kan brukes til å styre en større strøm. Dette er nødvendig ettersom utgangene på Arduinoen kun kan levere strømmer på noen milliampere, og ventilene trekker over 100 mA hver [3].



Figur 19: Kretstegning for én prosjekttilavfyringskrets. Hentet fra ES002 – Tegning, prosjekttilavfyringskrets.

Ettersom det er dårlig plass i toppstrukturen, er kretskortet designet for å ta minst mulig plass. Den ene enden på hver motstand er bøyd slik at endene kan monteres så nært hverandre som mulig. Kroppene på motstandene er også montert slik at de er minst mulig i veien for transistorene. Som man ser i figur 20, brukes det en ekstra rad til GND. Dette er slik at alle terminaler er tilgjengelige på samme side.

De to store sirkelene på hver side av tegningen av kretskortet representerer plassen som er satt av til monterings skrue. Hver mindre sirkel representerer en loddeforbindelse, enten mellom komponenter, eller med ledninger som skal ut fra kretskortet. De avlange rektangelene som dekker to sirkler representerer motstandene, med motstandsverdien på siden. De store rektangelene representerer transistorene, med collector øverst, base i midten og emitter nederst. Kretskortet er avbildet som sett ovenfra, med alle loddeforbindelser på undersiden.

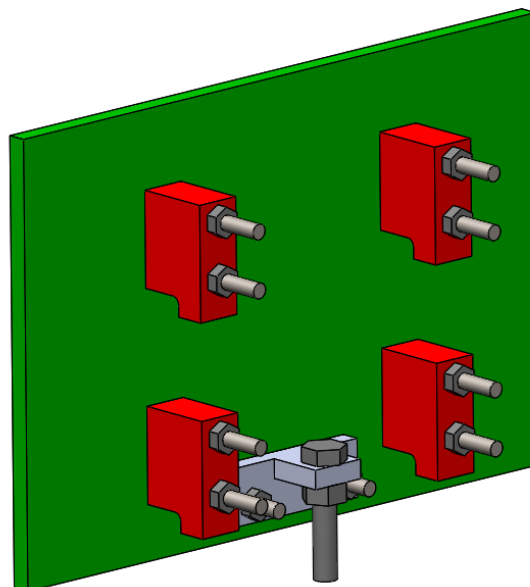


Figur 20: Kretstegning for prosjektilavfyriingskretsen. Vedlagt som ES003 – Kretskort, prosjektilavfyriingskrets.

Kretsen monteres på en brakett sammen med en Arduino Nano. Denne Arduinoen er dedikert til avfiring og deteksjon av prosjektiler. Arduinoen og avfyriingskretsen anses som én enhet med tanke på kabling og plugger, og har dermed interne koblinger som er direkte loddet. Alle terminalene på avfyriingskretsen er montert på én side slik at den enklest mulig kan kobles til Arduinoen, samtidig som ledningene vil være mest mulig samlet. Det kan leses mer om prosjektilavfyriingskretsen i *EL011 – Rapport, avfyriingskrets*.

Mekanisk og elektrisk sikring

Launcheren skal være trygg for personer og omgivelsene. Derfor er det stilt krav til både mekanisk og elektrisk sikring av avfyriingsmekanismen i kravspesifikasjonen. Disse sikringssystemene er uavhengige av hverandre.



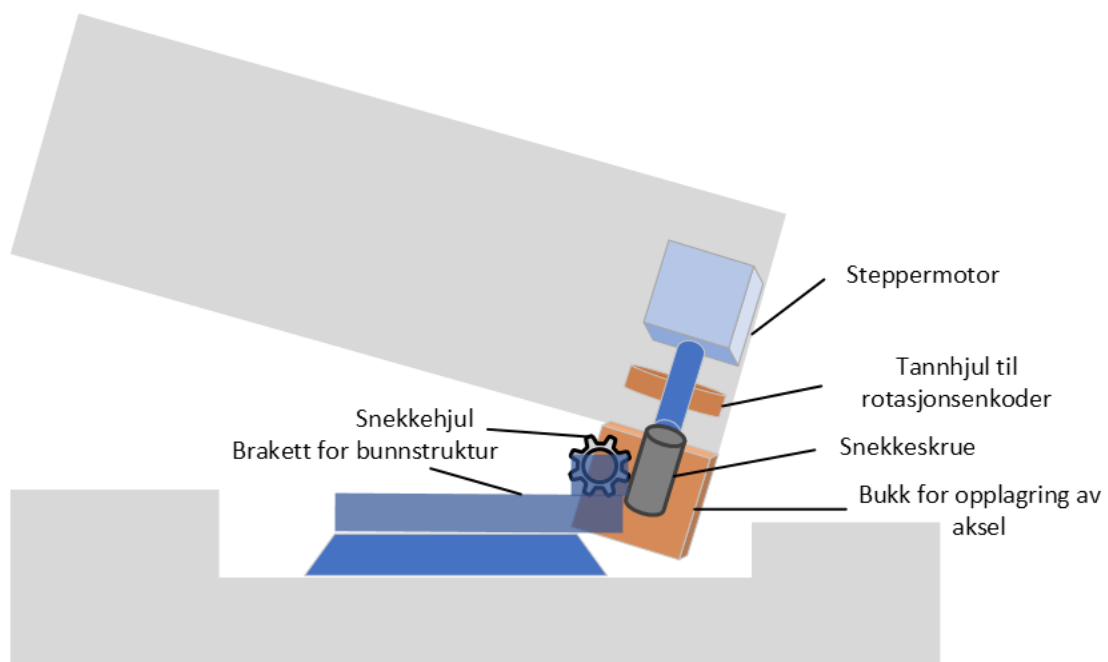
Figur 21: Sikkerhetslokk for mekanisk sikring.

Mekanisk sikring av prosjektilene er et lokk som plasseres i forenden av toppstrukturen. Dette lokket blokkerer fysisk for alle seks prosjektilene. Lokket henger i fire kroker og låses ved å skru på en vingemutter på undersiden. Dette gjør at det er enkelt og raskt å ta lokket av og på, uten å trenge verktøy. Figur 21 viser sikkerhetslokket.

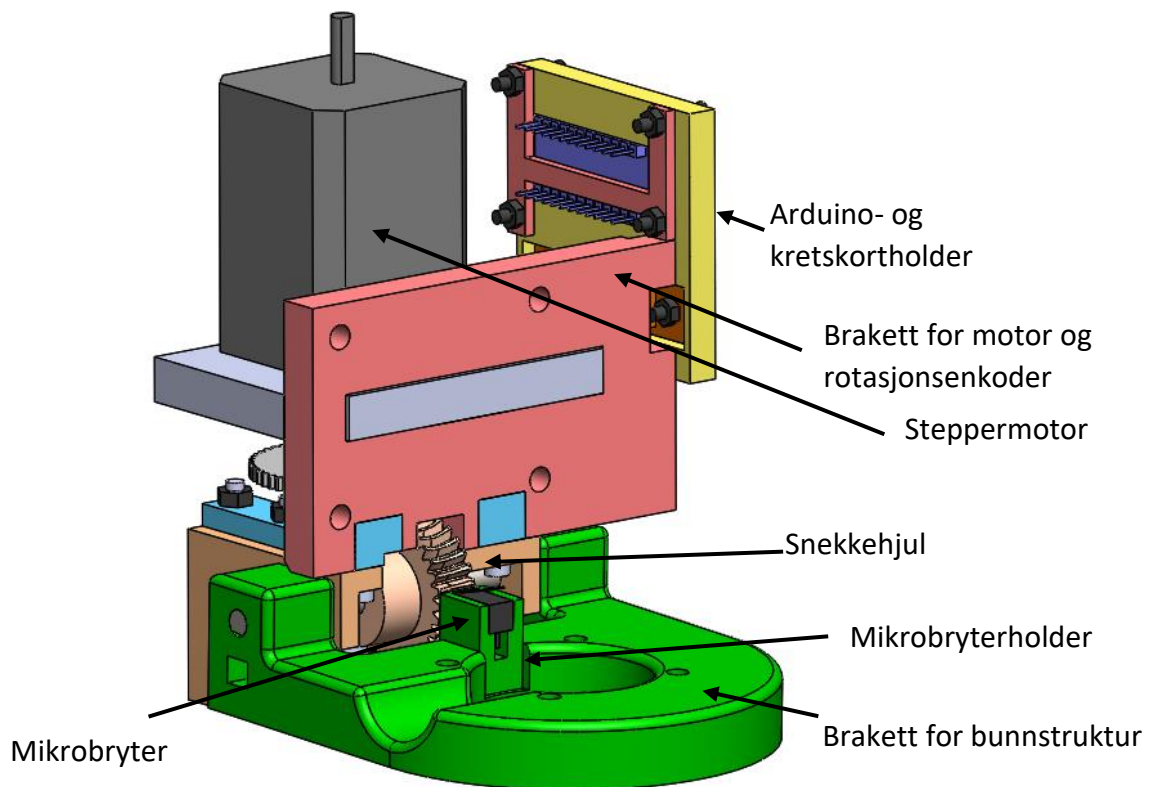
Elektrisk bryter for sikring av prosjektiler er plassert i enden av bunnstrukturen. Denne bryteren bryter selve tilførselen av 24V til avfyringskretsen i toppstrukturen. Det betyr at uansett signal fra mikrokontrollerne er det ingen mulighet for at magnetventilene kan tilføres 24V og åpnes. Alle andre funksjoner, som rotasjon, elevasjon og deteksjon av prosjektiler er operative uavhengige av sikkerhetsbryter for avfyring. Bryteren er også koblet opp mot en spenningsdeler, slik at Arduinoen kan vite når bryteren er på.

7.3 Elevasjon

Systemets elevasjonsmekanisme lar operatøren elevare Mini Launcher fra 0° til 40°. Konseptet for elevasjon går ut på girmekanismen snekkedrift. Figur 22 illustrerer en overordnet oppbygning av konseptet.



Figur 22: Oversikt av elevasjonsmekanisme.



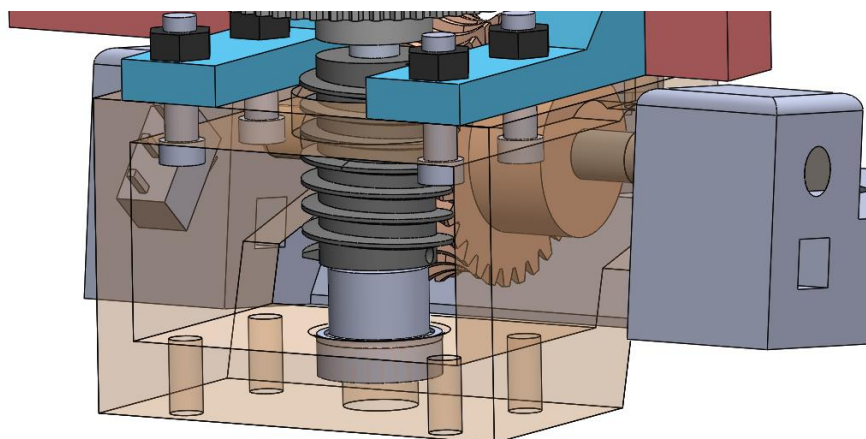
Figur 23: Sammenstilling av elevasjonsmekanismen

I figur 23 ser man de forskjellige sammenstillingene og komponentene som elevasjonsmekanismen består av. Bunnbraketten er festet med bolter videre ned i bunnstrukturen. På denne braketten er det festet en mikrobryter. Denne er plassert slik at når toppstrukturen er i startposisjon vil denne gi et signal til programvaren. Denne holdes fast av en mikrobryterholder som er limt fast i braketten.

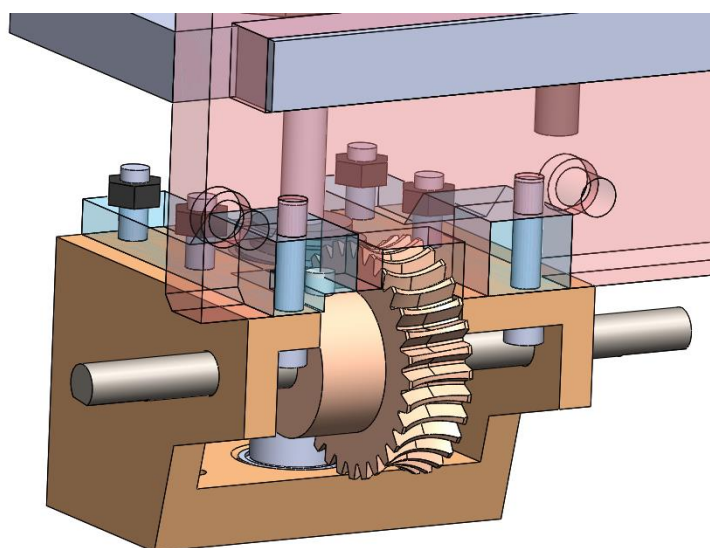
Videre oppover i strukturen finner vi snekkehjulet. Det går en aksel igjennom bunnbraketten og videre gjennom snekkehjulet. Snekkeshjulet er festet fast i denne akselen med to settskruer for å motvirke friksjon av rotasjonsmomentet skapt av toppstrukturen. Bunnbraketten har to skruer som låser akslingen

Snekkeskruen er komponenten som glir inn i snekkehjulet. Denne har en girutveksling på 1:30. Dette gjør at elevasjonshastigheten er lett justerbar når utvekslingen sørger for lav elevasjonshastighet. Hvordan vi opplager denne elevasjonsmotoren er ved hjelp av en bukk. Bukken er festet i samme akse som akselen til snekkehjulet og igjen opplager akselen fra snekkeskruen. Det er et kulelager i enden av denne bukken som motvirker friksjon ellers skapt av akselen mot bukken. Den ytterste delen av kulelageret er det som er i friksjon mot bukken.

Steppermotoren tåler svært liten aksial og radiell last så denne bukken er også designet slik at all last blir opplagret i kulelageret som er plassert i enden av denne bukken. Vi har i tillegg en akselkrage som er festet i samme aksel, rett over kulelageret. Denne sørger for å ha lasten opplagret på den innerste delen av kulelageret som ellers spinner fritt i omstendighetene. Vi har da skilt friksjonen fra bukkens materiale fra akselen til snekkeskruen som man kan se i figur 24.



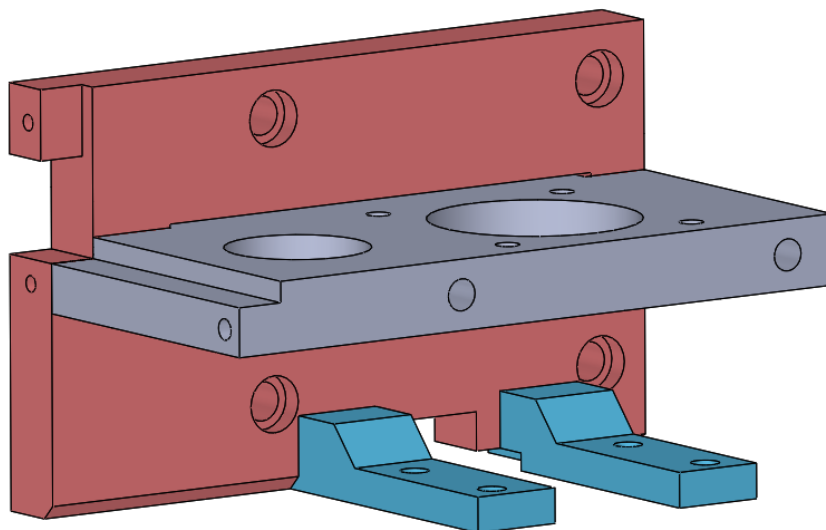
Figur 24: Brakett med kulelager i bunnen.



Figur 25: Festepunkter for bukk.

Videre oppover i akselen sitter et tannhjul. Dette tannhjulet overfører rotasjonen fra steppermotoren til en rotasjonsenkoder. Denne enkoderen leses av en Arduino som sitter i bunnstrukturen. Det er viktig å huske på at det allerede er en girutveksling på 1:30 fra snekkedriften, som gjør enkoderen i stand til å ha en veldig god presisjon på hvor den befinner seg i henhold til vinkler 0° til 40°. Derfor har man tannhjul med girutvekslingen 1:1 fra steppermotoren til rotasjonsenkoderen.

Braketten i rødt som holder bukken, steppermotoren og rotasjonsenkoder består av fire deler som utnytter 3D-printens fulle styrke. Delene er limt sammen for å skape en solid enhet. Bukken under er festet i braketten over med seks M4-skruer. Fire av disse er av en kortere variant som skal unngå å treffe tannhjulene til rotasjonsenkoderen og er festet med fire M4-muttere. De to siste skruene er av en lenger variant som skrues gjennom festebrettene uthevet i blått og inn i braketten som holder steppermotoren i rødt. I figur 26 ser man et tydeligere bilde av hvordan braketten som holder motoren er festet i hverandre.



Figur 26: Brakett for motorholder.

Braketten i rødt er også montert på resten av toppstrukturen med fire M5-skruer. Steppermotoren er montert på toppen av den grå braketten. Denne har en justerbar rotasjonshastighet som kan enkelt styrkes i programvaren. Alle de designede delene er laget av Ultimaker PLA plast.

Rotasjonsenkoder for elevasjon

Motoren i toppstrukturen er mekanisk koblet til en inkrementell rotasjonsenkoder. Denne brukes til å monitorere hvor mye snekkedriften faktisk har gått rundt, ettersom motoren selv kan hoppe over noen steg. Denne posisjonsdataen brukes som en tilbakekobling for systemet, slik at Arduino Megaen i bunnstrukturen kan kompensere for feilmarginen og

kjøre motoren til riktig posisjon. Posisjonsregulering med rotasjonsenkoder stabiliserer seg på den nøyaktige posisjonsverdien til rotasjonsenkoderen. Vi er dermed kun begrenset av oppløsningen på denne.

Enkoderen vi bruker består av en skive med 50 hull. Det skines et lys mot platen som dukker opp på andre siden og plukkes opp av to fototransistorer. Transistorene er plassert slik at den ene merker lyset før den andre. Ved å se på når transistorene mottar lys kan man finne ut av hvilken retning motoren går, og hvor langt. Med to transistorer som enten er av eller på er det fire kombinasjoner systemet kan være i per hull. Dette betyr at enkoderen har en oppløsning på 200 posisjoner per rotasjon, som med 1:30 i girutveksling tilsvarer 6000 posisjoner per fulle rotasjon av toppstrukturen. Elevasjonsvinkelen er begrenset til å være mellom 0 og 40 grader, som betyr at vi i praksis har 667 posisjoner på enkoderen som kan brukes. Dette betyr at vi kan elevere systemet til en hvilken som helst posisjon med en feilmargin på $\pm 0.03^\circ$.

Enkoderens signalutganger er koblet til to digitale innganger på Arduinoen i bunnstrukturen. Det er vanligvis viktig at begge disse inngangene har *interrupts* for å få høyest mulig oppløsning. I dette tilfellet ville det derimot holdt med én, siden oppløsningen allerede er så høy som følge av utgiringen. En *interrupt* er en inngang som kan brukes til å midlertidig stoppe koden og kjøre en funksjon når nivået på inngangen endrer seg. Dette brukes til å øke eller mine posisjonstilleren ut ifra hvordan fototransistorene på enkoderen aktiveres.

Mikrobrytere

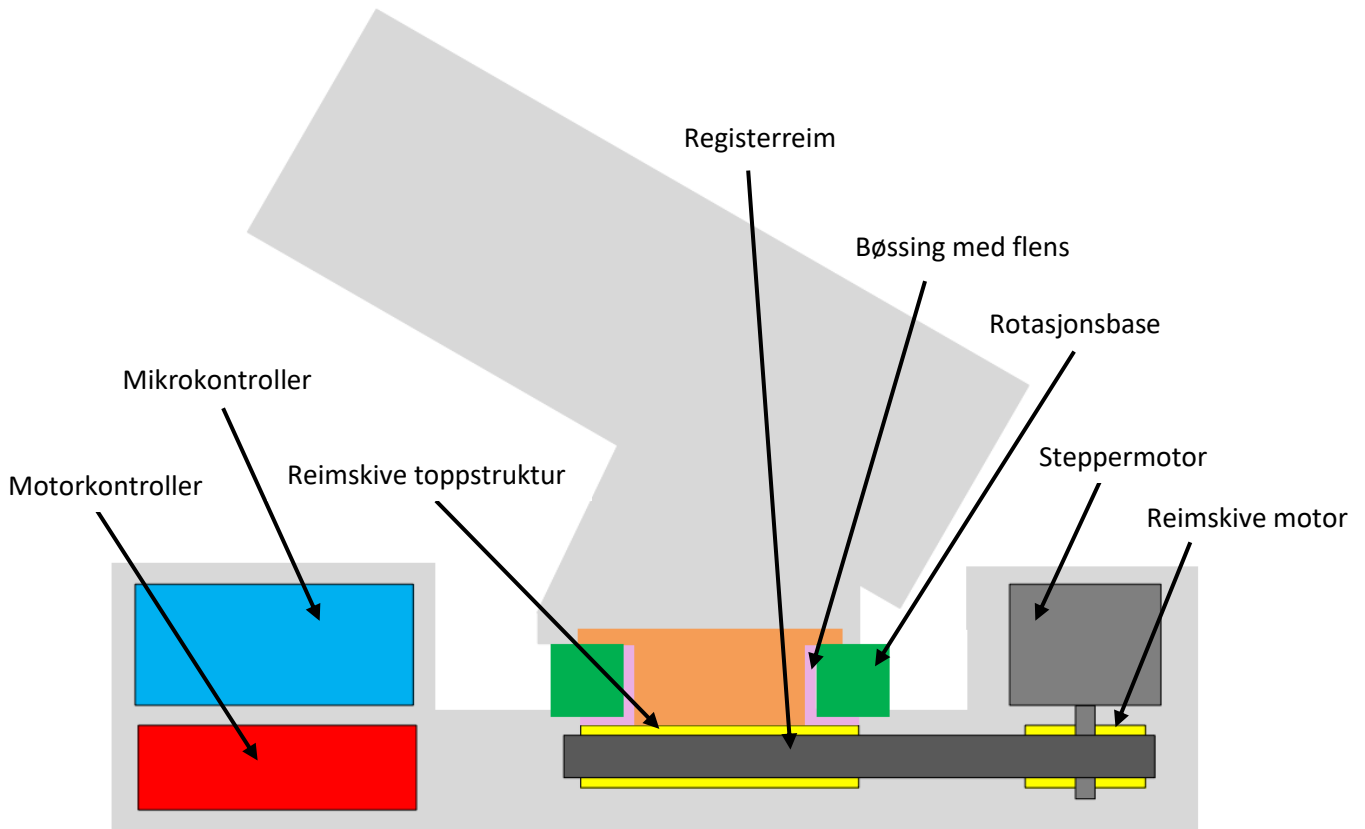
Systemets midstruktur er utstyrt med to mikrobrytere. Disse har som funksjon å detektere når systemet har elevert for langt i hver retning. Vi bruker de normalt lukkede kontaktene på mikrobryteren for å øke sikkerheten, ettersom brudd i kablen vil tolkes som at toppstrukturen har elevert for langt. Bryteren for minimal elevasjon er montert på en brakett på bunnbraketten til elevasjon, så langt inn som mulig. Dette er for at bryteren skal mer tid på å stoppe elevasjonen før mikrobryteren ødelegges.

Den andre mikrobryteren er montert på siden av braketten for elevasjon. Denne er limt på, og plasseres slik at den kolliderer med bunnbraketten for elevasjon når toppementet er elevert 40° . Mikrobryterne brukes primært til å sikre at systemet ikke eleverer for langt, men kan også brukes til å sette elevasjonens nullposisjon. For mer informasjon, se EL010 – Rapport, kabling og sikkerhet.

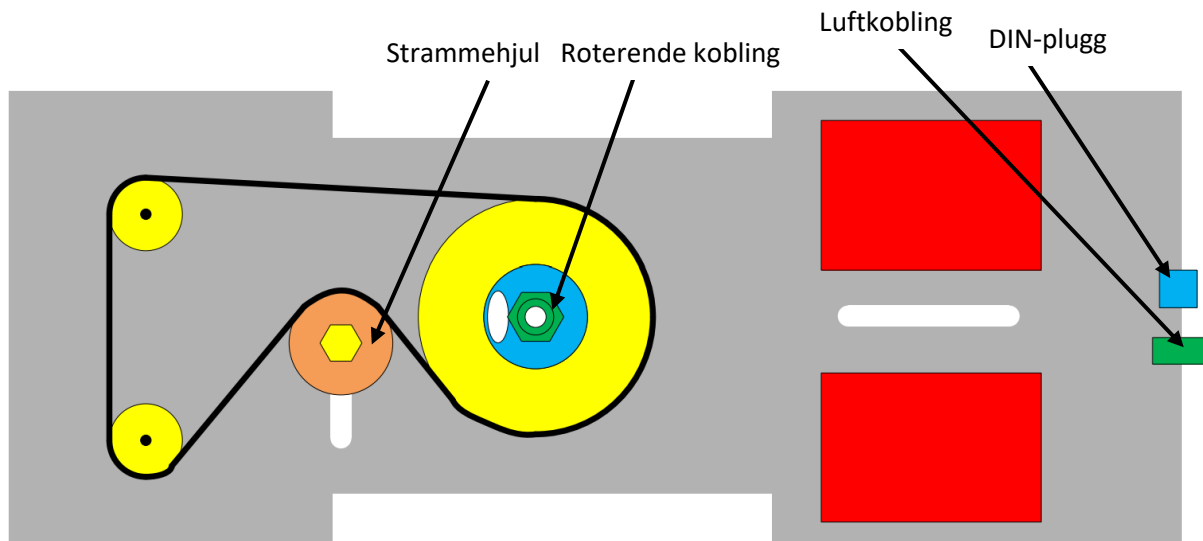
7.4 Rotasjon

Rotasjonsmekanismen og bunnstruktur

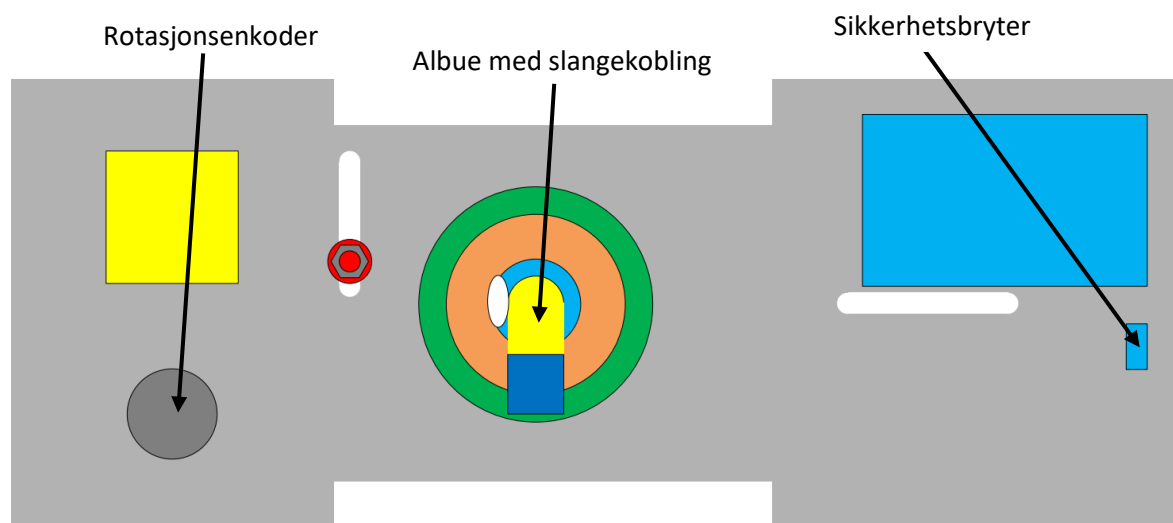
Systemets rotasjonsmekanisme lar operatøren rotere toppstrukturen på launcheren til bestemte posisjoner. Rotasjonen er løst ved hjelp av reimdrift. Reimdriften består av flere ulike komponenter; steppermotor, rotasjonsenkoder, reimskiver, registerreim og strammehjul. Figur 27, 28 og 29 illustrerer rotasjonsmekanismens prinsipielle oppbygging.



Figur 27: Oversikt rotasjonsmekanismen sett fra siden.

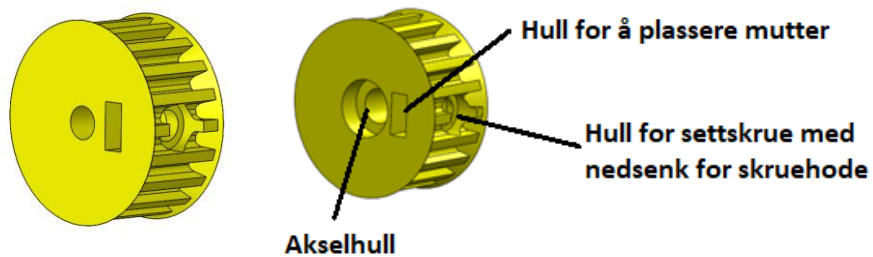


Figur 28: Oversikt av rotasjonsmekanismen sett nedenfra.



Figur 29: Oversikt av rotasjonsmekanismen sett ovenfra.

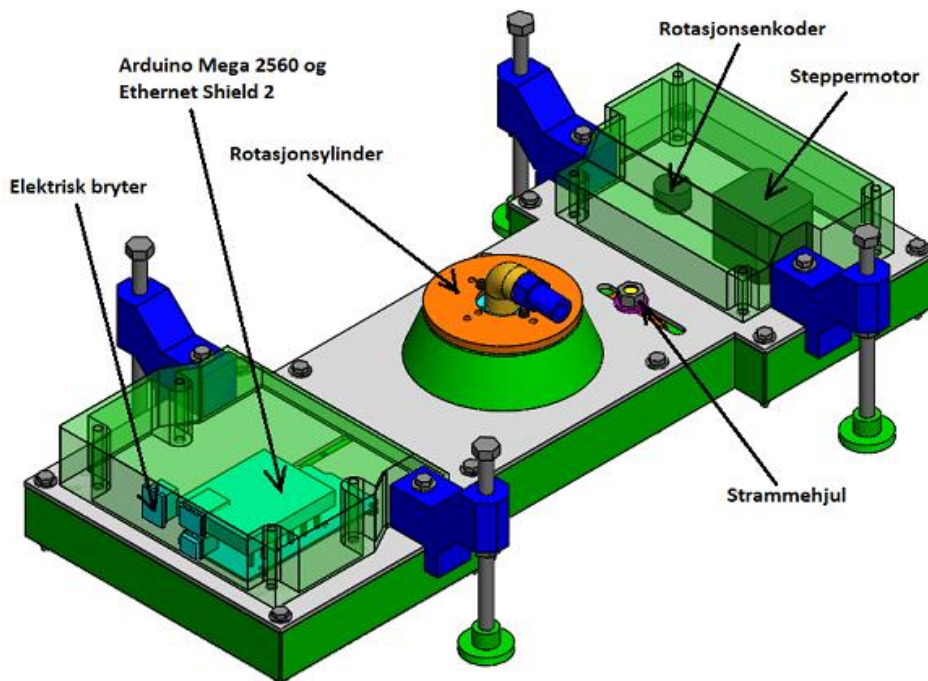
I bunnstrukturen finner vi en rotasjonssenkoder og en steppermotor. Disse har utstikkende aksler som kommer ut på undersiden av bunnplaten. På figur 28 vises reimskiver til henholdsvis rotasjonssenkoder og motor. Reimskivene er festet til akslene ved hjelp av settskrue og mutter. Reimskivene til enkoder og motor er derfor utstyrt med hull for mutter og skrue. Dette fordi skruer og mutre lagd av stål har bedre slitseegenskaper enn plast. Se rapport *RM010 - Rapport, reimskivedesign* for arbeid og spesifikasjoner rundt reimskiver.



Figur 30: Reimskiver til motor og rotasjonsenkoder

Rotasjonen styres elektronisk ved hjelp av en Arduino Mega 2560. Mikrokontroller og Ethernet shield er plassert i bunnstrukturen, se figur En rotasjonsenkoder er plassert inn i reimdriften. Denne gjør det mulig å kontrollere posisjonen til toppstrukturen til enhver tid.

I bunnstruktur er det også plassert statuslys, sikkerhetsbryter, Ethernet-port, DIN 5-plugg, luftkobling og USB-tilgang til Arduino Mega. Plasseringer av komponenter kan sees i figur 31.

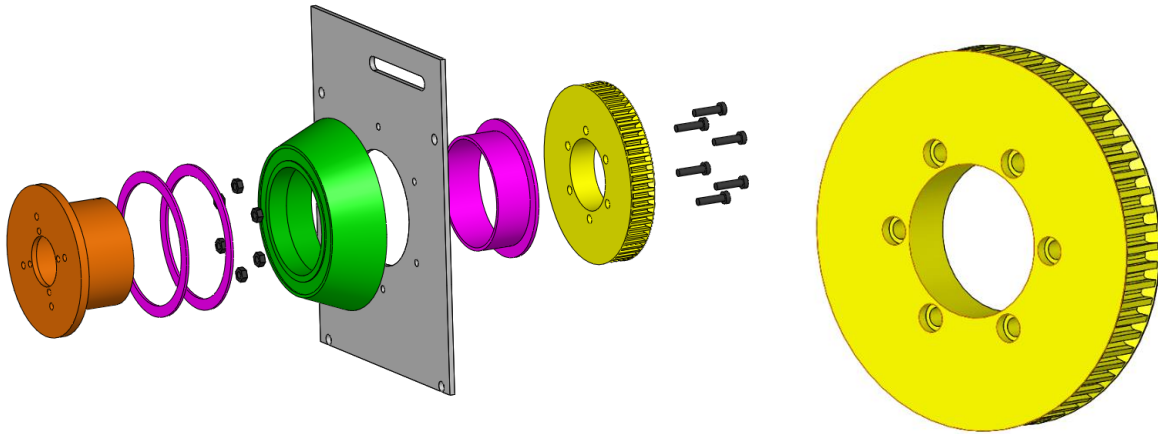


Figur 31: Oversikt bunnstruktur over bunnplate

Reimskive toppstruktur

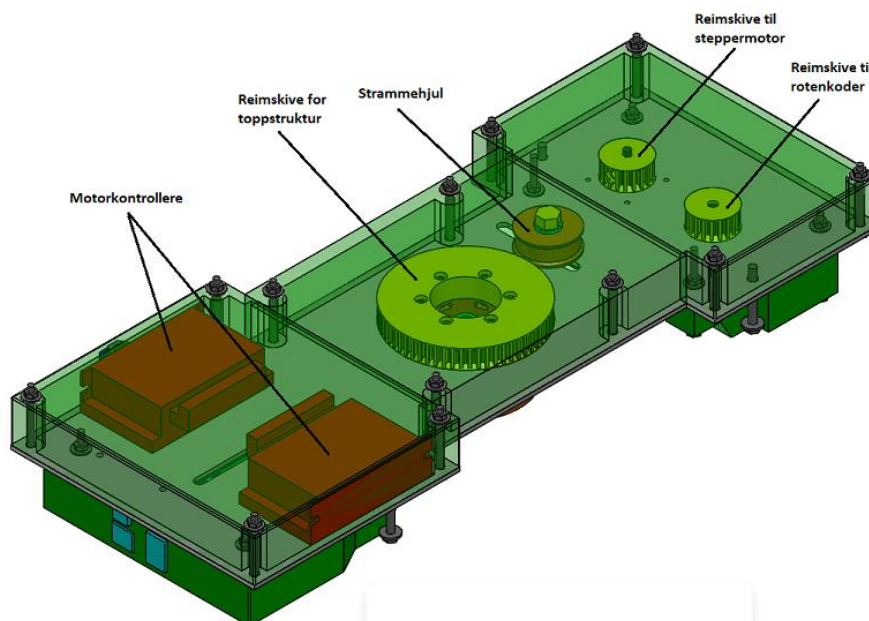
Reimskiven til toppstrukturen er plassert rett under den roterende toppstrukturen. Delen er festet med flere skruer i rotasjonssylindren og er bindeleddet mellom bunnstrukturen og toppstrukturen. Mellom bunnplaten og reimskiven ligger det en bøsning for å minske

friksjonen. Mellom rotasjonsbasen og rotasjonssylinderen er det brukt en skive. Alle inngående deler utenom festemidler er valgt 3D-printet. Vaselinsmøring blir brukt for å hjelpe å minske friksjonen og slitasje ytterligere.



Figur 32: Sprengbilde av reimskive for toppstruktur med tilhørende deler.

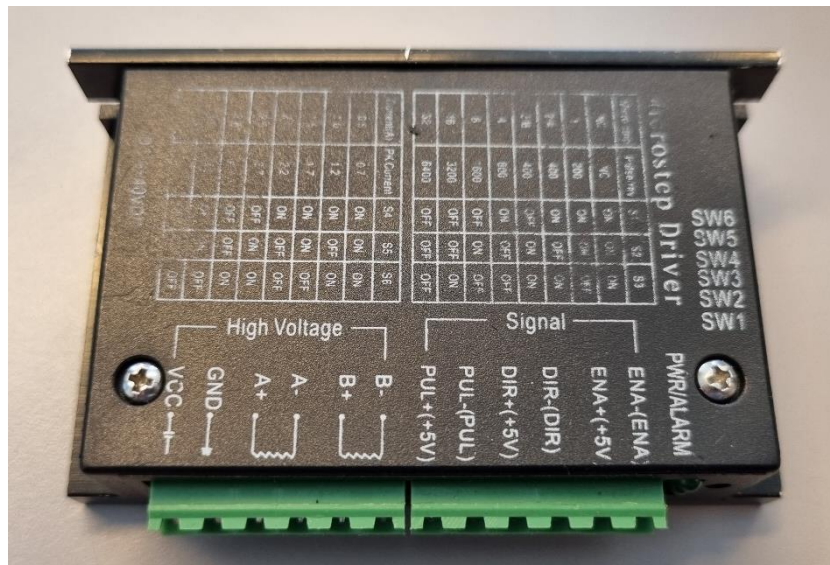
En registerreim er montert på de tre reimskivene vist i figur 33. Registerreimen er sammensatt av flere materialer for å øke styrke og elastisiteten. Det er blant annet brukt polyamid tekstilfiber, syntetisk gummi og glassfiber. Polyamidfiberen har god elastisitet og høy styrke noe som gjør at den egner seg godt i en rotasjonsmekanisme.



Figur 33: Oversikt bunnstruktur under bunnplate.

Motorkontrollere

Videre er det plassert to motorkontrollere, se figur 34, som baserer seg på en kloner av Toshiba's mikrosteppedriver, TB6600. Dette gjør at de har mer funksjonalitet enn en typisk motordriver. Først og fremst tillater driverne mikrostepping ned til 1/32 steg. Mange mikrosteppedrivere begrenser hastigheten på motoren, og vi har derfor valgt å kjøre begge motorene på 1/8 steg. Årsaken til at vi bruker mikrosteppedrivere er for å få en mer kontinuerlig bevegelse, samtidig som det begrenser lyden som genereres av motoren.



Figur 34: Motorkontroller, TB6600

Kontrolleren kan også begrense strømmen som tilføres motorene. Dette er stilt til å være verdien som er nærmest strømmen som er oppgitt per fase i motorenes datablader. Strømbegrensningen gjør at vi også kan holde steppermotoren i én posisjon over lengre tid uten å skru den av. Innstillingene er oppgitt i en tabell på driveren, og stilles med DIP-brytere på siden av kontrolleren.

Motorkontrolleren er utstyrt med en høyspent- og en signalside. På høyspentsiden er det koblet på 24 V som tilførsel, og fire ledere til motoren. Det er viktig å merke seg at den tilførte spenningen ikke kobles direkte på motoren, så motoren trenger ikke å være dimensjonert for 24 V. Dette er tilfellet med motoren vi bruker til rotasjon.

På signalsiden finnes det tre innganger som er galvanisk skilt fra resten av kretsen ved bruk av fototransistorer. Dette betyr at hver signalinngang har en positiv og en negativ terminal. Ettersom alt vi bruker i prosjektet har felles jord er alle negative terminaler tilsluttet jord fra tilførselen. De positive terminalene er koblet til hver sin inngang på Arduino Megaen.

Signalene som styres er PUL, DIR og ENA. Inngangen ENA styrer om motordriveren skal gi strøm til motoren, og er aktiv lav. Retningen til motoren styres med ENA, hvor lav inngang styrer motoren med klokken, og høy inngang styrer motoren mot klokken. Retningene kan bli invertert hvis motoren er koblet annerledes, og det er derfor best å sjekke om retningen

stemmer før man bruker driveren ordentlig. Til sist er det PUL inngangen. En puls på denne inngangen gjør at motoren kjører ett mikrosteg i retningen man har satt i DIR inngangen. Motore vil kun kjøre dersom ENA inngangen er lav. I styringskoden er det viktig å vite hvor mange mikrosteg motordriveren er stilt inn på, for å sende riktig antall pulser per sekund. Med feil informasjon vil motoren gå i feil hastighet og akselerere annerledes. For mer informasjon om motorene, se EL002 – Rapport, motorer og regulering, og EL005 – Rapport, simulering av steppermotor.

Rotasjonsenkoder for rotasjon

Motoren i bunnstrukturen er mekanisk koblet til en inkrementell rotasjonsenkoder. Denne brukes til å monitorere hvor mye beltet faktisk har gått rundt, ettersom motoren selv hopper over noen steg. Denne posisjonsdataen brukes som en tilbakekobling for systemet, slik at Arduinoen kan kompensere for feilmarginen og kjøre motoren til riktig posisjon. Posisjonsregulering med rotasjonsenkoder stabiliserer seg på den nøyaktige posisjonsverdien til rotasjonsenkoderen. Vi er dermed kun begrenset av oppløsningen på denne.

Enkoderen vi bruker består av en skive med 50 hull. Det skinnes et lys mot platen som dukker opp på andre siden og plukkes opp av to fototransistorer. Transistorene er plassert slik at den ene merker lyset før den andre. Ved å se på når transistorene mottar lys kan man finne ut av hvilken retning motoren går, og hvor langt. Med to transistorer som enten er av eller på er det fire kombinasjoner systemet kan være i per hull. Dette betyr at enkoderen har en oppløsning på 200 posisjoner per rotasjon, som med 1:3,15 i girutveksling tilsvarer 630 posisjoner på reimskiven til toppstruktur. Denne oppløsningen gjør at vi i teorien kan rotere toppstrukturen til en hvilken som helst posisjon med en feilmargin på $\pm 0,29^\circ$.

Enkoderens signalutganger er koblet til to digitale innganger på Arduinoen. Det er viktig at begge disse inngangene har interrupts for at posisjonen skal telles riktig. En interrupt er en inngang som kan brukes til å midlertidig stoppe koden og kjøre en funksjon når nivået på inngangen endrer seg. Dette brukes til å øke eller minske posisjonstelleren ut ifra hvordan fototransistorene på enkoderen aktiveres.

Kombinert krets for trykk og bryter

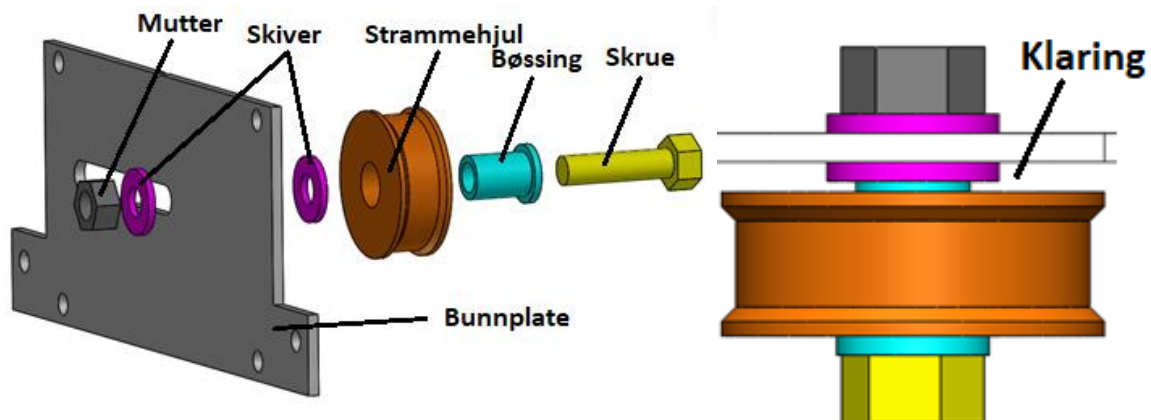
Arduinoen klarer ikke å styre eller lese av trykkregulatoren direkte. Launcheren er derfor utstyrt med en krets som er dedikert til blant annet dette. I tillegg til dette ønsker vi å kunne lese av om sikkerhetsbryteren er i av eller på posisjon. Ettersom det går 24 V gjennom bryteren, kan vi ikke koble dette direkte inn på Arduinoen. Kretsen er derfor også utstyrt med en spenningsdeler der signalet blir gjort om til 5 V.

Trykkverdiens settpunkt styres med en pulsbreddeutgang på Arduinoen. Dette i seg selv ville ført til et veldig ujevnt trykk på regulatoren. Kretskortet inneholder derfor en glattekrets som gjør om pulsbreddesignalet til en mer stabil spenningsverdi. Denne kretsen består ganske enkelt av en motstand som lader opp en kondensator. Arduinoen klarer heller ikke å lese av et 4-20 mA signal direkte. Dette er løst ved å kjøre strømmen gjennom en motstand på 220 Ω . Dette gjør at det blir et spenningsfall over motstanden på 0,88 - 4,4 V, som leses av på en av Arduinoens analoge innganger. For mer informasjon, se EL009 – Rapport, trykkregulering.

Spenningsdeleren på kretskortet er tilkoblet sikkerhetsbryteren slik at det tilføres 24 V til toppstruktur. Spenningsdeleren består av en motstand på 220 k Ω i serie med en motstand på 47 k Ω . Dette gjør at det vil være 4,22 V på midten av spenningsdeleren, som er høyt nok til å telle som logisk høyt nivå på Arduinoen. Er bryteren av vil det selvfølgelig være 0 V på spenningsdeleren, som teller som logisk lavt nivå.

Strammehjulet

Strammehjulet er festet i et slissespor med skruer og mutter. Dette gjør at vi kan stramme reima og få bedre overføring og presisjon i rotasjonen. Ved å presse hjulet inn mot beltet, vil beltet gripe bedre i reimskivene. Mellom skruen og strammehjulet er det plassert en bøssing. Bøssingen er med for at ikke hjulet skal strammes sammen med skruen. Den gjør at hjulet roterer etter at skruen er strammet. Figur 35 viser strammehjulet.



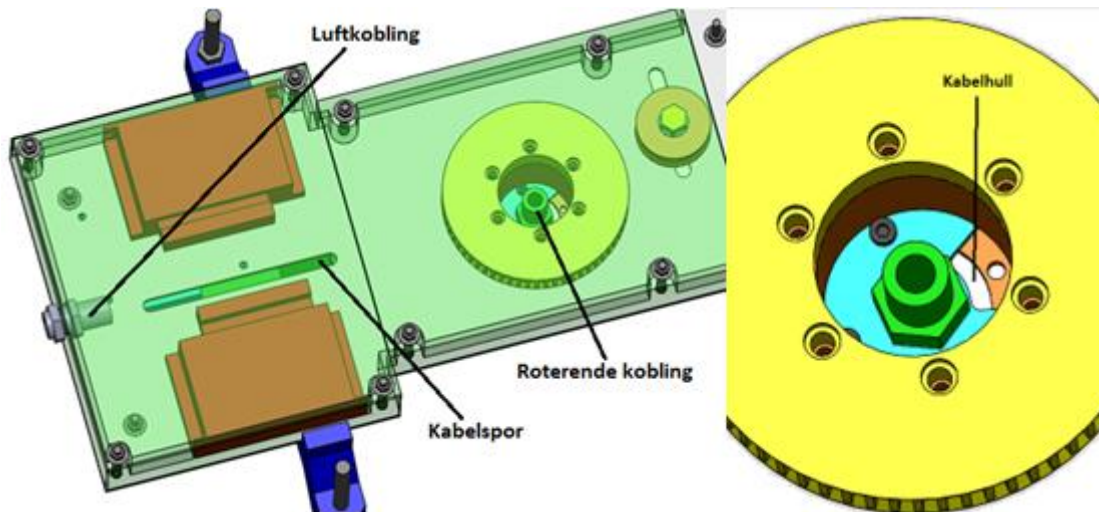
Figur 35: Strammehjul.

Luft- og strømovertføring

På figur 36 ser man hvordan luften og strømmen overføres gjennom bunnstrukturen. Luften kommer inn i lufttilkoblingen fra ekstern boks. Under den roterende koblingen kobles en albue. Mellom albuen og lufttilkoblingen kobles luftslange.

På figur 36 kan man også se et slissespor. Grunnen til det er at vi må ha plass til at plugger og kabler kan koble sammen elektronikken mellom mikrokontrollere, motorkontrollere og

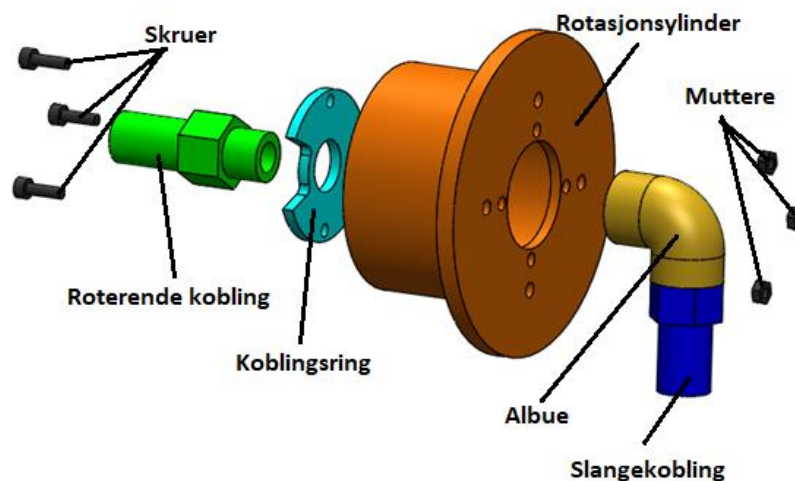
elektronikken i toppstruktur. Det er også laget et hull for føring av kabler opp til toppstruktur.



Figur 36: Luft- og strømoverføring.

Roterende kobling

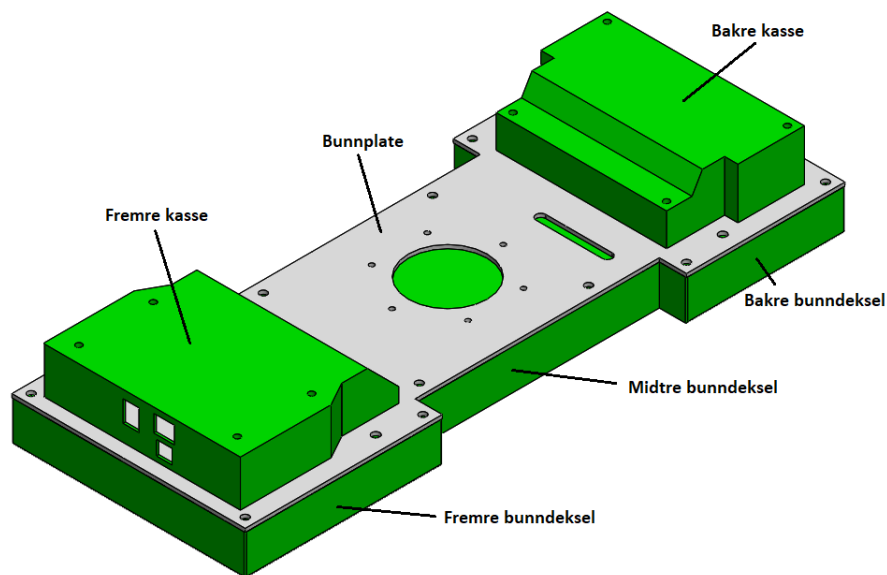
Den roterende luftkoblingen har innebygde kulelagre. Dette gjør det mulig å rotere tilkoblingen i hver ende uavhengig av hverandre. Den roterende koblingen puttes gjennom koblingsringen og skrur fast i albuen som vist i figur 37. Koblingsringen festes i rotasjonssylindern ved hjelp av tre M3-skruer. Koblingsringen har et hull for at kabler skal komme seg videre til toppstruktur. Grunnen til at det er montert en albue på toppen av koblingsringen, er fordi launcheren kan elevere til null-posisjon uten å ødelegge luftslangene. Rotasjonssylindern og koblingsringen er 3D-printet.



Figur 37: Sammenstilling av rotasjonssylinder

Bunnplaten og karosseri

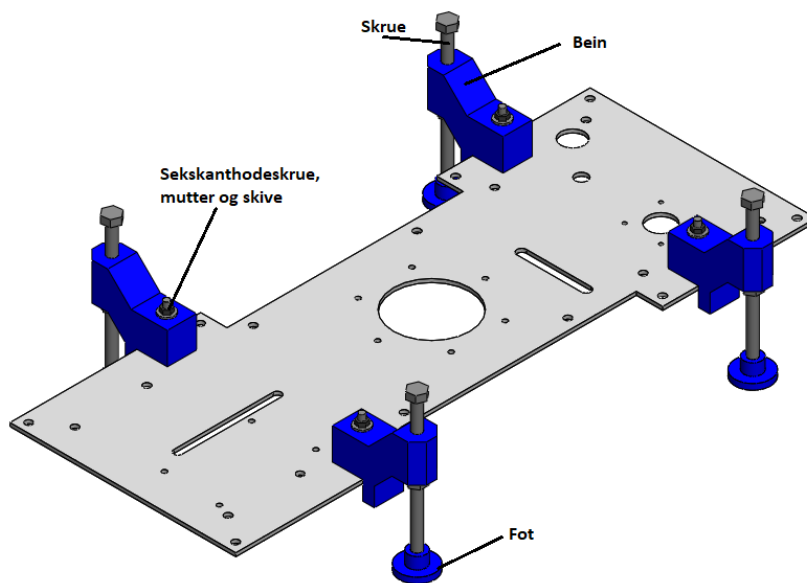
Bunnplaten er selve fundamentet i bunnstrukturen. Den gjør det mulig å bygge opp Mini Launcher på en smart måte. I bunnplaten er viktige komponenter som motor, rotasjonsenkoder, strammehjul og annen elektronikk festet. Bunnplaten er laget av en 3 mm tykk kaldvalset stålplate og veier ca. 2 kg. Grunnen til at vi valgte å gå for en så solid bunnplate var for å få mer tyngde ned i bunnstrukturen ettersom at toppstrukturen var ganske tung. Karosseriet består av 5 deler; to kasser og tre bunndeksler. Karosseriet er bygd opp på en måte som gjør at vi fint kan demontere dekslene og fortsatt ha en velfungerende launcher. Karosseriet skjuler komponentene i bunnstrukturen fra omgivelsene og gjør launcheren mer formlik.



Figur 38: Viser karosseriet til bunnstrukturen

Bein

Beinsammenstillingen består av beina som er festet til bunnplaten ved hjelp av skrue, skive og mutter. Den store skruen man kan se på figur 39 er en M8-bolt. Denne er blitt gjenget i 3D-printen, men hviler også mot en mutter på undersiden av beinet for at den skal tåle mer belastning. M8-bolten gir justeringsmulighet for launcheren ved å stramme/slakke skruen. Se rapport *RM006 – Analyserapport, bein til bunnstruktur* for mer info.



Figur 39: Beinsammenstilling.

Figur 40 viser den monterte Mini Launcheren slik den så ut før innlevering av sluttrapport.

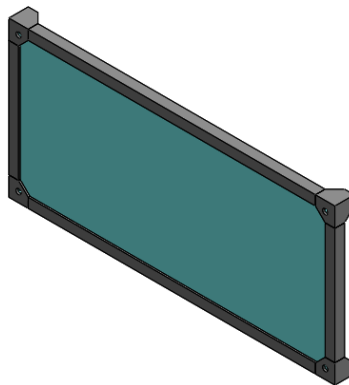


Figur 40: Den ferdig monterte Mini Launcheren.

7.5 Ekstern styringsboks

Systemet har en ekstern styringsboks som skal forsyne launcheren med det den trenger. Dette inkluderer en primær strømforsyning på 24 V, en mindre strømforsyning på 5 V til elektronikken, en tank for lufttilførsel, og en trykkregulator. Det er en kabel med fem ledninger mellom launcheren og styringsboksen. Her overføres jord, 5 V, 24 V, signal for trykkavlesning og signal for trykkstyring.

Styringsboksen er designet på en måte som gjør at den enkelt kan demonteres/monteres. Den består av et rammeverk laget av lekter i treverk. Veggene er laget av 3 mm kryssfinerplater. Langsidene av styringsboksen er laget som en sammenstilling. Veggene festes med skruer i alle hjørnene. Figur 41 viser veggsammenstillingen. 3D-printede lister festes utenpå boksen.

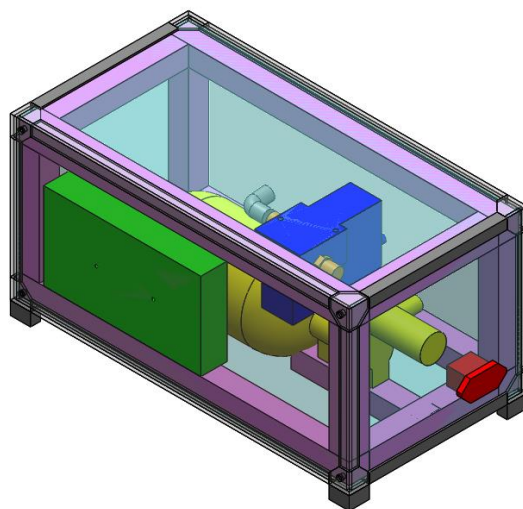


Figur 41: Veggsammenstilling.

Boksen forsynt av en kabel som kobles til styringsboksen og en stikkontakt. En av fasene går til en bryter før de møtes for å forsyne en strømforsyning som leverer 24 V. Dette er slik at hele systemet lett kan kobles inn og ut. Forsyningen på 24 V forsyner trykkregulatoren, og en buck-regulator som er stilt til å levere 5 V. For mer informasjon om strømforsyningen, se EL001 – Rapport, strømforsyning.

Trykkregulatoren har fem porter: 24V, jord, analogt settpunkt, analog utgang og digital utgang. Vi bruker alt utenom den digitale utgangen. Det analoge settpunktet styres med et signal på 4-20 mA, som tilsvarer trykkverdier på 0-6 bar. Tilsvarende kommer fra regulatorens analoge utgang, som forteller hvor høyt trykk det er på regulatorens utgang med et signal på 4-20 mA. Disse signalene overføres gjennom den fem-polede DIN-pluggen og styres eller leses av Arduino Megaen gjennom en hjelpekrets.

Figur 42 viser ekstern boks.



Figur 42: Ekstern boks.

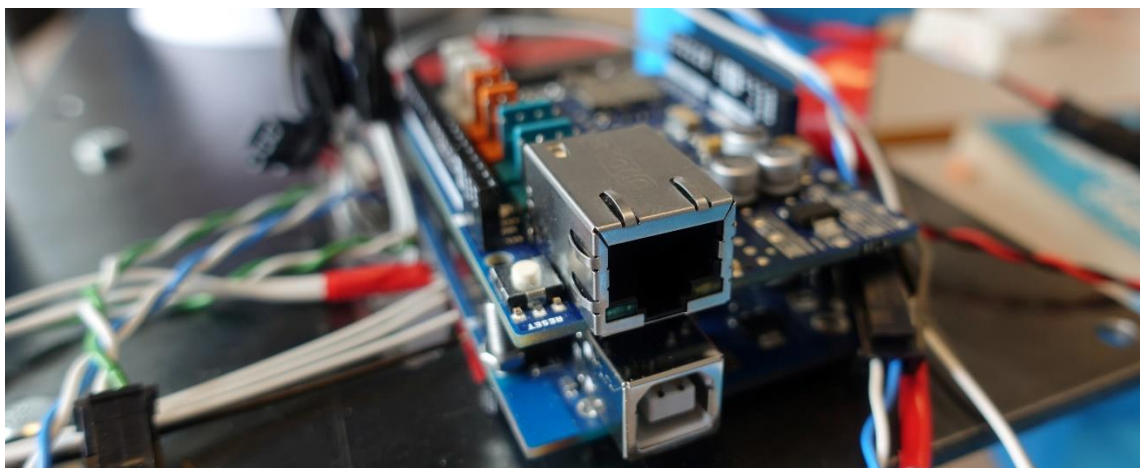
7.6 Mikrokontrollere og digitale kommunikasjonskanaler

Gruppen valgte å bruke Arduinoer som mikrokontrollere for styring av systemet. Arduino er valgt ettersom de er relativt enkle å programmere og lett tilgjengelig. Arduino er også en mikrokontroller som gruppen har tidligere erfaring med.

For utvikling av kode til Arduino brukes Arduino IDE og Visual Studio med tillegget PlatformIO. Ettersom systemet bruker to Arduinoer er det brukt to forskjellige programmer til utvikling. Dette gjør det mulig å lese av serieporten fra to mikrokontrollere på samme tid på en datamaskin.

Det planlagte systemet var estimert til å bruke 30 digitale og 3 analoge inn- og utganger. Det ble derfor valgt å bruke en Arduino Mega 2560 som mikrokontroller for styring av systemet. Megaen har 54 digitale og 13 analoge inn- og utganger som gjør at systemet kan ekspanderes med flere tilkoblede komponenter i fremtiden [5].

Ettersom oppdragsgiver ønsket å bruke Ethernet som tilkobling mellom det grafiske brukergrensesnittet og systemet, måtte det kjøpes inn en Arduino Ethernet Shield 2. Ethernet Shieldet er laget slik at den kan settes opp på Arduino Megaen og kommuniserer med den innebygde ICSP-tilkoblingen. Den vil derfor fungere uten noen fysiske modifikasjoner. Shieldet har også innebygget tilkobling til minnekort som gjør langtidslagring av data mulig. Arduino Mega og Ethernet Shield er plassert i bunnstrukturen under et deksel. Dekselet har hull til Ethernet og USB-porten. Arduino Mega og Ethernet Shield er vist i figur 43 og hull til tilkobling er vist i figur 44.

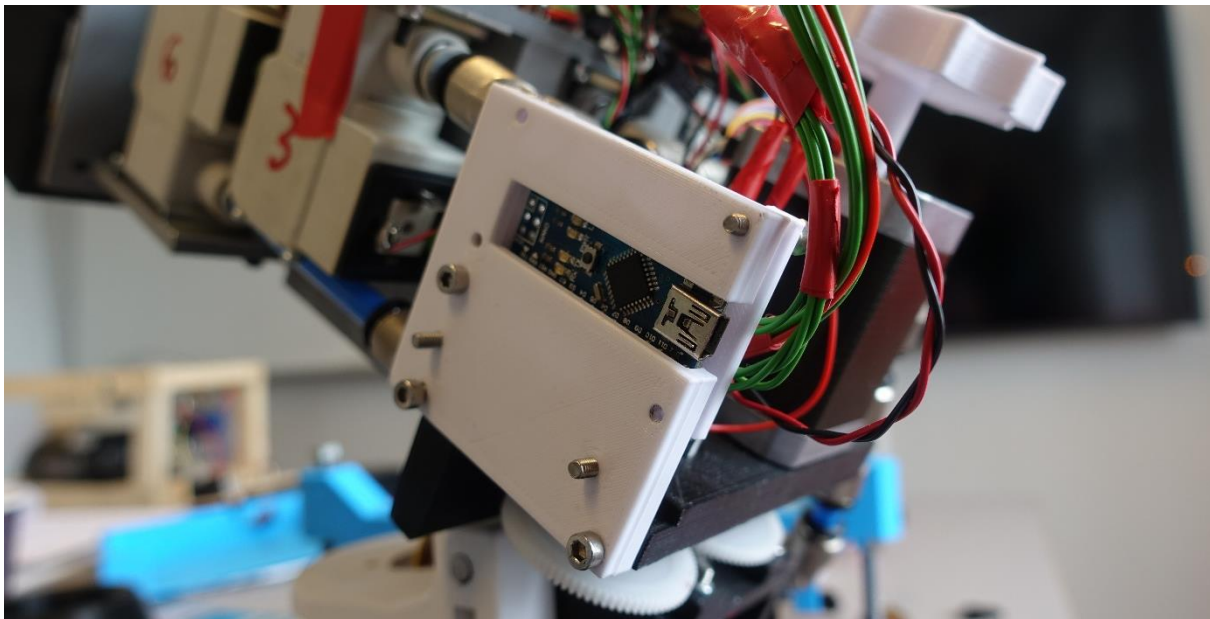


Figur 43: Arduino Mega og Ethernet Shield i bunnstruktur.



Figur 44: Sikkerhetsbryter, Ethernet-tilkobling og USB-port.

Ettersom systemets roterende toppstruktur må kommunisere med komponenter i statisk bunnstruktur er det viktig å redusere antall ledninger som føres gjennom dem. Ved å sette en mikrokontroller i toppstrukturen er antall ledere redusert fra 24 til 11. Mikrokontrolleren som er brukt i toppstruktur er en Arduino Nano ettersom den er liten i størrelsen og har 14 digitale tilkoblinger. Nanoen er plassert sidelengs innenfor dekkelet i toppstrukturen som vist på figur 45.



Figur 45: Arduino Nano i toppstruktur

Kommunikasjonen mellom Arduino Nano og Arduino Mega bruker de innebygde serieportene. Mikrokontrollerne er derfor koblet sammen med bare tre ledere, der to brukes til kommunikasjon og en til felles jord.

Kommunikasjonen mellom Arduino Mega og eksterne datamaskiner skjer gjennom en Ethernetkabel. Ethernet gjør det mulig å ha en kablet forbindelse til systemet fra en avstand på opptil 100 meter. Ethernetkabelen er tilkoblet den eksterne datamaskinen og Ethernet Shieldet. For å få tilkoblingen til å fungere må den eksterne datamaskinen forandre på noen innstillinger i Windows. Windows-konfigurasjonen og fullstendig kommunikasjon-

dokumentasjon er detaljert beskrevet i DR001 – *Digital Interface* dokumentet. Figur 46 viser tilkoblingen og kommunikasjonskanalene brukt i systemet.



Figur 46: Tilkobling for kommunikasjon

7.7 Styring av systemet

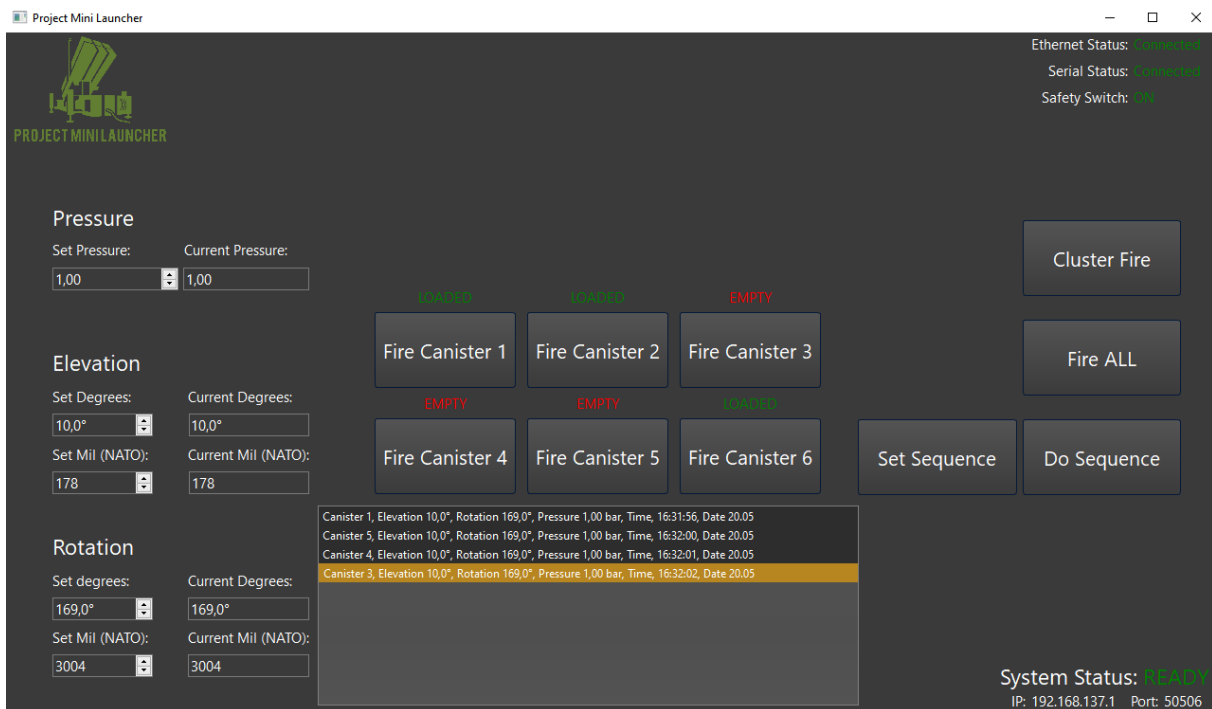
Systemet styres fra en ekstern datamaskin som viser operatøren det grafiske brukergrensesnittet (GUI). Den eksterne datamaskinen er tilkoblet Mini Launcher med en Ethernetkabel.

Det grafiske brukergrensesnittet er laget i Qt sin Integrated Development Environment (IDE) kalt Qt Creator. Dette programmet er brukt fordi det er samme programmet KDA bruker til utvikling av GUI i sine systemer. Fordi programmet koster minst 3000 kroner per måned, er gratisversjonen av Qt Creator for åpen kildekode brukt [6].

Funksjonene og informasjonen vist i GUI er laget etter kravspesifikasjonen gitt av KDA. Utformingen er noe gruppen selv har stått for. Brukergrensesnittet er laget slik at kravene og funksjonene enkelt kan testes hver for seg. Grensesnittet kan enkelt ekspanderes videre for å legge til flere og bedre funksjoner.

Vinduet som vises på den eksterne datamaskinen, kan sees i figur 47. Her kan operatøren se systemets status som leses av med sensorer tilkoblet Arduino Mega og Arduino Nano. Statusen som vises er det interne trykket i lufttilkoblingen, rotasjonsvinkel, elevasjonsvinkel og prosjekttilstatus. Det vises også informasjon om Ethernettilkoblingen, serieporten til Arduino Nano og sikkerhetsbryterposisjon.

KDA har krav satt at loggføring over tidligere avfyringer skal vises i GUI. Loggen som blir opprettet ved avfyring inneholder informasjon om utskytningsvinkler, hvilket kammer og trykk som ble brukt. Tiden avfyringen skjedde blir også logget.



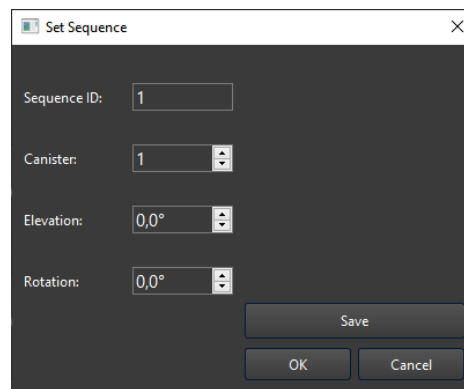
Figur 47: Grafisk brukergrensesnitt som vist på ekstern datamaskin

Operatøren kan styre elevasjon og rotasjon ved å taste inn en ønsket vinkel. Operatøren kan selv bestemme enheten som brukes i enten grader eller Mil (NATO). Verdiene kan også stilles ved å bruke pil-ikonene som vil stille vinkelen gradvis ved å øke eller minske verdien én og én. Det er også mulig å stille hvilket trykk systemet skal bruke under en avfiring.

Om det skal avfyres et prosjektil kan operatøren velge hvilket kammer som skal brukes. Kammer nummer 1 kan avfyres ved å trykke på *Fire Canister 1*-knappen.

Om operatøren trykker på *Cluster Fire* vil systemet avfyre alle 6 kamre i rekkefølge med 0,5 sekunder forsinkelse mellom avfiringene. Det er mulig å legge inn en lengere eller kortere forsinkelse ved å forandre koden på Arduino Nanoen. Ved bruk av *Cluster Fire* vil alle projektiler bli avfyrt i samme retning. Om *Fire ALL* knappen blir brukt, vil alle kamre avfyre på likt i retningen kamrene peker mot.

Om operatøren vil utføre en sekvensiell avfiring må de planlagte avfiringene først skrives inn. Dette gjøres ved å trykke på *Set Sequence*. Et vindu vil åpnes som lar operatøren skrive inn planlagte avfiringer som vist i figur 48. En planlagt avfiring kan lagres ved å trykke på *save*. Det er mulig å skrive inn 6 forskjellige avfiringer før GUI vil vise operatør en advarsel at alle 6 sekvenser er satt. Ved å trykke *OK* vil sekvensen bli lagret og vinduet lukket. Det er nå mulig å trykke på *Do Sequence* for at systemet skal utføre alle lagrede avfiringer i rekkefølgen de ble skrevet inn.



Figur 48: Set Sequence vinduet

7.8 Programmering

Det er utviklet kode for 3 ulike systemer i Mini Launcher prosjektet. De tre hoveddelene er programmering av Arduino Nano som sitter i toppstruktur, Arduino Mega som sitter i bunnstruktur og utvikling av grafisk brukergrensesnitt som kjører på en ekstern datamaskin.

Koden som brukes av Arduino Nano styrer åpning og lukking av magnetventilene brukt til avfiring. Nanoen leser også av status fra infrarøde detektorer for å bestemme om det er projektiler i kammerene eller ikke. Arduino Nanoen kommuniserer med Arduino Megaen via en serielltilkobling.

Koden som brukes av Arduino Mega brukes hovedsakelig til motorstyring og kommunikasjon. Megaen fungerer som et mellomledd som videresender kommunikasjonen mellom den eksterne datamaskinen og Arduino Nano. Arduino Megaen kan også lese av status for lufttrykk, rotasjonsenkodere, sikkerhetsbryter, mikrobrytere og styre statuslys. Megaen er tilkoblet Nanoen med en seriell tilkobling og tilkoblet den eksterne datamaskinen ved bruk av et Arduino Ethernet Shield 2.

For utvikling av GUI er Qt Creator brukt. GUI er laget ved å skrive kode i C++ og QML og ved bruk av programmets innebygde designervindu. Brukergrensesnittet inneholder kode for Ethernetkommunikasjon ved bruk av nettverksprotokollen UDP. Når operatøren velger en handling i GUI, blir en kommando som representerer handlingen sendt til Arduino Megaen og utført. GUI viser også systemets status, som blir oppdatert når Arduino Megaen sender statusoppdateringer.

Videre dokumentasjon av det digitale systemet er beskrevet mer detaljert i «DR001 – Digital Interface» dokumentet.

Fullstendig dokumentasjon av koden er laget med Doxygen og ligger i vedlegg. Dokumentet heter *RD002 – Doxygen Code Documentation*. Fullstendig kildekode for Arduino Nano, Arduino Mega, GUI og Doxygen i HTML-format ligger på prosjektets minnepinne.

8. Prosjektprogresjon

8.1 Innledning

Startdato: 10. januar 2022

Sluttdato: 24. januar 2022

Varighet: 2 uker

Innledningsiterasjonen ble i hovedsak brukt til planlegging og forberedelser til prosjektet. Hovedfokus i denne iterasjonen var på administrative oppgaver som for eksempel struktur på dokumenter og opprettelse av timelister. Gruppen lagde også en gruppekontakt som alle signerte.

Systemets utvikling

Det tekniske var ikke i hovedfokus i denne iterasjonen. Vi vurderte tanker og ideer, men tok ingen avgjørelser for systemet.

8.2 Utdypning 1

Startdato: 24. januar 2022

Sluttdato: 14. februar 2022

Varighet: 3 uker

Iterasjonen utdypning 1 ble brukt til videre planlegging av prosjektet og grunnleggende avgjørelser ble tatt. Denne iterasjonen ble avsluttet med presentasjon 1. Fokus i denne iterasjonen var derfor på det vi skulle ha klart til presentasjon 1. Dette var prosjektplan, prosjektmodell, kravspesifikasjon og testplan.

Systemets utvikling

- Undersøke konsepter og komponenter tilgjengelige for å realisere disse. Det ble sett på mekaniske komponenter, elektriske komponenter og komponenter og programmer for data. Vi vurderte ulike skalaer å bygge launcheren i. Det ble laget en 3D-modell og pappmodell for å visualisere størrelsene.
- Beregning av prosjektilbaner. Vi beregnet banene til projektiler med ulik hastighet og vinkel for å finne ut hva som var nødvendig for å oppnå krav til treffsikkerhet og rekkevidde.
- Ethernet kommunikasjon mellom ekstern PC og mikrokontroller ble testet.

Utfordringer

Å jobbe effektivt sammen som er gruppe var i starten en utfordring. Ettersom alle medlemmene av gruppen hadde forskjellige tanker og meninger om hvordan gruppen best bør jobbe og hvordan dokumenter bør utformes. Et så stort prosjekt hadde heller ingen av medlemmene tidligere erfaring med. Samholdet og lagarbeidet er noe gruppen styrket over tid.

8.3 Utdypning 2

Startdato: 14. februar 2022

Sluttdato: 7. mars 2022

Varighet: 3 uker

I iterasjonen utdypning 2 gikk vi videre med å etablere et klarere bilde av systemet med konkrete planer og valg av konsepter for hovedfunksjoner. De ble laget en plan for hvordan vi skulle anvende Unified Process i praksis i vårt prosjektarbeid. Nettsiden ble også opprettet og lagt ut på tildelt webområde.

Systemets utvikling

System:

- Lage *use cases*. Utarbeide *use cases* og tilhørende diagrammer for å undersøke nødvendige krav og funksjonaliteter i systemet.
- Utarbeide diagram for systemarkitektur. Dette gjør det tydelig hvordan systemet vil være bygd opp og hvilke komponenter som har relasjoner til hverandre.

Mekanisk:

- Undersøkelser på 3D-print. Modellere, 3D-printe og måle testbiter for å undersøke dimensjonsavvik utvendig og innvendig. Modellere, 3D-printe og teste overflatebearbeiding på testbiter.
- Undersøkelser på avfiring av prosjektiler. Fysisk testing av ulike prosjektiler med trykkluft.
- Mekaniske konsepter. Vurdering og valg av konsepter for systemets tre hovedfunksjoner rotasjon, elevasjon og avfiring.

Elektro:

- Undersøke og valg av komponenter til strømforsyning og styring av konsepter for elevasjon, rotasjon og avfiring. Undersøke muligheter for batteri og batteristyringssystem.
- Undersøkelser på kontroll av servomotorer. Simulering av servokontroll i Simulink.

Data:

- Valg av komponenter og programmer for GUI og systemstyring. Undersøke og velge mikrokontroller, Ethernetprotokoll og program for å lage GUI.
- Test av Ethernet-kommunikasjon mellom ekstern PC og mikrokontroller. Påbegynt utvikling av grafisk brukergrensesnitt.

Utfordringer

Basert på tilbakemelding i forbindelse med første presentasjon måtte en del av dokumentasjonen gjennomgås og rettes på i denne iterasjonen. Blant annet oppfølgingsdokumenter, timelister og testplan.

8.4 Konstruksjon 1

Startdato: 7. mars 2022

Sluttdato: 21. mars 2022

Varighet: 2 uker

Iterasjonen konstruksjon 1 begynte vi på design av launcheren basert på konsepter valgt i utvikling 2. Presentasjon 2, den 18. mars, avsluttet iterasjonen. Vi hadde derfor stort fokus på forberedelser av dokumentasjon og presentasjon i denne iterasjonen. Vi ønsket også å lage et fysisk prøveoppsett for testing og for å kunne demonstrere noen av systemets funksjoner på presentasjonen. Dette kom vi ikke så langt med som vi hadde håpet.

Systemets utvikling

Mekanisk:

- Begynte med mekanisk design basert på konseptvalg i utvikling 2. Utvikle løsninger for å realisere konseptene for elevasjon, rotasjon og avfiring i Launcheren og undersøke tilgjengelige komponenter til disse mekanismene.
- Utarbeidet forenklet 3D-modell som viser løsningene plassert i Launcheren.

Elektro:

- Design av reguleringsløyfe og strømforsyning. Utviklet kode for regulering av motorer.

Data:

- Starte å lage GUI. Enkle funksjoner som dataoverføring ved bruk av knapper blir laget.
- Kode for Arduino Mega blir påbegynt. Hovedfokus på kommunikasjon, klasser og kode for avfiring.
- Lage kode for å teste GUI, Ethernet og mikrokontroller sammen. Kommunikasjonen mellom dem blir testet og validert.

Utfordringer

Vi ønsket i utgangspunktet å bygge et fysisk prøveoppsett i denne iterasjonen. Vi kom ikke så langt med designet som vi hadde ønsket. Vi vurderte det derfor til det ville vært dårlig prioritering å bruke tid og ressurser på å anskaffe komponenter og bygge noe fysisk. Vi gikk derfor bort fra dette.

8.5 Konstruksjon 2

Startdato: 28. mars 2022

Sluttdato: 18. april 2022

Varighet: 3 uker

På grunn av eksamener og prosjekter i andre fag valgte vi å sette av en uke til arbeid med dette. Vi gikk derfor i gang med konstruksjon 2 først 28. mars. I iterasjonen konstruksjon 2 hadde vi et klart teknisk fokus. Vi bygget videre på designløsningene valgt i konstruksjon 1 ved å utarbeide detaljer i designet. I denne iterasjonen gikk vi også i gang med å bygge launcheren fysisk. Vi bestilte de fleste av de resterende komponentene og startet med 3D-printing.

Systemets utvikling

I denne iterasjonen ble det meste av detaljdesign av bunnstruktur, midtstruktur og toppstruktur utarbeidet. Komponenter ble kjøpt inn og 3D-printet. Kretstegning for oppkobling av styringssystem ble laget, elektronikk ble kjøpt inn og testet. Utvikling av GUI og kode for mikrokontrollere fortsatte.

Mekanisk:

- Testing av avfyring. Sammenligning av to ulike magnetventiler og noen ulike alternativer til prosjektiler med tanke på rekkevidde og treffsikkerhet.
- Utvidelse av undersøkelser på 3D-print. Undersøkelser på gjengeinnsatser i 3D-printet plast.
- Detaljdesign av rotasjonsmekanisme. Utforming av egendesignede reimhjul til å passe tannreim til å drive rotasjon. Plassering og innfesting av komponenter for rotasjon og elektronikk. Design av bunnplate, tilhørende deksler og innfesting av disse. Utvikling av løsning for overføring av luft og kabling gjennom rotasjon.
- 3D-printing av reimhjul og andre komponenter for rotasjon. Plasmaskjæring av bunnplate i stål.
- Detaljdesign av elevasjonsmekanismen. Utvikling av designløsning for elevasjon. Plassering og innfesting av motor og rotasjonsenkoder. Opplagring av akslinger og låsing av tannhjul, snekkeskrue og akselkobling. Strukturelle komponenter og innfesting ned mot bunnstruktur og opp mot toppstruktur.
- Detaljdesign av avfyringsmekanismen. Flere ulike løsninger for oppbygning og plassering av magnetventiler ble utviklet og vurdert. Utforming av toppstruktur og innfesting for utvendige deksler. Design av prosjektiler for stabilitet, treffsikkerhet og rekkevidde. Plassering av elektronikk for prosjektildeteksjon.
- Innkjøp av komponenter til avfyringsmekanisme og toppstruktur. 3D-printing av strukturelle komponenter. Montering av avfyringsmekanisme.

Elektro:

- Utvikling av elektronisk målskive. Undersøke mulighet for å lage en elektronisk målskive. Denne vil sende sin posisjon til styringssystemet, for at launcheren så kan sikte på og treffe den.
- Prosjektildeteksjon. Undersøkt og vurdert ulike måter å detektere om prosjektiler er til stede i kamrene i toppstrukturen.
- Lese om modellering av steppermotor og forsøke å lage en modell av systemet i Simulink. Finne systemets båndbredde og designe diskrete regulatorer.
- Testing av styring av steppermotor med mikrokontroller og motordriver.
- Lage prosjektilavfyriingskrets for å tilføre magnetventiler 24V. Kretstegninger, lodding og testing.
- Lage kretstegning for systemet og innkjøp av elektriske komponenter.
- Testing av trykkregulator. Testing av styring av trykk tilført systemet med elektronisk trykkregulator.

Data:

- Legge til funksjoner i GUI som motorstyring og oppdatering av status. GUI klargjøres for testing av det fysiske systemet.
- Det blir laget kode til Arduino Mega for oppdatering av status og motorstyring.
- Kommunikasjon, avfyring, oppdatering av status, *Cluster Fire* og *Fire All* blir kodet til Arduino Nano.
- Testing av GUI og mikrokontrollere sammen for oppdatering av status, motorstyring og avfyring. Kommunikasjonen blir også testet med stor dataoverføring.

Utfordringer

På grunn av elevasjonsmekanismens utseende og plasseringen av aksling i forhold til overføring av luft og kabling mellom bunn- og toppstruktur ble det avgjort å endre løsningen for elevasjonsmekanisme. Ny løsning var å bytte motortype fra børstemotor til steppermotor og å snu mekanismen opp ned slik at motor med aksling for snekkeskrue er plassert oppe i toppstrukturen. Dette medførte at vi måtte starte på nytt med design av elevasjonsmekanismen. Det medførte også betydelig omgjøring av designløsning for avfyriingsmekanisme og toppstruktur, for å få plassert komponentene inn på enda mindre plass.

På grunn av leverandørproblemer av reim som var bestilt, måtte et redesign av reimskivene til bunnstrukturen utføres. Dette medførte en del ekstra design arbeid og research for å få tak i en ny fungerende reim.

For å redusere antall kabler mellom bunnstruktur og toppstruktur ble det avgjort å montere en liten mikrokontroller i toppstrukturen for kontroll av prosjektilavfyring og prosjektildeteksjon. Dette medførte mer arbeid for å utarbeide kode for denne og seriell kommunikasjon mellom denne og mikrokontroller i bunnstrukturen.

8.6 Konstruksjon 3

Startdato: 18. april 2022

Sluttdato: 16. mai 2022

Varighet: 4 uker

Vårt mål og hovedfokus for denne iterasjonen var å ferdigstille og teste prototype 1 samt dokumentere hele prosessen.

Systemets utvikling

I denne iterasjonen ble det siste av detaljdesign av bunnstruktur, midtstruktur og toppstruktur utarbeidet. Det siste av festemidler ble innkjøpt. Launcheren ble sammenstilt utenom deksler. Det var også stort fokus på sluttrapporten. Rapporten ble påbegynt, og en disposisjon ble laget.

Mekanisk:

- Dokumentering og begrunnelser av designvalg, arbeidsprosess og beregninger gjort i forbindelse med mekanisk design.
- Tegningsunderlag for Launcheren er laget. 2D-tegninger, sammenstillinger og hele launcheren.
- Design av ekstern boks til Mini Launcheren, hvor strømforsyningen trykktanken og annet utstyr skal være.
- Anskaffelser av materialer og festemidler.
- FDC ble satt sammen og dekslene på sidene er kappet. Listene er sendt til 3D-print.
- Research 3D-print. Utvidet rapporten, strekktestet og finjusteringer gjenstår.

Elektro:

- Målbrikke. Lagde fungerende Bluetooth-kommunikasjon mellom to Arduino Nano 33BLE-enheter.
- Regulering av steppermotor. Kode for regulering ble laget og klar for å bli implementert i systemet.
- Kabling og tilkoblinger. Alt av kabling ble gjort. Selv etter problemene som skjedde etter første test er launcheren fullstendig kablet. Kablingen er dokumentert i ES001 – Koblingsskjema.
- Tank og trykkregulering. Krets til styring av trykkregulatoren ble, designet, produsert og implementert.
- Teste regulering av steppermotor. Regulering ble testet og klar for å bli implementert i systemet.
- Teste fullstendig elektrisk oppsett. Testet elevasjon, rotasjon, avfiring og kommunikasjonen mellom Nano og Mega. Mangler en sikringsløsning og teste trykkregulering via GUI.

Data:

- Diagrammer ble forbedret og lagt inn i «RD001 - Digital Interface» dokumentet for bruk i sluttrapport.
- Grensesnittet mellom det digitale og fysiske systemet ble dokumentert etter forespørsel fra KDA.
- GUI får bedre design, loggføring, sekvensiell avfiring og forbedring av funksjoner fra forrige iterasjon. GUI ble nesten ferdig, men har fortsatt noen feil og funksjoner som kan bli bedre.
- Kode for Arduino Mega blir utvidet til å bruke rotasjonsenkodere, sikkerhetsbryter, status LED og trykkregulering. Koden fungerer til enkel styring av systemet, men blir ikke ferdig før systemet er montert og kan bli fullstendig testet.
- Arduino og GUI skal bli videre testet etter som systemet blir ferdig montert. Alle mikrokontrollere er testet sammen med GUI og komponenter hver for seg.

Utfordringer

Ved montering av kabler ble 24 V forvekslet med 5 V. Dette gjorde at det kom røyk ut av launcheren ved oppstart. Resultatet av dette var at Arduino Nano, Arduino Mega og detektorer for prosjektildeteksjonen ble ødelagt. Vi hadde ekstra Arduino Mega og fikk tak i en ny Arduino Nano. Nye infrarøde detektorer til prosjektildeteksjon ble bestilt. Allikevel førte dette til mye ekstra arbeid i form av loding og kabling.

8.7 Overgang

Startdato: 16.Mai 2022

Sluttdato: 23. mai 2022

Varighet: 1 uke

I denne iterasjonen var fokuset på ferdigstilling av sluttrapporten og forberedelser til USN Expo.

Systemets utvikling

I denne iterasjonen ble sluttrapporten ferdigstilt.

Mekanisk:

- Fullt fokus på å ferdigstille sluttrapporten og tilhørende dokumentasjon.

Elektro:

- Fullt fokus på å ferdigstille sluttrapporten og tilhørende dokumentasjon.

Data:

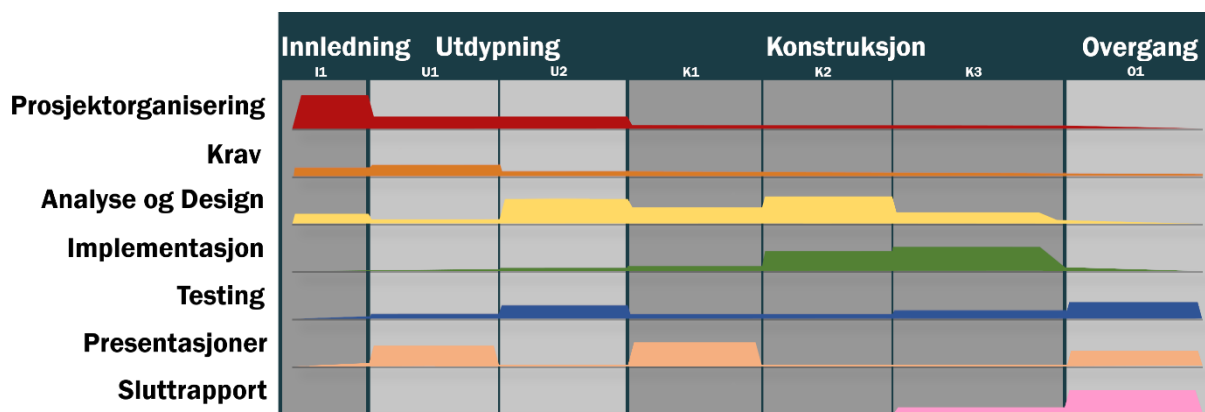
- Motorstyring, rotasjonsenkodere, avfiring, statusoppdatering, loggføring og sikkerhetsfunksjoner er ferdig på GUI, Arduino Nano og Arduino Mega. Videre testing gjenstår for å få funksjonaliteten til å fungere bedre.
- Koden er dokumentert med Doxygen. Se *RD002 - Doxygen Code Documentation*. dokumentet eller i mappen på minnepinnen.
- Systemets kjernefunksjoner er funksjonelle, men bør bli forbedret. Arbeidet vil derfor fortsette frem til presentasjon 3.

Utfordringer

Hovedutfordringen i denne fasen er mangel på tid til rapportskrivning. Dette har gjort at fasen har blitt veldig hektisk, med sene kvelder for å skrive, lese og rette dokumentasjon. Gruppen må også forberede seg på Expo. Det har blitt lite tid til testing av det fysiske systemet. Dette spesielt med tanke på data som skulle teste kode for styring.

8.8 Endringer under prosjektet

Gjennom et prosjekt vil det oppstå forandringer fra den opprinnelige planen. Den planlagte vektingen av alle disiplinene for hver iterasjon har blitt justert i løpet av prosjektet. Den faktiske vektingen på slutten av prosjektet ser man i figur 49. I konstruksjon 1 var andre presentasjon, og med tilbakemeldingene fra den, ble et antall design revidert. Det ble også bestemt å kun ha tre konstruksjonsiterasjoner, for å kunne lage store oppgaver som går over lengere tid.



Figur 49: Prosjektmodellens vektning av disipliner på slutten av prosjektet

De planlagte leveransene i konstruksjonsiterasjonene som prototype 1 og 2 ble omgjort et sluttprodukt. De tidligere prototypene ble omgjort til mindre tester av hvert element isolert fra hele systemet. Den ferdigstilte launcheren ble da første prototyper. I figur 50 viser leveransene gjort i slutten av prosjektet. Mye av prosjektets tidligere iterasjoner ble brukt til å finne ut av hvordan prosjektet skal styres. Dette førte til at mye av den tekniske delen startet senere enn den burde.

Konstruksjon 1	Konstruksjon 2	Konstruksjon 3	Overgang
Hovedfokus på testing, testing med alle elementer i systemet, ferdigstille sluttprodukt og dokumentere teknisk arbeid			Hovedfokus på sluttrapport, sluttpresentasjon, EXPO, og verifisering av oppfylte krav
07.03.2022 - 21.03.2022	28.03.2022 - 18.04.2022	18.04.2022 - 16.05.2022	16.05.2022 - 23.05.2022
			· Lovere sluttrapport
			· Dokumentere oppfylte krav
· Bygge testanlegg	· Bygge prototype 1	· Bygge prototype 2 · Kable systemet · Trykkregulering	Ferdigstille sluttprodukt
· Teste rotasjon, elevasjon og avfyringsmekanismer	· Teste rotasjon, elevasjon og avfyringsmekanismer		

Figur 50: Leveranser i slutten av prosjektet.

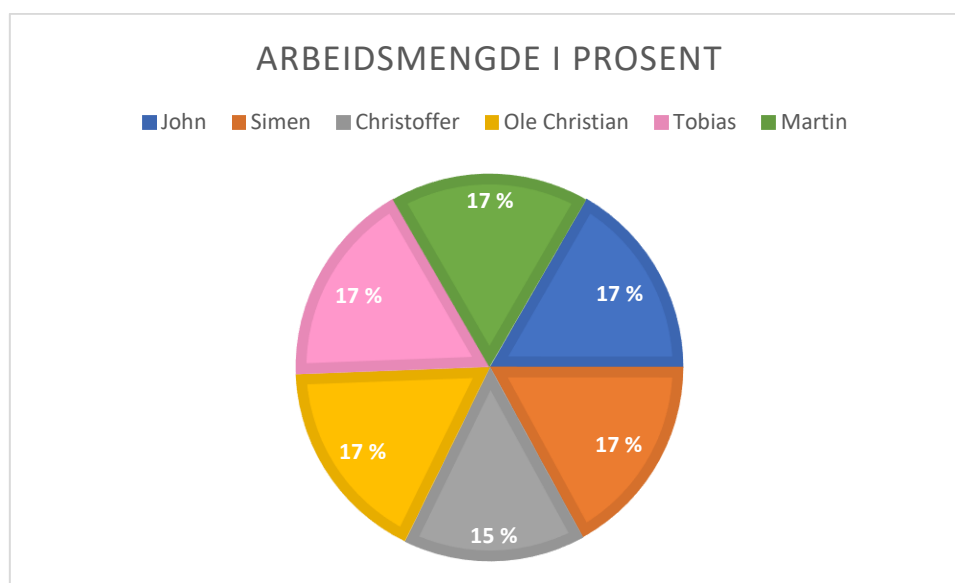
8.9 Arbeidsmengde og timeoversikt

Tabell 18 viser tidsbruk per person hver uke i prosjektet.

Tabell 18: Individuell tidsbruk for prosjektet.

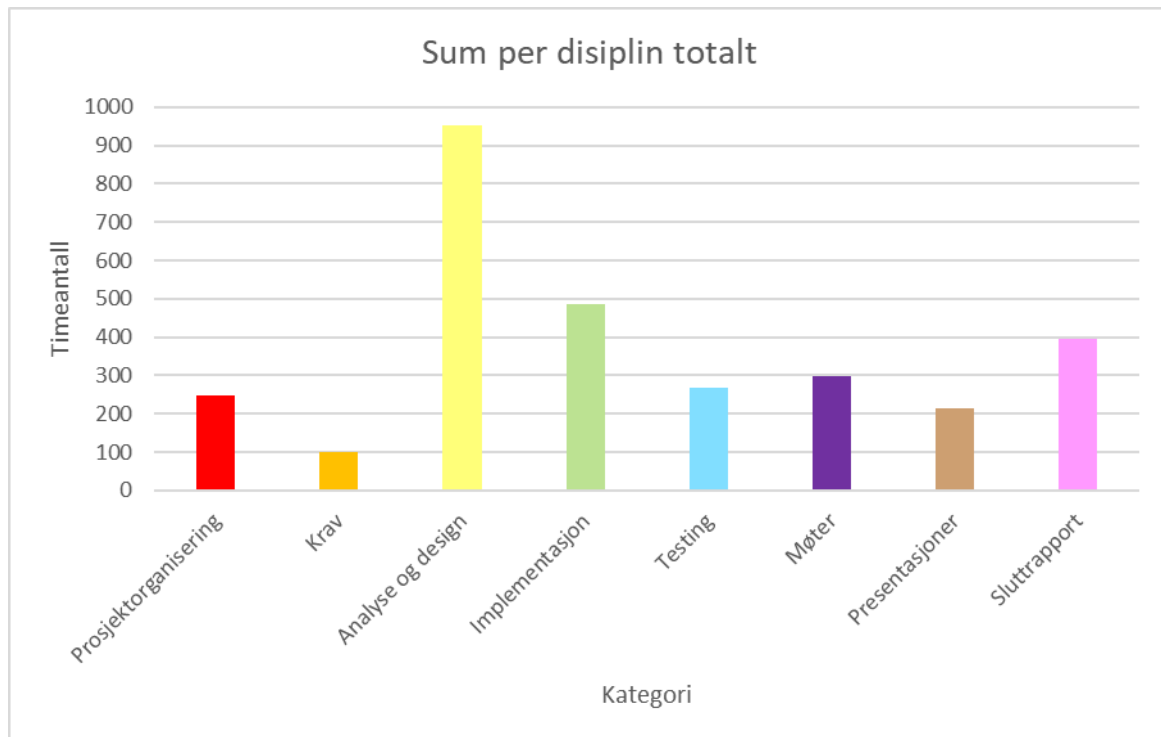
Ukenr.	John	Simen	Christoffer	Ole Christian	Tobias	Martin	Sum	Fase
2	30	30,5	27	25	30	27	169,5	Innledning 1
3	26	27,5	23,5	22,5	25,5	23,5	148,5	Innledning 1
4	24	28	23,5	24	24,5	29	153	Utdypning 1
5	26,5	26,5	21	28,5	25,5	26,5	154,5	Utdypning 1
6	23,5	25,5	24,5	29,5	24	25	152	Utdypning 1
7	25,5	27,5	19,5	25,5	25	29	152	Utdypning 2
8	29,5	31,5	24,5	23	25	25,5	159	Utdypning 2
9	36,5	29	31	28,5	36,5	38	199,5	Utdypning 2
10	30	38	28,5	34	39,5	33,5	203,5	Konstruksjon 1
11	34	34,5	29	35	50,5	31	214	Konstruksjon 1
12	0	0	0	0	0	0	0	Konstruksjon 1
13	37	37	33	26	35,5	39,5	208	Konstruksjon 2
14	38,5	41,5	33	31,5	37,5	37,5	219,5	Konstruksjon 2
15	32	19,5	26	31,5	24,5	24	157,5	Konstruksjon 2
16	34,5	30	30	34	34,5	26	189	Konstruksjon 3
17	37	34,5	37	43	39	42,5	233	Konstruksjon 3
18	38,5	42,5	36,5	49	32,5	43	242	Konstruksjon 3
19	58,5	54,5	52,5	66,5	50,5	53,5	336	Konstruksjon 3
20	47,5	64	54,5	70	71,5	54	361,5	Overgang 1
Sum	609	622	554,5	627	631,5	608	3652	

Figur 51 viser arbeidsmengde i prosent per person i prosjektet.



Figur 51: Arbeidsmengde i prosent.

Figur 52 viser tidsbruk for hver disiplin totalt.



Figur 52: Timer per disiplin totalt.

8.10 Økonomi og innkjøp

Tabell 19: Innkjøpte komponenter

Produkt	Antall	Stk. pris	Shipping	Totalpris (kr)
Maskin				
PREVOST Pneumatic Quick Connect Coupling, 1/4 in Female	2	41,31		82,6
RS PRO, Nylon, Snap Grip Hose Clamp 6.5 → 8.1mm ID	10	6,92		69,2
1 Module Worm Wheel Gear30 Tooth	1	444,64		444,6
.4m Long Steel Closed Bush Shaft, 6mm	1	162,66		162,7
1 Module Worm Gear, 1 Start , 18mm Diam	1	214,03		214,0
METRIC PLAIN 6X13X5	1	117,83		117,8
1 PIECE RGD COUPLING 5MM	1	407,50		407,5
RC4WD S1692 M2x5mm Set Screw (10)x1	1	35,00		35,0
optibelt OMEGA Timing Belts 635 5M 9	1	74,94	169,56	244,5
T-stykke for 8 mm rør	5	80,99		405,0
Vinkel 90 grader for 8 mm rør	3	56,49		169,5
Union UTV 8 mm rør BSP UTV	1	32,99		33,0
Polyurethanrør 8 mm blå	10	23,00		230,0
Rør stål E235N-ST37.4 CR.6 FR 6	2	42,00		84,0
MOULDED SPUR GEAR 0.5, 80	2	87,50	137,5	312,5
Stainless Steel Shaft Collar Bore 6mm	2	40,5		81,0
Settskrue M3	1	35,00	79,00	114,0
Returpakke til RS Components	1	0,00	129,00	129,0
Gorilla epoxylim	1	117,00	0,00	117,0
2pk Kulelager 15 mm OD 6 mm ID	1	162,50	137,50	300,0
EasyPrint PLA filament	1	270,00		270,0
				4 022,88

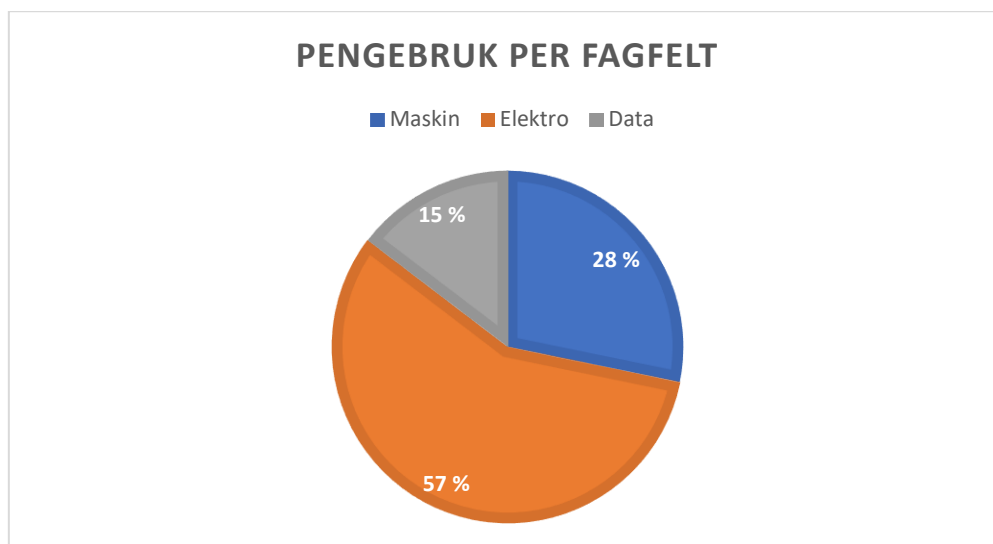
Elektro

XI4015 5A Step Down Buck Converter	3	64,90		194,70
DRV8825 Stepper Motor Driver	1	59,00		59,00
400w DC-DC Boost Converter	1	139,00	72,00	211,00
Hybrid, Permanent Magnet Stepper Motor	1	375,02		375,02
RS PRO Cat5e Ethernet Cable	1	172,31		172,31
Roth Elektronik Single Sided Matrix Board	1	52,45		52,45
Micro-Change M12, 5 Poler, Rett, Sokkel, Molex	1	131,25	62,50	193,75
AC-DC 150W INDUSTRIAL	1	473,85		473,85
SPST MIN ROCKER ON-OFF	1	13,86		13,86
2 Port Solenoid Valve Size 2, 6mm, 24Vdc	1	348,50		348,50
Grove - Infrared Reflective Sensor v1.2	1	58,39		58,39
Encoder 50 P/R incremental quadrature	2	163,80		327,60
AC Power leads EU plug	1	146,20		146,20
AC Power Entry Modules 15A Wire-Leaded	1	33,20		33,20
Moms	1	126,75		126,75
Transistor GP BJT NPN 25V 1.5A TO92-3	10	3,27		32,72
Carbon Resistor, 0.25W ,5%, 10k	10	2,12		21,20
Carbon Resistor, 0.25W ,5%, 220R	10	2,33		23,26
2 Port Solenoid Valve Size 1, 24Vdc N/C	5	389,50		1 947,50
Grove - Infrared Reflective Sensor v1.2	5	53,15		265,75
QSR-1/4-8 rotary push-in fitting	1	288,36		288,36
Åpen sikringsholder ø5x20mm	5	4,00		20,00
Sikring 5x20mm: 3.15A Slow-blow	25	1,95		48,64
Hunnkontakthus/enkel rad 2P	25	1,96		49,00
Hannkontakthus/enkel rad 2P	25	1,28		32,05
Hunnkontakthus/enkel rad 3P	10	2,38		23,80
Hannkontakthus/enkel rad 3P	10	1,75		17,52
Hunnkontakthus/enkel rad 4P	6	2,44		14,63
Hannkontakthus/enkel rad 4P	6	2,24		13,44
Hannkontakthus/enkel rad 5P	10	2,59		25,92
Hunnkontakthus/enkel rad 5P	10	3,36		33,55
Apparatsokkel 5P	5	10,30		51,50
Kabelplugg Svart 5P	1	19,85		19,85
Mikrobryter 0.1A Flat spake 1 sl	6	7,01		42,06
MicroFit 3 Crimp Socket 15Au 18A	100	0,99		98,53
MicroFit 3 Crimp Pin 15Au 18AWG	100	1,00		99,96
Moms	1	177,60	120,00	297,60
Stepper Motor 42mm 0.80Nm 1A Bipolar	1	482,00		482,00
Moms	1	150,50	120,00	270,50
4835775-1 - 4-leders bipolar motorkabel 500 mm	1	37,30		37,30

Krympeterminal, Sokkel, Gull, 18AWG	50	0,99		49,27
Krympeterminal, Plugg, Gull, 18AWG	50	1,00		49,98
Micro-Fit 3.0 Hus, Plugg, 3 Poler	10	1,94		19,40
Micro-Fit 3.0 Hus, Hylse, 3 Poler	10	2,22		22,20
Stripsanker 4.1mm Svart Polyamid 6,6	10	10,32		103,20
Moms	1	95,34	100,00	195,34
DIN-kabel 5-polet 1,5 m	1	169,90		169,90
Luxorparts Selvklebende miniholder 50 stk.	1	99,90		99,90
SMC 2/2 Pneumatic Solenoid Valve - Push in 8 mm	1	389,5		389,50
			Totalt	8 141,91

Data

Arduino Ethernet Shield 2	1	256,85		256,85
USB 3.0 to Gigabit Ethernet adapter	1	396,25	125,00	521,25
Arduino Nano 33 BLE	1	285,00	62,50	347,50
Grove - Infrared Reflective Sensor v1.2	4	58,39		233,56
ESP32-CAM Overvåkningskamera ansiktsgjenkjenning	1	129,00	45,00	174,00
Grove - Infrared Reflective Sensor v1.2	6	57,10	210,65	553,25
			Totalt	2 086,41
Totalsum på alle innkjøp gjort i prosjektet			Totalt	14 250



Figur 53: Prosent av totalbudsjett

9. Videre muligheter

Det er flere videre muligheter som kan utforskes for å utvide systemet. Det er spesielt gode muligheter for å utvide systemet ved å gjøre det smartere ved hjelp av mer datateknologi.

Data

En bedre metode for å sikte med systemet bør utvikles. Enten må systemet selv finne mål eller så kan for eksempel en målbrikke som rapporterer sin egen posisjon utvikles. For mer informasjon om målbrikkens utvikling, se *EL006 – Rapport, målbrikke*.

Ved montering av et kamera og bruk av bildegjenkjenning, kan systemet utvides til å automatisk finne mål. Det bør også utvikles en metode for å bestemme avstanden til mulige mål.

Ettersom systemet bruker Ethernet som kommunikasjonskanal kan Mini Launcher kobles til internett for ekstern styring. Systemet vil kunne styres med det grafiske brukergrensesnittet som bør inneholde et kameravindu som oppdateres i sanntid.

Det er også mulig å lage flere Mini Launcher systemer som kan kobles sammen i et nettverk. De kan kommunisere sammen og dele informasjon.

Elektro

Strømforsyningen har en mulighet for forbedring ved bruk av batterier og batterikontrollere. Dette ville gjort at prosjektet ikke er avhengig av å ha en stikkontakt i nærheten, og den kunne dermed plasseres hvor som helst.

Det er også store muligheter for å forbedre reguleringsløyfen, ettersom det for øyeblikket kun brukes en enkel bevegelsesprofil, implementert gjennom et Arduino-bibliotek. Her kan det for eksempel brukes PID-kontroll eller state-space-kontroll.

Mekanisk

Mekanisk er det noen muligheter for utvidelser, spesielt når det kommer til avfyring.

En mulighet er å fortsette med videreutvikling av prosjektilene. Gjennom beregninger, aerodynamisk analyse og testing kan prosjektilenes rekkevidde og robusthet økes videre. Det kan eksperimenteres med andre måter å 3D-printe prosjektilene, og andre fremstillingsmetoder.

En annen mulighet for utvidelse er ved å se på tilførsel av trykkluft til systemet. Dette kan gjøres ved å montere en liten kompressor i ekstern boks, og lage et styringssystem slik at denne automatisk fyller opp lufttanken.

10. Konklusjon

Gjennom bachelorprosjektet har medlemmene av gruppen lært mye om prosjektarbeid, produktutvikling, presentasjoner og ingeniørarbeid. Innen gruppe- og ingeniørarbeid har gruppen lært hvordan det er å jobbe tett på personer fra andre fagfelt. Dette har gjort at medlemmene har fått et innblikk i hvordan fagfeltene jobber på tvers av hverandre.

Gruppen har også lært hvordan det er å jobbe i samarbeid med en bedrift som har bestemte krav til sluttproduktet. Utfordringene gruppen møtte på har ført til forsinkelser, men vi tilpasset oss utfordringene og kom frem til et sluttprodukt vi kan stå ved og er stolte av.

11. Referanseliste

- [1] Kongsberg Gruppen (2022).
<https://www.kongsberg.com/no/kda/what-we-do/defence-and-security/integrated-air-and-missile-defence/nasams-air-defence-system/>
- [2] Seeed, Infrared Reflective Sensor v1.2.
<https://docs.rs-online.com/89a3/A700000006877264.pdf>
- [3] SMC, Compact Direct Operated 2 Port Solenoid Valve.
<https://docs.rs-online.com/fba8/0900766b814ab899.pdf>
- [4] VoidRelams. (2011, 23.04). C++ Qt 71 QUdpSocket. YouTube.
<https://www.youtube.com/watch?v=4qx4FagISig>
- [5] Arduino Ltd. Arduino Mega 2560 Rev3. Read 14.02.2022.
<https://store.arduino.cc/products/arduino-mega-2560-rev3>
- [6] Qt. Qt for Open Source Development. Read 10.05.2022.
<https://www.qt.io/download-open-source?hsCtaTracking=9f6a2170-a938-42df-a8e2-a9f0b1d6cdce%7C6cb0de4f-9bb5-4778-ab02-bfb62735f3e5>

PP001- Prosjektplan

Dokumentbeskrivelse

Dette dokumentet beskriver prosjektplanen for prosjektet. Dokumentet beskriver valgt prosjektmodell, begrunner valget, beskriver fremdriftsplanen for prosjektet og fordeling av ansvarsområder intern i prosjektgruppen.

Revisjon	Skrevet av	Dato	Godkjent av
A	Simen Tråstadkjølen og John Kristiansen	07.02.2022	Christoffer Mehren

Innhold

1. Introduksjon	2
2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter	2
2.1 Dokumenthistorie	2
2.2 Refererte dokumenter	3
3. Prosjektmodell.....	3
4. Prosjektplan.....	5
5. Ansvarsfordeling i gruppen	6

Figurliste

Figur 1: Unified Process modell for vårt prosjekt.	4
Figur 2: Utsnitt fra fremdriftsplan.	5
Figur 3: Tidslinje for prosjektet.	6

Tabelliste

Ingen tabeller.

1. Introduksjon

Vi har valgt Unified Process som prosjektmodell for vårt bachelorprosjekt, ettersom dette er en modell som passer til vårt prosjekt og vår gruppesammensetning. Prosjektet i sin helhet og vår arbeidsmetodikk vil reflektere prinsippene i Unified Process. Vi har utarbeidet en prosjektplan som vi mener vil føre til god fremdrift, og sikre et sluttresultat som besvarer oppgaven og oppfyller kravene. Prosjektplanen med hovedaktiviteter er vist grafisk i fremdriftsplanen.

2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter

2.1 Dokumenthistorie

Revisjon	Beskrivelse	Dato
A	Nyopprettet	07.02.2022

2.2 Refererte dokumenter

Tittel	Revisjon	Utgiver
FP001 – Opprinnelig fremdriftsplan	A	Project Mini Launcher

3. Prosjektmodell

Vi har valgt å bruke en Unified Process modell for vårt prosjekt. Unified Process bruker et trinnvist rammeverk som bygger på fire faser og normalt seks disipliner. Fasene brytes ned i iterasjoner, og antall iterasjoner og lengdene de har kan enkelt justeres i henhold til prosjektet eller prosjektgruppen.

Unified Process modellens fire faser, innledning, utdyping, konstruksjon og overgang, deles i tidssatte iterasjonsdeler. Hver iterasjonsdel skal levere en vekst av prosjektet som skal bygge på og forbedre prosjektet. Hver iterasjon skal ha en del av hver disiplin inkludert i seg, men mengden og innsatsen avhenger av hvordan prosjektet utvikler seg.

Disiplinene som brukes i Unified Process er som oftest er prosjektorganisering, krav, analyse og design, implementasjon, test, og utplassering/integrasjon. Disse disiplinene kan justeres etter behov i prosjektet. Hver disiplin vil være til stede uansett hvilken fase du er i, noe som gir frihet til å justere prosjektet, eller gå tilbake om man skulle støte på et problem. Skulle man finne ut i konstruksjonsfasen at et krav ikke er mulig å få til, kan man legge inn mer arbeid rundt kravarbeid i neste iterasjon for å justere de til en mulig løsning.

Måten arbeid blir fordelt i Unified Process avhenger av gruppesammensetningen. Unified Process gir muligheten til selvstendig arbeid, eller gruppearbeid avhengig av ønsket arbeidsmetode. Arbeid blir fordelt ut ifra hva som må gjøres i hver fase. Hvis fire ting må gjøres i innledningsfasen så må arbeidet fordeles sånn at de fire tingene blir gjort, og at det blir gjort til avsatt tid. Fasene blir delt i iterasjoner, og disse hjelper med å fordele arbeid og validere om arbeidet fordelt klarer å dekke alt som skal gjøres i hver fase.

Innledningsfasen burde være den minste fasen i prosjektet, og burde ikke ta mer enn en iterasjon. Om den skulle være lengere, vil det indikere at prosjektet kan bli langt og komplisert som kan føre til at Unified Process kanskje ikke er den gunstige prosjektmodellen å bruke videre. I innledningsfasen skal prosjektet ta for seg følgende:

- Forstå det grunnleggende med prosjektet og forstå hva du skal bygge.
- Identifiser de viktigste funksjonene og forstå omfanget av prosjektet.
- Fastslå en relativ løsning og et startpunkt for prosjektet. (Som oftest i den viktigste delen av systemet)
- Forstå tidsforbruket, kostnadene og risikoen som kan forekomme i prosjektet.

Når man er ferdig med innledningsfasen skal man ha en viss visjon av prosjektet og kan tydelig visualisere og forklare prosjektet til de som trenger det.

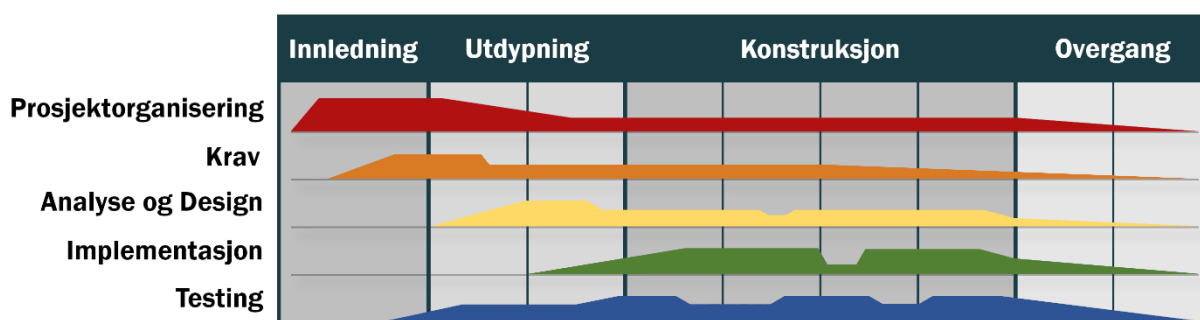
Neste fase er utdypningsfasen. I denne fasen skal man gjøre det meste forarbeidet før man begynner å bygge prosjektet. Krav, risiko forståelse og en validert arkitektur er hoveddelen i denne fasen. Fasen burde ta for seg følgende:

- En mer detaljert forståelse av kravene og løsninger med kontekst.
- Designe og validere en grunnleggende arkitektur og oppbygging systemet skal ha.
- Minske utfallet av risikoene, ha en godt etablert timeplan og ha et godt estimat av systemets kostnad.

Fasen burde avsluttes med en god forståelse av hele prosjektets struktur, arkitektur, tidsrammer og kostnad. Når hele prosjektet er validert og kan visualiseres av alle medlemmer kan man gå til neste fase.

Konstruksjonsfasen er den største fasen i hele prosjektet. I denne fasen skal prosjektet bygges på fundamentet som er etablert i tidligere faser. I denne fasen kan det være mer lurt med kortere iterasjoner, så prosjektet ikke kaster bort tid, og eventuelle problemer kan bli løst tidlig. I denne fasen burde også kunden eller bruksområdet til prosjektet være med på å validere at prosjektet fungerer og følger deres krav og spesifikasjoner. Samtidig er det viktig at alle ledd i prosjektet kan vise til en samhandling av alle delene, så man ikke sitter igjen med to deler som ikke passer. Dette kan forhindres med god kommunikasjon og forståelse av andre ledd i prosjektet. Kostnad og budsjett er også en viktig del å alltid oppdatere i denne fasen, så ikke prosjektet feiler eller tar skade av budsjettfeil.

Siste fase er overgangsfasen. I denne fasen skal produktet overleveres til kunden eller bli implementert i et allerede eksisterende system. Kunden vil da validere at deres forventninger er møtt og at det blir oppnådd enighet hos stakeholderne at utplasseringen er fullført. Overgangsfasen tar også for seg instruksjoner og opplæring av de som skal bruke systemet om det er nødvendig.

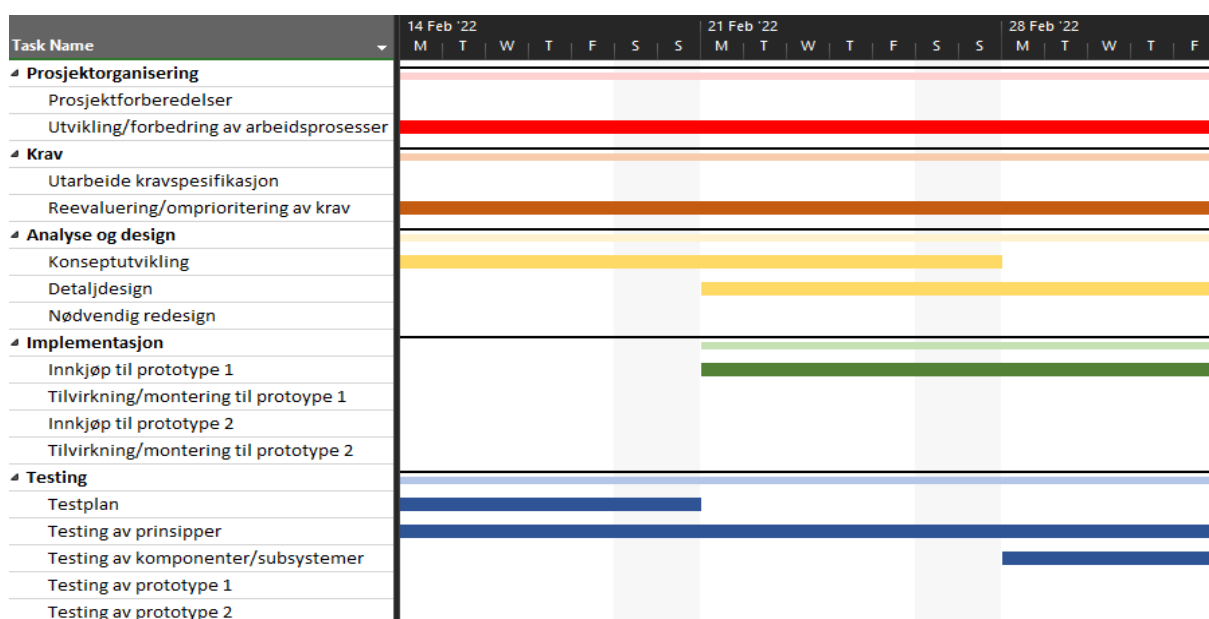


Figur 1: Unified Process modell for vårt prosjekt.

Det er mange grunner til hvorfor vi velger å bruke Unified Process som vår prosjektmodell. Unified Process bruker veldig tydelige mål og milepæler for hver iterasjon og fase. Samtidig er det lett å justere ting underveis i prosjektet, siden man alltid har med tidligere disipliner. Skulle man trenge å justere kravene etter at tester er gjort senere i prosjektet, kan dette lett justeres ved å legge mer vekt på krav i neste iterasjon. I tillegg er mange ledd i prosjektet vårt avhengig av fysiske deler til å gjøre tester på, så en tidlig prototype eller noe fysisk er

viktig så alle i prosjektet kan jobbe synkront på samme del i prosjektet. Det legges opp til at man også kan gjenbruke mye av komponentene og kode fra tidligere prototyper senere i prosjektet eller til konstruksjon av sluttproduktet. Det viktigste for oss er at alle får jobbet med hele prosjektet til enhver tid, og at ingen må vente på andres del til å bli ferdig før de kan starte å jobbe.

Måten vi tenker å dele inn iterasjonene våre blir å først se hva som må skje i hver fase. Vi vil se på alle arbeidsoppgavene, og deretter se hva som må gjøres i hvert felt innenfor dette. Når vi da har en viss oversikt over alle oppgavene, kan vi sette opp disse oppgavene til hver person i en passende mengde. Vi bestemmer lengden vi ønsker på hver iterasjon, men må også passe på at disse ikke blir for lange, og tid blir kastet bort.

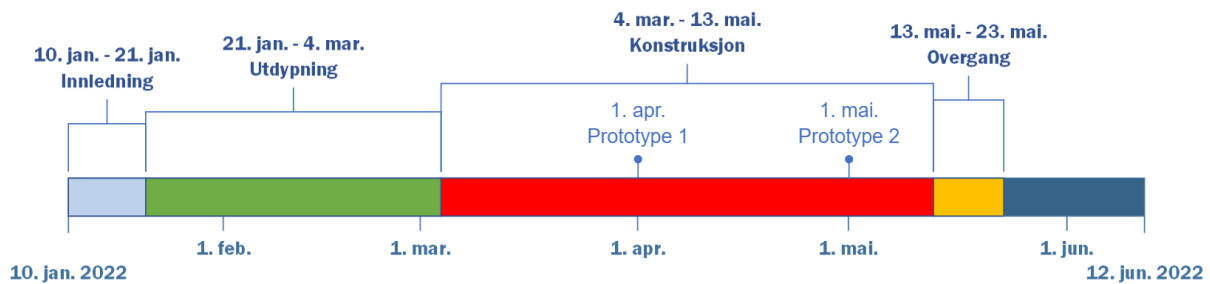


Figur 2: Utsnitt fra fremdriftsplan.

I figur 2 kan vi se et eksempel fra prosjektplanen på en iterasjonsdel i utdypningsfasen. Mengden av hver disiplin vil forandres etter hvert i prosjektet. Ut ifra hva som skal gjøres i utdypningsfasen kan vi sette opp arbeidsoppgaver under hver disiplin. Lengden vi ønsker for hver iterasjon kan bestemmes etter ønske, så lenge vi oppfyller alle oppgavene før fasen avsluttes.

4. Prosjektplan

Prosjektplanen bygger på prinsippene og fasene i Unified Process. Vi planlegger å arbeide i iterasjoner der vi for hver iterasjon videreutvikler og forbedrer systemet. Gjennom hele prosjektet vil vi ha aktiviteter fra de ulike disiplinene. Hovedaktivitetene er vist i FP001 - Fremdriftsplan, i form av et GANTT-diagram der aktivitetene er kategorisert etter disiplin. Fasene i prosjektet med datoer for start og slutt er vist i figur 3.



Figur 3: Tidslinje for prosjektet.

Oppdragsgiver for oppgaven, KDA, vektlegger presisjon og robusthet i stor grad. Vi ønsker derfor å sette sammen en prototype av systemet der vi kan se hvordan systemet virker sammensatt så tidlig som mulig. Vi tror dette vil gi veldig viktig læring, og være avgjørende for resultatet. På den andre siden ønsker vi å fokusere på design i iterasjonene tidlig i prosjektet, i utdypningsfasen. Vi ønsker å finne og utvikle løsninger vi har tro på, før vi forplikter tid og ressurser til å bygge dem fysisk.

Vi har valgt å sette oss som mål det vi kaller prototype 1 ved månedsskifte mars til april, rundt midten av konstruksjonsfasen. Ved dette tidspunktet vil vi ha et komplett fungerende system. Dette systemet bør oppfylle krav med prioritet A. Dette betyr ikke at dette er første gangen vi vil bygge eller teste fysisk, men det vil være et mål for når vi vil ha et komplett sammensatt system. Prototype 1 og etterfølgende testing vil være et viktig beslutningspunkt for hvor prosjektets fokus bør være i andre del av konstruksjonsfasen frem mot prototype 2. Vi vil revurdere krav, konseptvalg og design basert på læring fra prototype 1. Prototype 2 vil ikke være et helt nytt system, men vil bygge videre på prototype 1 med de designendringene vi ser på som hensiktsmessige. Dette kan være små og store endringer, som enten retter opp i funksjoner/mekanismer som ikke fungerte som planlagt eller endringer som legger til funksjoner og oppfyller krav med lavere prioritet. Etter milepælen prototype 2, ønsker vi ikke å gjøre store designendringer på systemet, men fokusere på testing og mindre justeringer for å få systemet slik det er ved det tidspunktet til å fungere optimalt.

5. Ansvarsfordeling i gruppen

Ansvarsfordelingen i gruppen er vist i gruppeoversikten og nedenfor. Vi har som plan å fordele arbeidsoppgaver innenfor alle ansvarsområder mellom alle på gruppa, slik at alle utfører de forskjellige typene oppgaver. Ansvarsfordelingen er tilstede for at ett gruppemedlem skal ha et ekstra ansvar for at oppgaver innenfor sitt ansvarsområde blir utført, og følge opp arbeidsoppgaver innenfor området. Det er også gruppemedlemmets ansvar å ta opp saker som faller innenfor gruppemedlemmets ansvarsområde, og passe på at området blir tatt hensyn til i oppgavefordeling og fremdrift. Et gruppemedlem skal ikke nødvendigvis arbeide noe mer med oppgaver innenfor sitt område enn andre, men skal passe på at oppgavene innenfor området blir utført. Nedenfor beskrives kort hva vi legger i de ulike ansvarsområdene.

Gruppeleder (John Kristiansen)

- Gruppeleder har ansvar for kommunikasjon utenfor gruppen, som med f.eks. veiledere.
- Gruppeleder har også ansvar for oppgavefordeling og den overordnede fremdriften i prosjektet.

System- og integrasjonsansvarlig (Simen Tråstadkjølen)

- System- og integrasjonsansvarlig har et overordnet ansvar for den tekniske siden ved prosjektet.
- System- og integrasjonsansvarlig har ansvar for å koordinere de ulike sub-systemene og grensesnittene mellom hvert fagområdene.

Økonomi og innkjøp (Tobias Nilsen)

- Økonomi- og innkjøpsansvarlig har ansvar for regnskapsføring og fordeling av gruppens budsjett.

Krav- og nettsideansvarlig (Ole Christian W. Koplund)

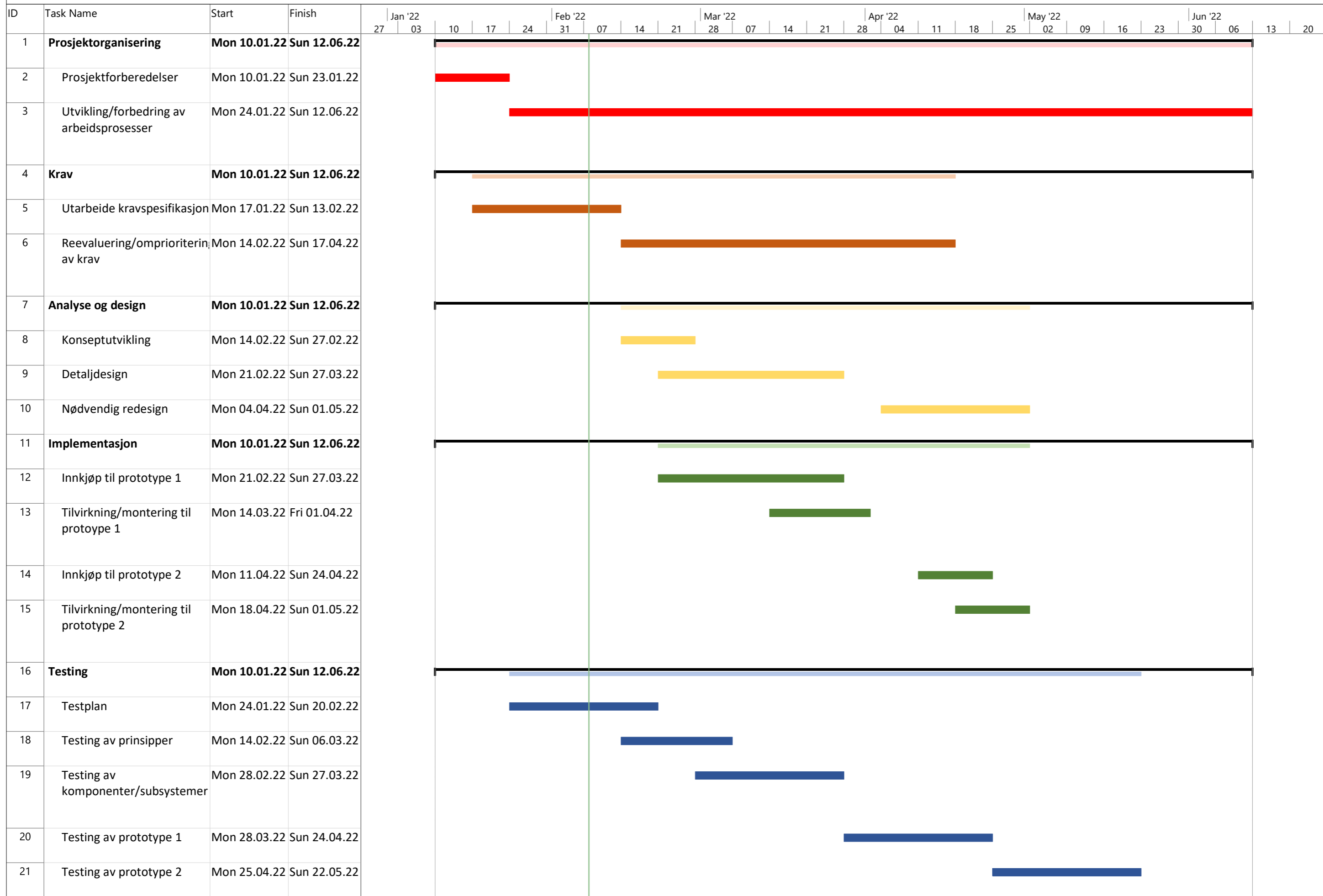
- Krav- og nettsideansvarlig har ansvar for kravspesifikasjonen, oppdatering av den, og at arbeidet er rettet mot å oppfylle prioriterte krav.
- Krav- og nettsideansvarlig er også ansvarlig for prosjektets nettside, og oppdatering av denne.

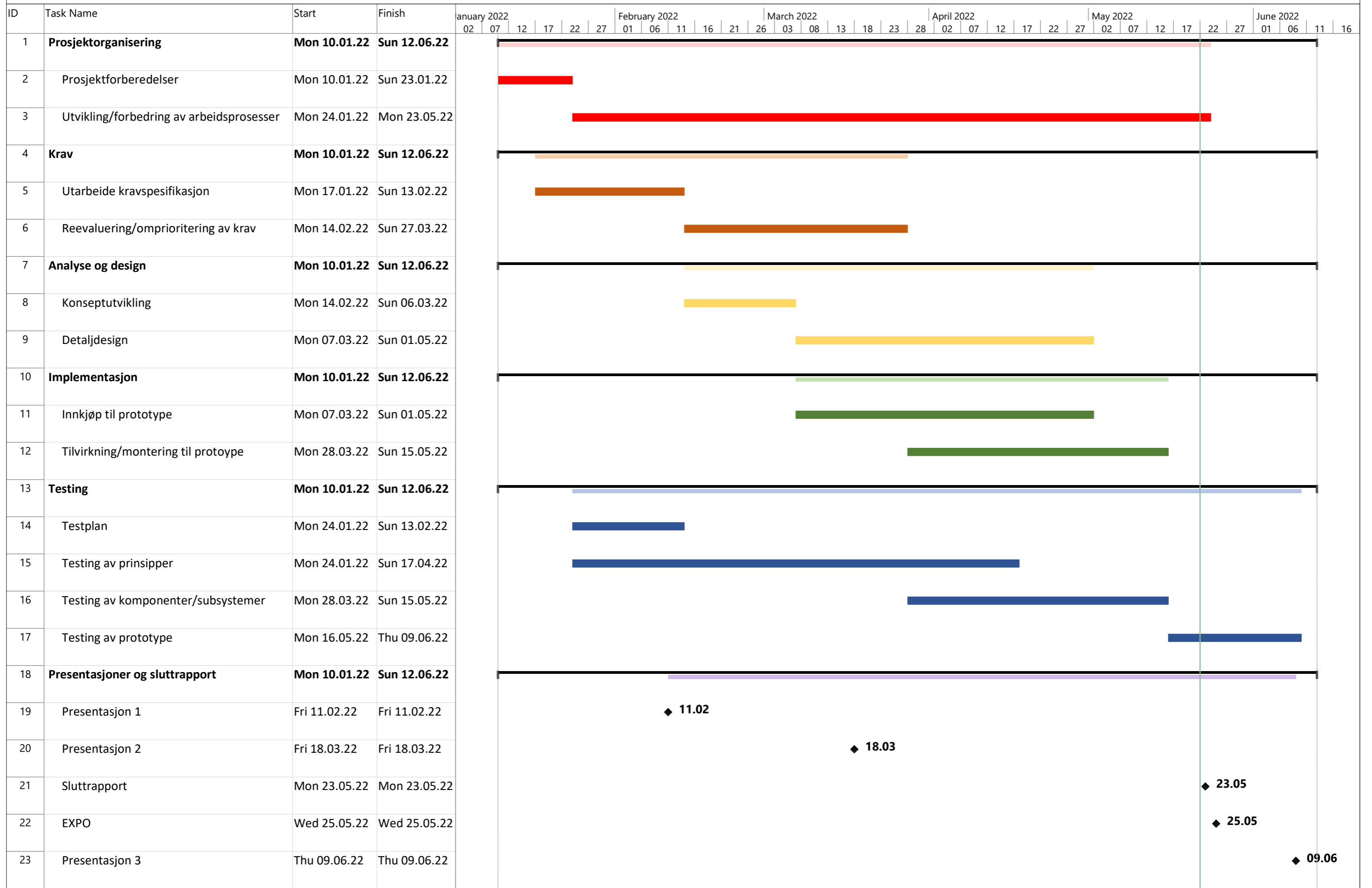
Dokumentasjonsansvarlig (Martin Slettedal)

- Dokumentasjonsansvarlig har ansvar for mappestruktur, filnavn og revisjoner av dokumenter.

Test- og risikoansvarlig (Christoffer Mehren)

- Test- og risikoansvarlig har ansvar for testplanen, samt gjennomføring og dokumentering av tester.
- Test- og risikoansvarlig har ansvar for risikoanalyse, og vurderinger av ulike risikoer underveis i prosjektet.





RA001 – Risikoanalyse

Dokumentbeskrivelse

Dette dokumentet inneholder en analyse av risikoer i prosjektet. Analysen utarbeides ved hjelp av sannsynlighet og konsekvens for hvert enkelt scenario.

Revisjon	Skrevet av	Dato	Godkjent av
B	Tobias Nilsen	04.04.2022	Christoffer Mehren

Innhold

1. Introduksjon	3
2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter	3
2.1 Dokumenthistorie	3
2.2 Refererte dokumenter	3
3. Risikoanalyse og risikofaktor	4
4. Overordnet risikoanalyse	4
4.1 Prosjektrisiko	4
4.2 Teknisk risiko	4

Tabelliste

Tabell 1: Sannsynlighets- og konsekvensfaktor.	4
Tabell 2: Graden av totalrisiko og beskrivelse av den oppgitte risikofaktoren.....	4
Tabell 3: Sannsynlighet ganget med konsekvens gir totalrisikoen for hvert enkelt scenario. ..	5
Tabell 4: Forkortelser for begreper brukt i risikoanalysens tabeller.	5
Tabell 5: Prosjektrisikoer som vil/kan oppstå.	5
Tabell 6: Tekniske risikoer som vil/kan oppstå.	6

1. Introduksjon

Risikoanalyse er et viktig verktøy i bachelorprosjektet. Dette er for å gjøre prosjektets medlemmer oppmerksomme på de forskjellige risikoene som prosjektet inneholder. Hvis noen av risikoene inntreffer, vil det ha konsekvenser for prosjektets fremgang. Derfor er det viktig å vite hvilke situasjoner som kan forekomme og hvordan de skal håndteres tidlig i prosjektet. Det kan være risikoer rundt enkelte gruppedlemmer, hele gruppen og blant interne og eksterne veiledere. De tekniske risikoene rundt prosjektet vil også bli vurdert i dette dokumentet.

2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter

2.1 Dokumenthistorie

Revisjon	Beskrivelse	Dato
A	Opprettet	18.03.2022
B	Endret tabell 5: <ul style="list-style-type: none"> - Fjernet dødtid - Endret sykdom under <i>risiko</i> til «forsinkelser i arbeidet» fra skrivefeil. 	04.04.2022

2.2 Refererte dokumenter

Tittel	Revisjon	Utgiver

3. Risikoanalyse og risikofaktor

I en risikoanalyse er det viktig å redegjøre for alvorligheten av risikoen og sannsynligheten for at den inntreffer. Man bør da finne ut hva risikoen er, sannsynligheten, konsekvensen og tiltaket man iverksetter.

Tabell 1: Sannsynlighets- og konsekvensfaktor.

Sannsynlighetsfaktor / konsekvensfaktor
1 Lav
2 Middels
3 Høy
4 Svært høy

Tabell 2: Graden av totalrisiko og beskrivelse av den oppgitte risikofaktoren.

Total risikofaktor	Beskrivelse av risikofaktor
(1-4) Lav	Ingen eller lav risiko
(5-8) Middels	Tiltak burde vurderes
(9-12) Høy	Tiltak er nødvendig
(13-16) Svært høy	Umiddelbare tiltak er nødvendig

4. Overordnet risikoanalyse

Nedenfor vil man kunne se en sammensatt tabell av konsekvens og sannsynlighet for at det gitte scenarioet vil skje. Totalrisikoen er resultatet av å gange sannsynligheten med konsekvensen. Tabellene er også fargekodet for å gi en indikasjon av alvorlighetsgraden. Vi må skille mellom risikoanalyse for selve prosjektet og teknisk del. Derfor er de delt opp i forskjellige risikoanalyser.

4.1 Prosjektrisiko

Prosjektrisiko viser til risikoene innad i prosjektet. Dette kan være risiko fra gruppe-medlemmer til eksterne risikoer. Det er viktig å få analysert prosjektrisikoer tidlig i prosjektet, så vi vet hvordan vi kan forholde oss til konsekvensen og hvordan vi kan løse det.

4.2 Teknisk risiko

Teknisk risiko er risikoen til vår løsning på produktet. Den omhandler også kravene som er satt av bedriften og tekniske utfordringer på veien mot sluttproduktet. Vi må se på dette tidlig i prosjektet for å se om vi må gjøre endringer.

Tabell 3: Sannsynlighet ganget med konsekvens gir totalrisikoen for hvert enkelt scenario.

Sannsynlighet → Konsekvens ↓	1 (Lav)	2 (Middels)	3 (Høy)	4 (Svært høy)
1 (Lav)	1	2	3	4
2 (Middels)	2	4	6	8
3 (Høy)	3	6	9	12
4 (Svært høy)	4	8	12	16

Tabell 4: Forkortelser for begreper brukt i risikoanalysens tabeller.

Risikofaktor	RF
Sannsynlighet	S
Konsekvens	K

Tabell 5: Prosjektrisikoen som vil/kan oppstå.

Hva:	Risiko	S	K	RF	Tiltak:
Frister.	Forsinkelser i progresjon.	2	4	8	Bli bevisst på egen tidsbruk, løse problemet i plenum.
Sykdom.	Frafall i prosjektet.	3	2	6	Fordeling av arbeid så det kan gjøres hjemme.
Konflikter.	Kan utvikle seg til uvennskap som kan bidra til dårligere samhold.	2	3	6	Prate om situasjonen slik at konflikter ikke oppstår igjen.
Uenigheter.	Det oppstår en uenighet om en avgjørelse som blir tatt i prosjektet	3	1	4	Avstemming for å komme frem til den beste mulige løsningen.
Gruppe-medlem slutter.	Mister arbeidskraft og kompetanse.	1	4	4	Fordele oppgaver.

Tabell 6: Tekniske risikoer som vil/kan oppstå.

Hva	Risiko	S	K	RF	Tiltak
Komponenter ryker under testing.	Forsinkelser i prosjektet.	4	3	12	Kjøre disse så fort som mulig eller kjøpe flere av deler som er sannsynlig for å ryke.
Ingen tilgjengelig deler.	Prosjektet kan potensielt stå stille en periode.	3	3	9	Prøve å 3D-printe selv, eller lage på andre måter.
Svakt design.	Komponent som er designet av oss fungerer ikke optimalt til bruket.	2	4	8	Lage nytt design.
Feil komponent kjøpt inn.	Forsinkelse i prosjektet.	2	3	6	Nytt innkjøp (kanskje lokalt).
Arbeidsverktøy ryker under konstruksjon av deler.	Forsinkelser i prosjektet ettersom nytt verktøy må kjøpes.	3	2	6	Kjøpe nytt.
Softwarefeil.	Forsinkelse i prosjektet og/eller stopp i prosjektet.	2	3	6	Teste koden oftere.
Defekte deler fra innkjøp.	Forsinkelse i prosjektet.	1	4	4	Nytt innkjøp.
Feil informasjon som gis til leverandør.	Kan føre til unødvendig dyr del eller feil toleranser.	1	3	3	Være bevisst på dette fremover.
3D printer blir ødelagt.	Får ikke laget komponenter.	1	3	3	Skolen har flere vi kan bruke.

KS001- Kravspesifikasjon

Dokumentbeskrivelse

Dette dokumentet beskriver systemet som skal utvikles i bachelorprosjektet, og lister opp systemkrav og deres prioritet.

Revisjon	Skrevet av	Dato	Godkjent av
B	Ole Christian W. Kopland	17.02.2022	Martin Slettedal

Innhold

1. Introduksjon	3
2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter	4
2.1 Dokumenthistorie	4
2.2 Refererte dokumenter	4
3. Oppgavedefinisjon.....	5
4. Krav.....	5
4.1 Funksjonelle krav	6
4.1 Ikke-funksjonelle krav	14

Figurliste:

Figur 1: Forenklet 3D-modell.....	3
Figur 2: Grunnleggende modell over systemet.....	5

Tabelliste:

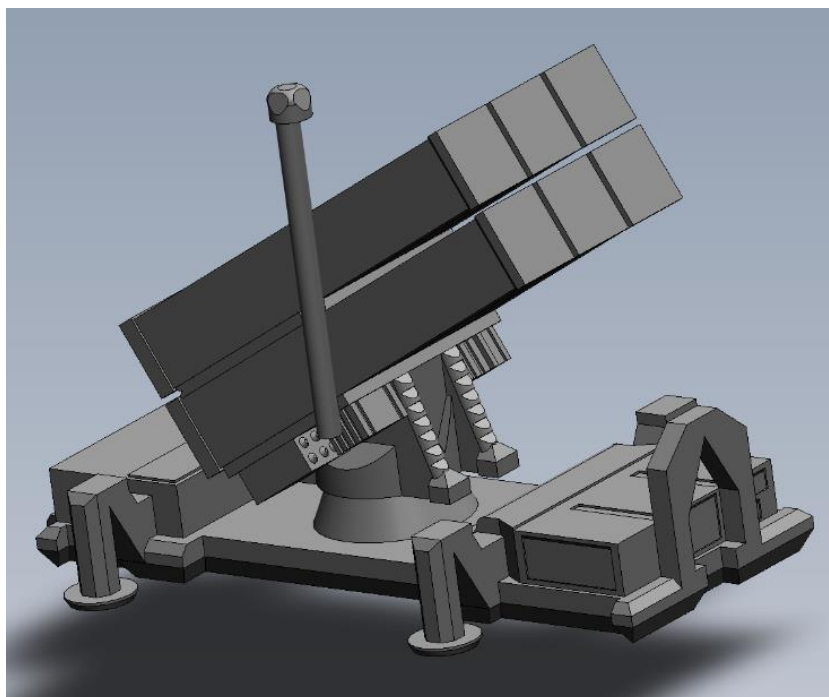
Tabell 1: FK1-0 – Formlikhet.....	6
Tabell 2: FK2-0 – Statisk base og roterende toppstruktur.	6
Tabell 3: FK3-0 – Rotasjon i begge retninger.	6
Tabell 4: FK3-1 – Rotasjon $\pm 360^\circ$ fra startpunkt.	7
Tabell 5: FK4-0 – 6 prosjektiler i toppstruktur.	7
Tabell 6: FK4-1 – Utløse 6 prosjektiler fra toppstruktur.	7
Tabell 7: FK4-2 - Justere prosjektilets rekkevidde som en funksjon av kraft.....	8
Tabell 8: FK4-3 – Rekkevidde.....	8
Tabell 9: FK4-4 – Presisjon.....	8
Tabell 10: FK5-1 – Elevasjon.....	9
Tabell 11: FK6-0 – Operatør skal kunne styre systemet gjennom et GUI.	9
Tabell 12: FK6-1 – Operatør må kunne styre systemet uten utløsning.	9
Tabell 13: FK6-2 - Operatør må kunne styre systemet med utløsning.	10
Tabell 14: FK6-3 – Sekvensiell utløsning.	10
Tabell 15: FK6-4 – GUI status.	10
Tabell 16: FK6-5 – Status for canister.....	11
Tabell 17: FK6-6 – Status for elevasjon og rotasjon.	11
Tabell 18: FK6-7 – Loggføring.....	11
Tabell 19: FK7-0 – Mekanisk sikring.	12
Tabell 20: FK7-1 – Elektrisk sikring.	12
Tabell 21: FK7-2 – Indikasjon av operativ status.....	12
Tabell 22: FK8-0 – Systemlengde.	13

Tabell 23: FK8-1 – Systemets vekt.....	13
Tabell 24: FK8-2 – Farge.	13
Tabell 25: IFK1-0 - Systemet skal være standalone fra eksisterende KDA produkter.	14
Tabell 26: IFK2-0 – Utvikling med kommersielt tilgjengelig komponenter.....	14
Tabell 27: IFK3-0 – HMS.	14
Tabell 28: IFK4-0 – Dokumentasjon av digital interface.	15
Tabell 29: IFK5-0 – Teknisk brukerveiledning.....	15

1. Introduksjon

Project Mini Launcher er et prosjekt som Kongsberg Defence & Aerospace (KDA) har tatt frem som bacheloroppgave våren 2022. Målet med oppgaven er at studentene skal designe og bygge en Mini Launcher i forminskert skala med kommersielt tilgjengelige komponenter og 3D-printing.

Systemet skal styres via en ekstern PC og skal kunne rotere, elevare og utløse totalt seks prosjektiler. Studentene skal ta utgangspunkt i en forenklet 3D-modell gitt av KDA. Designendringer, tilpasninger og modifikasjoner på modell må studentene selv implementere basert på valg av komponenter, mekanismer og funksjoner.



Figur 1: Forenklet 3D-modell

2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter

2.1 Dokumenthistorie

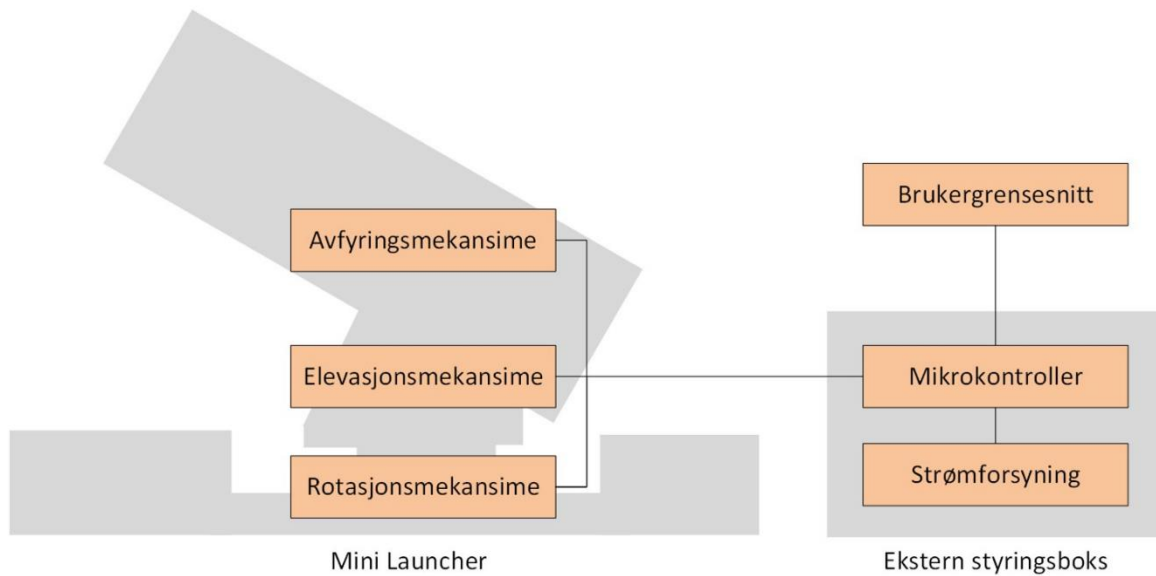
Revisjon	Beskrivelse	Dato
A	Opprettelse/første utgave	07.02.2022
B	<p>Lagt til en «Skrevet av» under tabellen på forside.</p> <p>Krav FK4-3 endret:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fra: Systemet skal kunne treffe et mål innenfor 30 cm med 10 meters avstand – Til: Systemets prosjektiler skal kunne utløses mot mål innenfor avstander mellom 3 meter og 10 meter fra systemet <p>Krav FK3-1 endret:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fra: Systemets toppstruktur skal rotere $\pm 360^\circ$. – Til: Systemets toppstruktur struktur skal rotere $\pm 360^\circ$ fra startpunkt. <p>Krav FK6-4 endret prioritering fra B til A.</p> <p>Krav FK4-0 endret prioritering fra B til A.</p>	17.02.2022

2.2 Refererte dokumenter

Tittel	Revisjon	Utgiver
TP001 - Testplan	D	Bachelorgruppe 10

3. Oppgavedefinisjon

Oppgaven går ut på å lage en Mini Launcher som skal tilfredsstille kravene gitt av KDA. Figur 2 viser en grunnleggende modell over systemet.



Figur 2: Grunnleggende modell over systemet

4. Krav

Kravene består av funksjonelle og ikke-funksjonelle krav. Kravene har prioritet A, B eller C. Krav med prioritet A anses som skal-krav/minstekrav som må oppfylles for at systemet skal besvare oppgaven. Krav med prioritet B er skal-krav som bør oppfylles for at systemet skal være en god besvarelse av oppgaven. Krav med prioritet C er skal-krav med lavere prioritet enn B-krav, og er å anse som en utvidelse av oppgaven.

Krav verifiseres med tester beskrevet i TP001 – Testplan. Test-ID i kravlisten viser til test eller tester som må godkjennes for at kravet skal være verifisert.

4.1 Funksjonelle krav

Tabell 1: FK1-0 – Formlikhet.

Krav-ID	Prioritet	Utsteder
FK1-0	A	KDA
Beskrivelse: Systemet skal være formlik 3D-modell gitt av KDA.		
Test-ID	T1-0	

Tabell 2: FK2-0 – Statisk base og roterende toppstruktur.

Krav-ID	Prioritet	Utsteder
FK2-0	A	KDA
Beskrivelse: Systemet skal bestå av en statisk base og en roterende toppstruktur.		
Test-ID	T3-0	

Tabell 3: FK3-0 – Rotasjon i begge retninger.

Krav-ID	Prioritet	Utsteder
FK3-0	A	KDA
Beskrivelse: Systemets toppstruktur skal kunne rotere i begge retninger.		
Test-ID	T3-0	

Tabell 4: FK3-1 – Rotasjon $\pm 360^\circ$ fra startpunkt.

Krav-ID	Prioritet	Utsteder
FK3-1	A	KDA
Beskrivelse: Systemets toppstruktur skal rotere $\pm 360^\circ$ fra startpunkt.		
Test-ID	T3-0	

Tabell 5: FK4-0 – 6 prosjektiler i toppstruktur.

Krav-ID	Prioritet	Utsteder
FK4-0	A	KDA
Beskrivelse: Systemet skal ha seks (6) prosjektiler i toppstruktur.		
Test-ID	T4-0	

Tabell 6: FK4-1 – Utløse 6 prosjektiler fra toppstruktur.

Krav-ID	Prioritet	Utsteder
FK4-1	A	KDA
Beskrivelse: Systemet skal kunne utløse seks (6) prosjektiler fra toppstruktur.		
Test-ID	T4-0	

Tabell 7: FK4-2 -Justere prosjektilets rekkevidde som en funksjon av kraft.

Krav-ID	Prioritet	Utsteder
FK4-2	C	KDA
Beskrivelse: Systemet skal kunne justere prosjektilets rekkevidde som en funksjon av kraft.		
Test-ID	T4-2	

Tabell 8: FK4-3 – Rekkevidde.

Krav-ID	Prioritet	Utsteder
FK4-3	A	KDA
Beskrivelse: Systemets prosjektiler skal kunne utløses mot mål innenfor avstander mellom 3 meter og 10 meter fra systemet.		
Test-ID	T4-4	

Tabell 9: FK4-4 – Presisjon.

Krav-ID	Prioritet	Utsteder
FK4-4	B	KDA
Beskrivelse: Systemet skal kunne treffe et mål innenfor en radius på 30 cm med 10 meters avstand.		
Test-ID	T4-6	

Tabell 10: FK5-1 – Elevasjon.

Krav-ID	Prioritet	Utsteder
FK5-1	B	KDA
Beskrivelse: Systemets toppstruktur skal kunne elevere og de-elevere fra 0-40 grader.		
Test-ID	T5-0	

Tabell 11: FK6-0 – Operatør skal kunne styre systemet gjennom et GUI.

Krav-ID	Prioritet	Utsteder
FK6-0	A	KDA
Beskrivelse: Systemet skal styres av en operatør fra en ekstern PC via et grafisk brukerinterface (GUI).		
Test-ID	T6-0	

Tabell 12: FK6-1 – Operatør må kunne styre systemet uten utløsning.

Krav-ID	Prioritet	Utsteder
FK6-1	A	KDA
Beskrivelse: Operatør skal kunne styre systemets toppstruktur til bestemt posisjon uten utløsning av prosjektil.		
Test-ID	T6-2	

Tabell 13: FK6-2 - Operatør må kunne styre systemet med utløsning.

Krav-ID	Prioritet	Utsteder
FK6-2	A	KDA
Beskrivelse: Operatør skal kunne styre systemets toppstruktur til bestemt posisjon og utløse prosjektil.		
Test-ID	T6-2	

Tabell 14: FK6-3 – Sekvensiell utløsning.

Krav-ID	Prioritet	Utsteder
FK6-3	B	KDA
Beskrivelse: Operatør skal kunne styre systemet til flere posisjoner og utløse flere prosjektiler i en sekvensiell operasjon.		
Test-ID	T6-3	

Tabell 15: FK6-4 – GUI status.

Krav-ID	Prioritet	Utsteder
FK6-4	A	KDA
Beskrivelse: GUI skal vise informasjon om systemets operative status.		
Test-ID	T6-4	

Tabell 16: FK6-5 – Status for canister.

Krav-ID	Prioritet	Utsteder
FK6-5	B	KDA
Beskrivelse: GUI skal vise status om hver «canister».		
Test-ID	T6-5	

Tabell 17: FK6-6 – Status for elevasjon og rotasjon.

Krav-ID	Prioritet	Utsteder
FK6-6	B	KDA
Beskrivelse: GUI skal vise informasjon om systemets retning (azimuth og elevasjon).		
Test-ID	T6-6	

Tabell 18: FK6-7 – Loggføring.

Krav-ID	Prioritet	Utsteder
FK6-7	C	KDA
Beskrivelse: GUI skal vise informasjon om og/eller loggføre tidligere fyringer.		
Test-ID	T6-7	

Tabell 19: FK7-0 – Mekanisk sikring.

Krav-ID	Prioritet	Utsteder
FK7-0	A	KDA
Beskrivelse: Systemet skal ha en ren mekanisk sikring av prosjektiler.		
Test-ID	T7-1	

Tabell 20: FK7-1 – Elektrisk sikring.

Krav-ID	Prioritet	Utsteder
FK7-1	B	KDA
Beskrivelse: Systemet skal ha en elektrisk bryter for sikring av prosjektiler.		
Test-ID	T7-2	

Tabell 21: FK7-2 – Indikasjon av operativ status.

Krav-ID	Prioritet	Utsteder
FK7-2	B	KDA
Beskrivelse: Systemet skal visuelt indikere systemets operative status.		
Test-ID	T7-3	

Tabell 22: FK8-0 – Systemlengde.

Krav-ID	Prioritet	Utsteder
FK8-0	B	KDA
Beskrivelse: Systemets lengde skal ikke overstige 500 mm.		
Test-ID	T1-0	

Tabell 23: FK8-1 – Systemets vekt.

Krav-ID	Prioritet	Utsteder
FK8-1	B	KDA
Beskrivelse: Systemets totalvekt skal ikke overstige '2-man lift' i MIL-STD-1472G.		
Test-ID	T8-2	

Tabell 24: FK8-2 – Farge.

Krav-ID	Prioritet	Utsteder
FK8-2	B	KDA
Beskrivelse: Systemet skal ha olivengrønn eller sand-farge.		
Test-ID	T8-3	

4.1 Ikke-funksjonelle krav

Tabell 25: IFK1-0 - Systemet skal være standalone fra eksisterende KDA produkter.

Krav-ID	Prioritet	Utsteder
IFK1-0	A	KDA
Beskrivelse: Systemet skal være standalone fra eksisterende KDA produkter.		
Test-ID		

Tabell 26: IFK2-0 – Utvikling med kommersielt tilgjengelig komponenter.

Krav-ID	Prioritet	Utsteder
IFK2-0	A	KDA
Beskrivelse: Systemet skal utvikles med kommersielt tilgjengelig komponenter som studiested/studentene står for.		
Test-ID		

Tabell 27: IFK3-0 – HMS.

Krav-ID	Prioritet	Utsteder
IFK3-0	A	KDA
Beskrivelse: Systemet skal ikke være en risiko for helse, miljø og sikkerhet.		
Test-ID		

Tabell 28: IFK4-0 – Dokumentasjon av digital interface.

Krav-ID	Prioritet	Utsteder
IFK4-0	A	KDA
Beskrivelse: Interface mellom det fysiske systemet og ekstern PC skal dokumenteres.		
Test-ID		

Tabell 29: IFK5-0 – Teknisk brukerveiledning.

Krav-ID	Prioritet	Utsteder
IFK5-0	B	KDA
Beskrivelse: Systemet skal ha en teknisk brukerveiledning.		
Test-ID		

TP001- Testplan

Dokumentbeskrivelse

Dette dokumentet beskriver hvordan systemet skal testes for å verifisere kravene i kravspesifikasjonen (KS001). Den spesifiserer testmetoder og hvorfor samt hvordan testingen skal utføres.

Revisjon	Skrevet av	Dato	Godkjent av
D	Martin Slettedal	13.04.2022	Christoffer Mehren

Innhold

1. Introduksjon	4
2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter	4
2.1 Dokumenthistorie	4
2.2 Refererte dokumenter	4
3. Verifikasjonsmetoder	5
3.1 Inspeksjon	5
3.2 Demonstrasjon	5
3.3 Måling	5
3.4 Analyse	5
4. Dokumentering av gjennomførte tester	6
4.2 Mal og eksempel på gjennomført test	7
5. Testplan	8
T1-0	9
T3-0	9
T4-0	10
T4-2	10
T4-4	11
T4-6	11
T5-0	12
T6-0	12
T6-2	13
T6-3	13
T6-4	14
T6-5	14
T6-6	14
T6-7	15
T7-1	15
T7-2	15
T7-3	16
T8-2	16
T8-3	17
6. Vedlegg	17

Figurliste

Figur 1: Illustrasjon på dokumentering av testing/verifikasjon.	6
Figur 2: BLD01 - Første forslag til GUI.	18

Tabelliste

Tabell 1: Teststatuser.	7
Tabell 2: Mal for gjennomført test.	7
Tabell 3: Eksempel på utført test.	8

1. Introduksjon

Testplanen er en plan på hvordan de ulike kravene fra kravspesifikasjonen (KS001) skal bli testet og verifisert. Testplanen skal sikre at vi oppfyller kravene som er gitt av oppdragsgiver. Testplanen lister opp testene vi skal utføre, og hvordan vi vil dokumentere gjennomførte tester og resultater.

2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter

2.1 Dokumenthistorie

Revisjon	Beskrivelse	Dato
A	Opprettet/første utgave.	07.02.2022
B	Endret testmetode fra instrumentert test til måling. Skrev om avsnitt 3.3 måling. Endret på avsnitt 4 dokumentering av gjennomførte tester. Fjernet setning om at flere verifikasjonsmetoder er nødvendig for å verifisere et krav. Planlagte tester: <ul style="list-style-type: none"> - Fjernet overflødige tester. - Lagt til felt for «fremgangsmåte». - Lagt til felt for «kriterium». Lagt til vedlegg for T1-0 og T6-5.	18.02.2022
C	Endret på celle "endring" til "skrevet av". Endret på tabell for planlagte tester. <ul style="list-style-type: none"> - Byttet ut resultatform med krav. - Fjernet krav som står nederst i tabellen. - Gjort tabellen mer kompakt. 	23.02.2022
D	Endret en skrivefeil etter tilbakemelding.	13.04.2022

2.2 Refererte dokumenter

Tittel	Revisjon	Utgiver
KS001 – Kravspesifikasjon	A	Bachelorgruppe 10

3. Verifikasjonsmetoder

Verifikasjonsmetodene er de ulike måtene vi skal verifisere kravene. De fire forskjellige verifikasjonsmetodene vi skal bruke er:

- Inspeksjon
- Demonstrasjon
- Måling
- Analyse

Én test kan potensielt verifisere flere krav.

3.1 Inspeksjon

Inspeksjon er en form for verifikasjon som innebærer å observere det fysiske systemet, komponenter eller sub-systemer i statisk tilstand. Dette kan for eksempel være at man ser at man har en brukermanual og at innholdet er riktig, eller å inspisere at Mini Launcher har bunnstruktur, midtstruktur og toppstruktur. Inspeksjon kan brukes for ja eller nei-krav og tallfestede krav.

3.2 Demonstrasjon

Demonstrasjon er en form for funksjonstesting. Det innebærer at man demonstrerer en spesifikk funksjon som produktet skal ha. Man kan her for eksempel demonstrere at systemet, sub-systemet eller komponenten fungerer som den skal. Eksempler kan være at vi demonstrerer at Mini Launcheren kan avfyre prosjektiler, at toppstrukturen kan rotere og elevere, eller avfyre prosjektil og deretter rotere og avfyre i en sekvens. Demonstrasjon er typisk for ja eller nei-krav.

3.3 Måling

Måling er en form for testing. Testingen kan være instrumentert eller fysisk. Instrumentert test involverer at man utfører målinger ved hjelp av ulike instrumenter. Eksempler kan være å bruke instrumenter for å måle tid, hastighet og temperatur. Det kan også brukes et multimeter for å lese av verdier for resistans, strøm og spenning. Fysisk måling innebærer å bruke et verktøy som målebånd, tommestokk eller skyvelære for å måle en fysisk lengde. Eksempel kan være å måle hvor langt systemet kan avfyre et prosjektil. Måling er typisk for tallfestede krav.

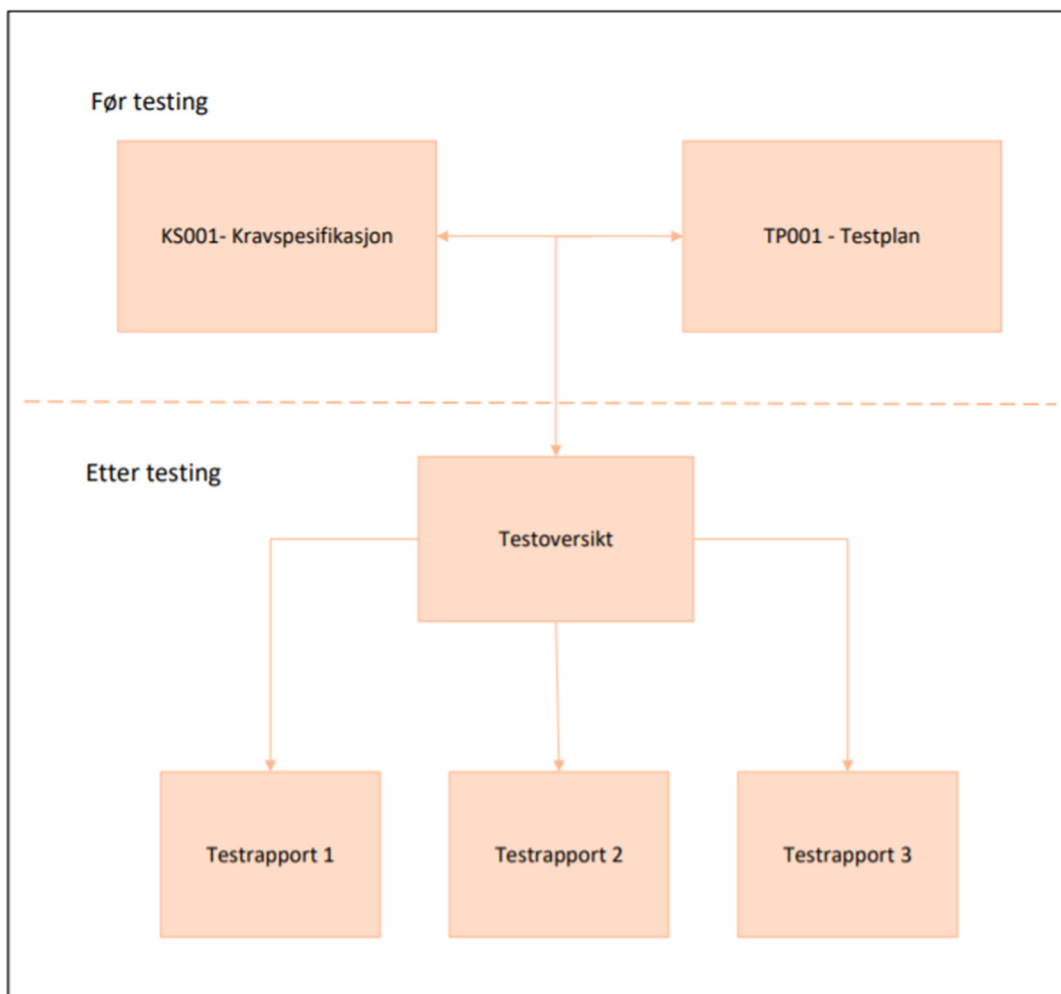
3.4 Analyse

Analyse innebærer å utføre teoretiske beregninger. Dette kan være enkle utregninger for hånd, eller simuleringer ved hjelp av dataverktøy. Et eksempel på analyse kan være en FEM-analyse med dataverktøy. Analysering og simulering er teoretisk og er ikke nødvendigvis i samsvar med virkeligheten. Det vil alltid være litt forskjell fra en analyse og en fysisk test. Analyse skal brukes der demonstrasjon, inspeksjon eller måling ikke er mulig å gjennomføre.

4. Dokumentering av gjennomførte tester

Dokumentasjonen vil bestå av en fullstendig testoversikt med alle gjennomførte tester. Den vil også inneholde statusen på den aktuelle testen og testrapporter der det er hensiktsmessig.

Testoversikten inneholder informasjon om den utførte testen. Testrapportene ligger i testoversikten. En testrapport er et dokument som utdyper mer om testen. Det kan være lurt å ha ved komplekse tester som for eksempel FEM-analyse rapporter.



Figur 1: Illustrasjon på dokumentering av testing/verifikasjon.

Klassifiseringen av statusen er gitt ved tabell 3. Her vises det ekstra tydelig med en fargekode.

Tabell 1: Teststatuser.

Status	Beskrivelse
Godkjent	Kriterier til testresultater er oppfylt. Ingen endringer nødvendig.
Delvis godkjent	Kriterier til testresultater er delvis/nesten oppfylt. Hvorvidt endringer er nødvendig avklares med oppdragsgiver.
Ikke godkjent	Kriterier til testresultater er ikke oppfylt. Endringer og ny test er nødvendig for godkjenning.

4.2 Mal og eksempel på gjennomført test

Mal for dette er vist nedenfor. I feltet «Referanse» fylles en eventuell testrapports dokument-ID inn. Testrapporter er fullstendige rapporter som forklarer nærmere detaljer rundt gjennomføringer og måleresultater. Dette vil typisk være hensiktsmessig for analyser og instrumentert testing.

Tabell 2: Mal for gjennomført test.

Test ID	Status	Referanse
TX-X	Godkjent/Delvis godkjent/Ikke godkjent	Dokument som hører til.
Krav ID: «FK-01» (kan legge til flere om testen går over flere krav)		
Testmetode: Inspeksjon / Analyse / Instrumentering / Demonstrering		
Beskrivelse: Beskrivelse av hvordan testen skal gjennomføres, og kriterier til godkjent resultat.		
Utstyr: Utstyret som blir brukt i testen.		
Resultat: Resultatet av testen.		
Dato	Dato for gjennomført test	
Utført av	Personen som utførte testen	
Godkjent av	Personen som godkjente testen	

Tabell 3: Eksempel på utført test.

Test ID	Status	Referanse
I1	Godkjent	-
Krav ID: FK4-0		
Testmetode: Inspeksjon		
Beskrivelse: Se om systemet har (6) prosjektiler i toppstruktur.		
Utstyr: Observasjon		
Resultat: Systemet har (6) prosjektiler i toppstruktur.		
Dato	28.02.2022	
Utført av	Tobias Nilsen	
Godkjent av	Martin Slettedal	

5. Testplan

Under har vi laget en tabell for planlagte tester vi skal gjennomføre. Testplanen er organisert på en måte som gjør at det er enkelt å se hvilke krav som inngår i testen som skal gjennomføres.

Test- ID sier hvilken test det er. Testmetoden viser om det for eksempel er en demonstrasjon. Krav sier hvilke krav testen verifiserer. Beskrivelsen er i korte trekk hvordan testen gjennomføres. Fremgangsmåten viser stegvis hvordan vi har tenkt til å gå frem for å få gjennomført testen. Kriterium er det som må oppfylles for å verifisere kravet.

T1-0

Test-ID	Testmetode	Krav
T1-0	Måling	FK1-0 Systemet skal være formlik 3D-modell gitt av KDA. FK8-0 Systemets lengde skal ikke overstige 500 mm.
Beskrivelse: Måle hovedgeometri og sammenligne med skalerte mål fra KDA's 3D-modell.		
Fremgangsmåte: Ta mål som er vist i vedlegg. Sammenlign med dimensjonene i vedlegget.		
Kriterium: Mål som skal tas vil avklares senere i et eget dokument. Alle kritiske mål må være innenfor.		

T3-0

Test-ID	Testmetode	Krav
T3-0	Demonstrasjon	FK2-0 Systemet skal bestå av en statisk base og en roterende toppstruktur. FK3-0 Systemets toppstruktur skal kunne rotere i begge retninger. FK3-1 Systemets toppstruktur skal rotere $\pm 360^\circ$ fra startpunkt.
Beskrivelse: Rotere toppstruktur fra maksimal negativ rotasjon (-360°) til maksimal positiv rotasjon (360°).		
Fremgangsmåte: Aktivere systemet Gi kommando gjennom GUI for -360 grader rotasjon. Gi kommando om å returnere til startpunkt. Gi kommando om å gå til $+360$ grader. Gi kommando om å returnere til startpunkt. Etter hver rotasjonskommando skal man kontrollere at det markerte punktet på roterende toppstruktur er innenfor felt på statisk base.		
Kriterium: Skal rotere til gitt rotasjonskommando. Markert punkt skal alltid være innenfor felt.		

T4-0

Test-ID	Testmetode	Krav
T4-0	Demonstrasjon	FK4-0 Systemet skal ha seks (6) prosjektiler i toppstruktur. FK4-1 Systemet skal kunne utløse seks (6) prosjektiler fra toppstruktur.
Beskrivelse: Demonstrere at systemet kan utløse seks prosjektiler.		
Fremgangsmåte: Aktivere systemet. Gi kommando om avfiring av 6 prosjektiler gjennom GUI.		
Kriterium: Alle 6 prosjektiler skal avfyres.		

T4-2

Test-ID	Testmetode	Krav
T4-2	Demonstrasjon	FK4-2 Systemet skal kunne justere prosjektillets rekkevidde som en funksjon av kraft.
Beskrivelse: Demonstrasjon av systemets evne til å avfyre prosjektiler til ulike avstander basert på justeringer i kraften.		
Fremgangsmåte: Aktivere systemet Gi kommando om avfiring av et prosjektil med laveste utgangshastighet Gi kommando om avfiring av et prosjektil med høyeste utgangshastighet		
Kriterium: Prosjektil med høyere utgangshastighet skal ha lengre rekkevidde.		

T4-4

Test-ID	Testmetode	Krav
T4-4	Måling	FK4-3 Systemets prosjektiler skal kunne utløses mot mål innenfor avstander mellom 3 meter og 10 meter fra systemet.
Beskrivelse: Funksjonell test. Måle korteste mulige avfiring og lengste mulige avfiring.		
Fremgangsmåte: Aktivere systemet. Sette til laveste avfiringsvinkel (eventuell laveste avfiringshastighet). Gi kommando gjennom GUI om avfiring med laveste avfiringsvinkel (eventuell laveste avfiringshastighet). Måle korteste og lengste avfiring. Legge ut målebånd på bakke. Filme hvor prosjektilet treffer bakken.		
Kriterium: Korteste avstand skal være under 3 meter, og lengste skal være over 10 meter.		

T4-6

Test-ID	Testmetode	Krav
T4-6	Måling	FK4-4 Systemet skal kunne treffe et mål innenfor en radius på 30 cm med 10 meters avstand.
Beskrivelse: Funksjonell test. Avfiring mot målskiver i spesifisert størrelse og måle avvik.		
Fremgangsmåte: Sette opp målskiver med ulik plassering på 10 meters avstand. Aktivere systemet. Gi kommando gjennom GUI om avfiring av prosjektiler mot målskivene. Filme avfiring av prosjektiler Se hva avviket blir.		
Kriterium: 20 avfyringer skal gjennomføres. Alle prosjektiler skal treffe innenfor målskivene.		

T5-0

Test-ID	Testmetode	Krav
T5-0	Måling	FK5-1 Systemets toppstruktur skal kunne elevere og de-elevare fra 0-40 grader.
Beskrivelse: Måling av toppstrukturens evne til elevering og de-elevering.		
Fremgangsmåte: Aktivere systemet. Sette toppstruktur i nullposisjon. Elevere til maksposisjon. Måle eventuelt avvik med elektrisk vater.		
Kriterium: Nullposisjon skal være 0°. Maksposisjon skal være 40°.		

T6-0

Test-ID	Testmetode	Krav
T6-0	Demonstrasjon	FK6-0 Systemet skal styres av en operatør fra en ekstern PC via et grafisk brukergrensesnitt (GUI).
Beskrivelse: Demonstrasjon av at GUI kan styre det fysiske systemet.		
Fremgangsmåte: Åpne GUI og koble til mikrokontrolleren med Ethernetkabel. Aktiver systemet. Sett elevasjon til 20°. Sett rotasjon til 200°. Velg prosjektil nummer 3 og utløs prosjektilet.		
Kriterium: Operatørens valgte posisjon i GUI skal samsvare med det fysiske systemet. Styringen skal skje etter operatør trykker "Ok" i GUI.		

T6-2

Test-ID	Testmetode	Krav
T6-2	Demonstrasjon	FK6-2 Operatør skal kunne styre systemets toppstruktur til bestemt posisjon og utløse prosjektil. FK6-1 Operatør skal kunne styre systemets toppstruktur til bestemt posisjon uten utløsning av prosjektil.
Beskrivelse: Demonstrasjon av rotasjons-, elevasjons- og avfyringsmekanisme gjennom GUI.		
Fremgangsmåte: Åpne GUI og koble til mikrokontrolleren med Ethernetkabel. Aktiver systemet. Sett elevasjon til 20°. Sett rotasjon til 200°. Velg prosjektil nummer 3. Utløs prosjektil.		
Kriterium: Operatørens valgte posisjon i GUI skal samsvare med det fysiske systemet. Styringen skal skje kun etter operatør trykker "Avfyr" i GUI.		

T6-3

Test-ID	Testmetode	Krav
T6-3	Demonstrasjon	FK6-3 Operatør skal kunne styre systemet til flere posisjoner og utløse flere prosjektiler i en sekvensiell operasjon.
Beskrivelse: Praktisk demonstrasjon av en sekvensiell utløsning av prosjektiler mot bestemte mål.		
Fremgangsmåte: Aktiver systemet. Velg "Sekvensiell utløsning" i GUI. Sett elevasjon til 20°, og rotasjon til 200°. Velg prosjektil nummer 1. Lagre utløsning som nummer 1. Sett elevasjon til 40°, og rotasjon til 220°. Velg prosjektil nummer 2. Lagre utløsning som nummer 2. Velg utløsningsrekkefølge 1, 2. Trykk "Avfyr".		
Kriterium: Etter operatør trykker "Avfyr" skal systemet styres til utløsningsposisjon 1 og avfyre prosjektil 1. Systemet skal deretter styres til utløsningsposisjon 2 og avfyre prosjektil 2 uten videre innblanding fra operatør.		

T6-4

Test-ID	Testmetode	Krav
T6-4	Inspeksjon	FK6-4 GUI skal vise informasjon om systemets operative status.
Beskrivelse: Inspiser at GUI viser informasjon om systemets operative status.		
Fremgangsmåte: Aktiver systemet Åpne GUI på ekstern PC og se at informasjon som vises på skjermen stemmer overens med den faktiske statusen.		
Kriterium: Informasjon som vises, skal være korrekt. Status skiller med fargekode.		

T6-5

Test-ID	Testmetode	Krav
T6-5	Inspeksjon	FK6-5 GUI skal vise status om hver «canister».
Beskrivelse: Inspiser at GUI viser informasjon om hver «canister».		
Fremgangsmåte: Aktiver systemet. Se på info om hver canister.		
Kriterium: Informasjon fra GUI skal være korrekt Se vedlegg 1 om planlagt GUI-design.		

T6-6

Test-ID	Testmetode	Krav
T6-6	Inspeksjon	FK6-6 GUI skal vise informasjon om systemets retning (azimuth og elevasjon).
Beskrivelse: Inspiser at GUI viser informasjon om asimut og elevasjon.		
Fremgangsmåte: Aktiver systemet. Åpne GUI og se på informasjon om asimut og elevasjon på ekstern PC.		
Kriterium: Skal kunne se informasjon om rotasjon og elevasjon. Informasjon skal være korrekt.		

T6-7

Test-ID	Testmetode	Krav
T6-7	Inspeksjon	FK6-7 GUI skal vise informasjon om og/eller loggføre tidligere fyringer.
Beskrivelse: Inspiser at GUI viser informasjon om tidligere avfyringer.		
Fremgangsmåte: Utfør testen "T6-0". Se på logg for tidligere avfyring på ekstern pc. Verifiser at loggen stemmer.		
Kriterium: Informasjonen som vises i GUI på ekstern PC skal samsvare med utført handling.		

T7-1

Test-ID	Testmetode	Krav
T7-1	Demonstrasjon	FK7-0 Systemet skal ha en ren mekanisk sikring av prosjektiler.
Beskrivelse: Demonstrasjon av mekanisk sikrings evne til å stoppe prosjektiler.		
Fremgangsmåte: Aktiver systemet. Gi kommando om å avfyre med mekanisk sikring montert.		
Kriterium: Systemet skal ikke under noen omstendigheter kunne avfyre når sikring er montert.		

T7-2

Test-ID	Testmetode	Krav
T7-2	Demonstrasjon	FK7-1 Systemet skal ha en elektrisk bryter for sikring av prosjektiler.
Beskrivelse: Demonstrere at elektrisk bryter stopper avfyring tross signal fra styring om avfyring.		
Fremgangsmåte: Aktivere systemet. Gi kommando om avfyring uten at elektrisk bryter er tilkoblet. Gi kommando om å avfyre med elektrisk bryter tilkoblet.		
Kriterium: Systemet skal ikke under noen omstendigheter kunne avfyre når elektrisk sikring er tilkoblet.		

T7-3

Test-ID	Testmetode	Krav
T7-3	Demonstrasjon	FK7-2 <i>Systemet skal visuelt indikere systemets operative status.</i>
<p>Beskrivelse: Demonstrasjon av at systemet visuelt viser operativ status; klar, i operasjon, tom for prosjektiler og låst. Sette systemet i de forskjellige operative statusene og se at fargen på statuslampen samsvarer.</p>		
<p>Fremgangsmåte: Aktivere systemet. Se om lampen lyser grønt (status: klar). Fyr av alle prosjektiler. Under avfyring: <ul style="list-style-type: none"> • Se om lampen lyser gult (status: i operasjon). Etter avfyring: <ul style="list-style-type: none"> • Se om lampen lyser rødt (status: tom for prosjektiler). • Lad nye prosjektiler. • Se om lampen lyser grønt (status: klar). • Aktiver elektrisk sikring av prosjektiler. • Se om lampen lyser rødt (status: låst). </p>		
<p>Kriterium: Skal enkelt kunne se systemets operative status. Farge skal samsvare med status.</p>		

T8-2

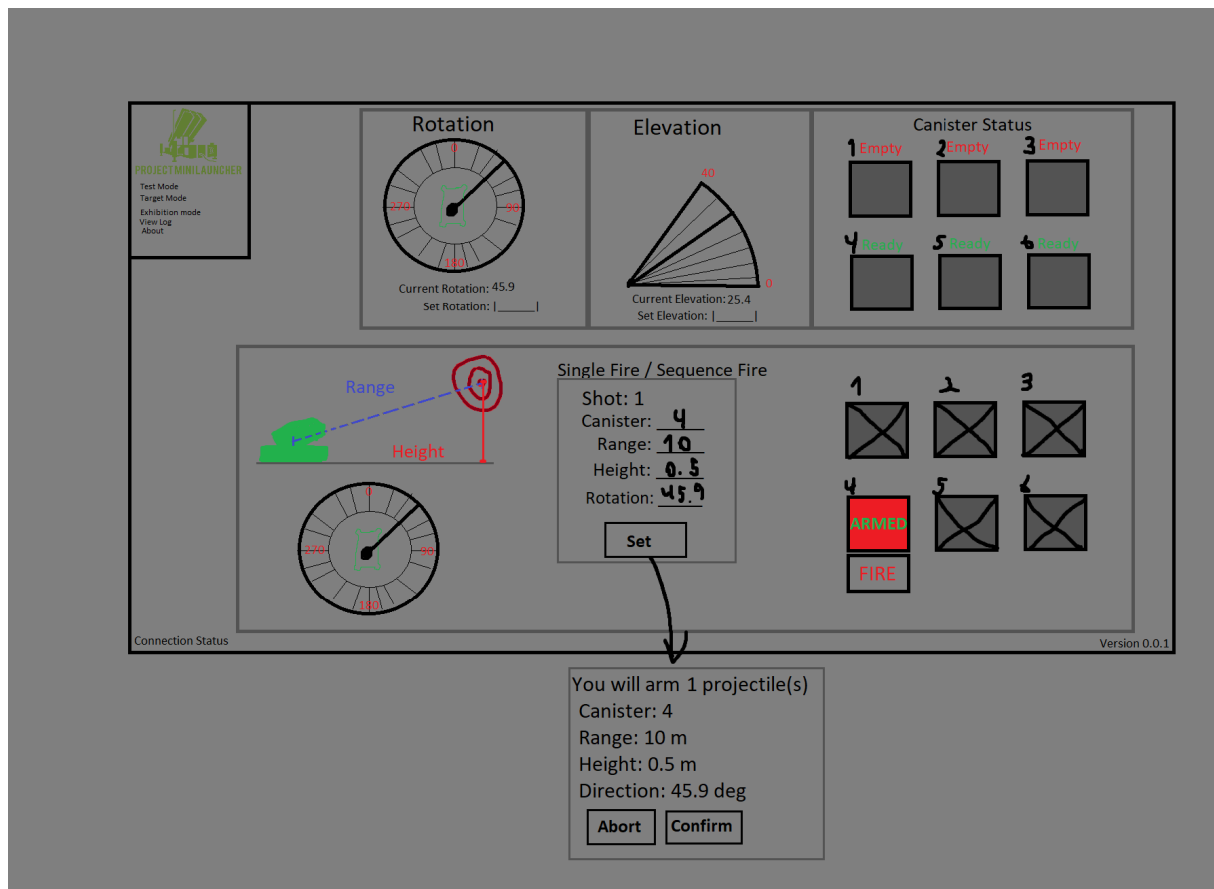
Test-ID	Testmetode	Krav
T8-2	Inspeksjon	FK8-1 <i>Systemets totalvekt skal ikke overstige '2-man lift' i MIL-STD-1472G.</i>
<p>Beskrivelse: Veie systemet og sammenligne totalvekt med «2-man lift» i MIL-STD-1472G.</p>		
<p>Fremgangsmåte: Finne verdi i MIL-STD 1472G. Veie systemet.</p>		
<p>Kriterium: Vekt skal være under det som er gitt i standard.</p>		

T8-3

Test-ID	Testmetode	Krav
T8-3	Inspeksjon	FK8-2 Systemet skal ha olivengrønn eller sand-farge.
Beskrivelse: Observere at systemet har olivengrønn eller sand-farge.		
Fremgangsmåte: Observere at systemet har olivengrønn farge. Sammenligne fargen på ferdig produkt med olivengrønn eller sand-farge på 3D-modell fra KDA.		
Kriterium: Systemet har en olivengrønn eller sand-farge lik 3D-modell fra KDA.		

6. Vedlegg

1. BLD01 - Første forslag til GUI



Figur 2: BLD01 - Første forslag til GUI.

TR001 – Testrapport

Dokumentbeskrivelse

Dette dokumentet beskriver alle utførte tester og deres status.

Revisjon	Skrevet av	Dato	Godkjent av
A	Martin Slettedal	22.05.2022	Ole Christian W. Kopland

Innhold

1. Introduksjon	2
2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter	3
2.1 Dokumenthistorie	3
2.2 Refererte dokumenter	3
3. Testresultater	4

Tabelliste

Tabell 1: Test ID T1-0	4
Tabell 2: Test ID T3-0	5
Tabell 3: Test ID T4-0	6
Tabell 4: Test ID T4-2	7
Tabell 5: Test ID T4-4	8
Tabell 6: Test ID T4-6	9
Tabell 7: Test ID T5-0	10
Tabell 8: Test ID T6-0	11
Tabell 9: Test ID T6-2	12
Tabell 10: Test ID T6-3	13
Tabell 11: Test ID T6-4	14
Tabell 12: Test ID T6-5	15
Tabell 13: Test ID T6-6	16
Tabell 14: Test ID T6-7	17
Tabell 15: Test ID T7-0	18
Tabell 16: Test ID T7-2	19
Tabell 17: Test ID T7-3	20
Tabell 18: Test ID T8-2	21
Tabell 19: Test ID T8-3	22

1. Introduksjon

Testrapporten inneholder alle utførte slutttester. Disse er listet opp med krav-ID, status for testen og testmetode.

2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter

2.1 Dokumenthistorie

Revisjon	Beskrivelse	Dato
A	Nyopprettet	22.05.2022

2.2 Refererte dokumenter

Tittel	Rev./Dato	Utgiver

3. Testresultater

Tabell 1: Test ID T1-0

Test ID	Status	Referanse
T1-0	Godkjent	-
Krav ID: FK1-0 Systemet skal være formlik 3D-modell gitt av KDA. FK8-0 Systemets lengde skal ikke overstige 500mm.		
Testmetode: Måling		
Beskrivelse: Måle hovedgeometri og sammenligne med skalerte mål fra KDAs 3D-modell.		
Utstyr: Meterstokk, skyvelære og mini launcher.		
Resultat: Målt prototype til å være innenfor spesifiserte mål.		
Dato	20.05.2022	
Utført av	Tobias Nilsen	
Godkjent av	Martin Slettedal	

Tabell 2: Test ID T3-0

Test ID	Status	Referanse
T3-0	Godkjent	-
Krav ID: FK2-0 Systemet skal bestå av en statisk base og en roterende toppstruktur. FK3-0 Systemets toppstruktur skal kunne rotere i begge retninger. FK3-1 Systemets toppstruktur skal rotere $\pm 360^\circ$ fra startpunkt.		
Testmetode: Demonstrasjon		
Beskrivelse: Rotere toppstruktur fra maksimal negativ rotasjon (-360°) til maksimal positiv rotasjon (360°).		
Utstyr: Mini Launcher.		
Resultat: Launcheren består av en statisk base og en roterende toppstruktur. Launcheren ble rotert 360 grader i begge retninger fra startpunkt.		
Dato	20.05.2022	
Utført av	Martin Slettedal	
Godkjent av	Simen Tråstadkjølen	

Tabell 3: Test ID T4-0

Test ID	Status	Referanse
T4-0	Godkjent	-
Krav ID: FK4-0 Systemet skal ha seks (6) prosjektiler i toppstruktur. FK4-1 Systemet skal kunne utløse seks (6) prosjektiler fra toppstruktur.		
Testmetode: Demonstrasjon		
Beskrivelse: Demonstrere at systemet kan utløse seks prosjektiler.		
Utstyr: Mini launcher.		
Resultat: Launcheren avfyrte 6 prosjektiler fra toppstruktur.		
Dato	20.05.2022	
Utført av	Simen Tråstadvkjølen	
Godkjent av	Martin Slettedal	

Tabell 4: Test ID T4-2

Test ID	Status	Referanse
T4-2	Godkjent	-
Krav ID: FK4-2 Systemet skal kunne justere prosjektilets rekkevidde som en funksjon av kraft.		
Testmetode: Demonstrasjon		
Beskrivelse: Demonstrasjon av systemets evne til å avfyre prosjektiler til ulike avstander basert på justeringer i kraften.		
Utstyr: Mini launcher.		
Resultat: Launcheren avfyrte med 6 bar trykk, prosjektilet skjøt en lengde på ca. 50 meter da. Launcheren avfyrte med 1 bars trykk, prosjektilet gikk vesentlig kortere da.		
Dato	20.05.2022	
Utført av	Simen Tråstadvkjølen	
Godkjent av	Martin Slettedal	

Tabell 5: Test ID T4-4

Test ID	Status	Referanse
T4-4	Godkjent	-
Krav ID: FK4-3 Systemets prosjektiler skal kunne utløses mot mål innenfor avstander mellom 3 meter og 10 meter fra systemet.		
Testmetode: Måling		
Beskrivelse: Funksjonell test. Måle korteste mulige avfiring og lengste mulige avfiring.		
Utstyr: Mini launcher.		
Resultat: Launcheren avfyrte prosjektiler som landet mellom 3 og 10 meter fra systemet.		
Dato	20.05.2022	
Utført av	Simen Tråstadkjølen	
Godkjent av	Martin Slettedal	

Tabell 6: Test ID T4-6

Test ID	Status	Referanse
T4-6	Ikke godkjent	-
Krav ID: FK4-4 Systemet skal kunne treffe et mål innenfor en radius på 30 cm med 10 meters avstand.		
Testmetode: Måling		
Beskrivelse: Funksjonell test. Avfyring mot målskiver i spesifisert størrelse og måle avvik.		
Utstyr: Mini Launcher.		
Resultat: Testen ble ikke gjennomført før innlevering av rapport. Testen gjennomføres etter innlevering.		
Dato	20.05.2022	
Utført av	-	
Godkjent av	-	

Tabell 7: Test ID T5-0

Test ID	Status	Referanse
T5-0	Godkjent	-
Krav ID: FK5-0 Systemets toppstruktur skal kunne elevere og de-elevere fra 0-40 grader.		
Testmetode: Måling		
Beskrivelse: Måling av toppstrukturens evne til eleivering og de-elevering.		
Utstyr: Mini launcher.		
Resultat: Launcheren eleverte fra 0 til 40 grader. Den de-eleverte fra 40 til 0 grader også.		
Dato	20.05.2022	
Utført av	Tobias Nilsen	
Godkjent av	Simen Tråstadkjølen	

Tabell 8: Test ID T6-0

Test ID	Status	Referanse
T6-0	Godkjent	-
Krav ID: FK6-0 Systemet skal styres av en operatør fra en ekstern PC via et grafisk brukergrensesnitt (GUI).		
Testmetode: Demonstrasjon		
Beskrivelse: Demonstrasjon av at GUI kan styre det fysiske systemet.		
Utstyr: Mini launcher.		
Resultat: GUI på den eksterne PC-en kan styre systemet.		
Dato	20.05.2022	
Utført av	Ole Christian W. Kopland	
Godkjent av	John Kristiansen	

Tabell 9: Test ID T6-2

Test ID	Status	Referanse
T6-2	Godkjent	-
Krav ID: FK6-2 Operatør skal kunne styre systemets toppstruktur til bestemt posisjon og utløse prosjektil. FK6-1 Operatør skal kunne styre systemets toppstruktur til bestemt posisjon uten utløsning av prosjektil.		
Testmetode: Demonstrasjon		
Beskrivelse: Demonstrasjon av rotasjons-, elevasjons- og avfyringsmekanisme gjennom GUI.		
Utstyr: Mini launcher.		
Resultat: Operatør la inn posisjon for elevasjon og rotasjon. Deretter avfyrte operatør prosjektil.		
Dato	20.05.2022	
Utført av	Ole Christian W. Koplund	
Godkjent av	Martin Slettedal	

Tabell 10: Test ID T6-3

Test ID	Status	Referanse
T6-3	Godkjent	-
Krav ID: FK6-3 Operatør skal kunne styre systemet til flere posisjoner og utløse flere prosjektiler i en sekvensiell operasjon.		
Testmetode: Demonstrasjon		
Beskrivelse: Praktisk demonstrasjon av en sekvensiell utløsning av prosjektiler i bestemte vinkler.		
Utstyr: Mini Launcher systemet.		
Resultat: Operatør skriver inn forhåndsbestemte utløsningsvinkler og kammer som skal brukes. Etter aktivering utløser Mini Launcher prosjektilene en etter en i de bestemte vinklene til alle avfyringer er fullført.		
Dato	20.05.2022	
Utført av	Ole Christian W. Kopland	
Godkjent av		

Tabell 11: Test ID T6-4

Test ID	Status	Referanse
T6-4	Godkjent	-
Krav ID:		
FK6-4 GUI skal vise informasjon om systemets operative status.		
Testmetode: Inspeksjon		
Beskrivelse: Inspiser at GUI viser informasjon om systemets operative status.		
Utstyr: Mini launcher.		
Resultat: GUI viser informasjon om elevasjon, rotasjon, kammerstatus, serieporttilkobling og ethernettilkobling.		
Dato	20.05.2022	
Utført av	Ole Christian W. Kopland	
Godkjent av	Martin Slettedal	

Tabell 12: Test ID T6-5

Test ID	Status	Referanse
T6-5	Godkjent	-
Krav ID: FK6-5 GUI skal vise status om hver «canister».		
Testmetode: Inspeksjon		
Beskrivelse: Inspiser at GUI viser informasjon om hver "canister".		
Utstyr: Mini launcher.		
Resultat: Informasjon i GUI stemmer med faktisk kammerstatus.		
Dato	20.05.2022	
Utført av	Ole Christian W. Kopland	
Godkjent av	Tobias Nilsen	

Tabell 13: Test ID T6-6

Test ID	Status	Referanse
T6-6	Godkjent	-
Krav ID:		
FK6-6 GUI skal vise informasjon om systemets retning (azimuth og elevasjon).		
Testmetode: Inspeksjon		
Beskrivelse: Inspiser at GUI viser informasjon om asimut og elevasjon.		
Utstyr: Mini launcher.		
Resultat: GUI viser informasjon om elevasjon og rotasjon.		
Dato	20.05.2022	
Utført av	Ole Christian W. Kopland	
Godkjent av	John Kristiansen	

Tabell 14: Test ID T6-7

Test ID	Status	Referanse
T6-7	Godkjent	-
Krav ID:		
FK6-7 GUI skal vise informasjon om og/eller loggføre tidligere fyringer.		
Testmetode: Inspeksjon		
Beskrivelse: Inspiser at GUI viser informasjon om tidligere avfyringer.		
Utstyr: Mini launcher.		
Resultat: Når posisjon for elevasjon og rotasjon er satt og vi trykker på avfyr viser GUI informasjon om tidligere avfyringer.		
Dato	20.05.2022	
Utført av	Ole Christian W. Kopland	
Godkjent av	Gruppen	

Tabell 15: Test ID T7-0

Test ID	Status	Referanse
T7-0	Ikke godkjent	-
Krav ID:		
FK7-0 Systemet skal ha en ren mekanisk sikring av prosjektiler.		
Testmetode: Demonstrasjon		
Beskrivelse: Demonstrasjon av mekanisk sikrings evne til å stoppe prosjektiler.		
Utstyr: Mini launcher.		
Resultat: Ble ikke gjennomført før rapport ble levert. Skal gjennomføres etter innlevering.		
Dato	20.05.2022	
Utført av	-	
Godkjent av	-	

Tabell 16: Test ID T7-2

Test ID	Status	Referanse
T7-2	Godkjent	-
Krav ID:		
FK7-1 Systemet skal ha en elektrisk bryter for sikring av prosjektiler.		
Testmetode: Demonstrasjon		
Beskrivelse: Demonstrere at elektrisk bryter stopper avfiring tross signal fra styring om avfiring.		
Utstyr: Mini launcher.		
Resultat: Vi prøvde å avfyre prosjektiler etter å ha skrudd av bryteren. Launcheren avfyrte ikke prosjektiler. Vi målte at det ikke lenger var 24V til magnetventilene.		
Dato	20.05.2022	
Utført av	John Kristiansen	
Godkjent av	Ole Christian W.Kopland	

Tabell 17: Test ID T7-3

Test ID	Status	Referanse
T7-3	Godkjent	-
Krav ID: FK7-2 Systemet skal visuelt indikere systemets operative status.		
Testmetode: Demonstrasjon		
Beskrivelse: Demonstrasjon av at systemet visuelt viser operativ status; klar, i operasjon, tom for prosjektiler og låst. Sette systemet i de forskjellige operative statusene og se at fargen på statuslampen samsvarer.		
Utstyr: Mini launcher.		
Resultat: Statuslys på launcher lyser grønt når den er tilkoblet. Statuslys er rødt når systemet er frakoblet. Testet ved å koble kabel inn og ut.		
Dato	20.05.2022	
Utført av	Ole Christian W.Kopland	
Godkjent av	Christoffer Mehren	

Tabell 18: Test ID T8-2

Test ID	Status	Referanse
T8-2	Godkjent	-
Krav ID:		
FK8-1 Systemets totalvekt skal ikke overstige '2-man lift' i MIL-STD-1472G.		
Testmetode: Inspeksjon		
Beskrivelse: Veie systemet og sammenligne totalvekt med «2-man lift» i MIL-STD-1472G.		
Utstyr: Mini launcher.		
Resultat: Vi veide systemet til ca 10.kg. Dette er under 28kg som er oppgitt i MIL-STD-1472G.		
Dato	20.05.2022	
Utført av	Martin Slettedal	
Godkjent av	Simen Tråstadkjølen	

Tabell 19: Test ID T8-3

Test ID	Status	Referanse
T8-3	Ikke godkjent	-
Krav ID: FK8-2 Systemet skal ha olivengrønn eller sand-farge.		
Testmetode: Inspeksjon		
Beskrivelse: Observere at systemet har olivengrønn eller sand-farge.		
Utstyr: Mini launcher.		
Resultat: Etersom delene fra 3D-print ikke er ferdige rekker vi ikke å få lakkert dekslene og launcheren før rapport skal leveres. Dette blir gjort etter at rapport er levert, men før siste presentasjon.		
Dato	20.05.2022	
Utført av	-	
Godkjent av	-	

Brukermanual for Mini Launcher

Systemet Mini Launcher består av Mini Launcher, ekstern boks (FDC) og grafisk brukergrensesnitt (GUI) på ekstern PC. Mini Launcher kan elevare, rotere og avfyre 6 prosjektiler fra toppstruktur. Funksjonene styres av operatør fra GUI.

Mini Launcher kan brukes med eller uten avfyring. Uten avfyring kan den rotere og elevare, men ikke avfyre prosjektiler.

Detaljert informasjon om det digitale grensesnittet

Se *RD001 – Digital Interface* dokumentet.

Forberedelser før bruk av systemet

Forberedelser før bruk av Mini Launcher uten avfyring:

1. Mini Launcher må plasseres på et stabilt og plant underlag.
2. Mini Launcher må tilkobles ekstern boks med kabel for strømtilførsel og signaler.
3. Mini Launcher må tilkobles ekstern boks med trykkluftslange.
4. Ekstern boks kobles til 230V AC med strømkabel.
5. PC med GUI kobles til Mini Launcher med nettverkskabel.
6. Kontroller at sikkerhetsbryter for avfyring er i av-posisjon, og at sikkerhetslokket foran toppstruktur er montert.
7. Toppstruktur til launcher må være rotert til markert start-posisjon.
8. Skru på hovedbryter på ekstern boks.

Forberedelser før bruk av Mini Launcher med avfyring:

1. Utfør alle 8 punkter for bruk uten avfyring.
2. Operatør og tilskuere må bruke vernebriller.
3. Fjern sikkerhetslokk ved å fjerne vingemutter under forenden av toppstrukturen og løft lokket opp og ut.
4. Sett sikkerhetsbryter for avfyring i på-posisjon.

Etter bruk av systemet:

1. Sett sikkerhetsbryter for avfiring i av-posisjon.
2. Sett på sikkerhetslokk ved å skyve lokket inn og ned, og sett på vingemutter under for å låse.
3. Kjør avsluttingsprosess i GUI ved å lukke vinduet. Dette gjør at Mini Launcher går til null-posisjon for elevasjon og rotasjon.
NB: Avsluttingsprosessen må alltid kjøres før systemet skrur av og strømmen kobles fra.
4. Skru av hovedbryter på ekstern boks.
5. Nettverkskabel mellom PC og Mini Launcher kobles fra.
6. Strømkabel kobles fra.
7. Trykkluftslange kobles fra.
8. Kabel mellom Mini Launcher og ekstern boks kobles fra.

Feilsøking og vedlikehold:

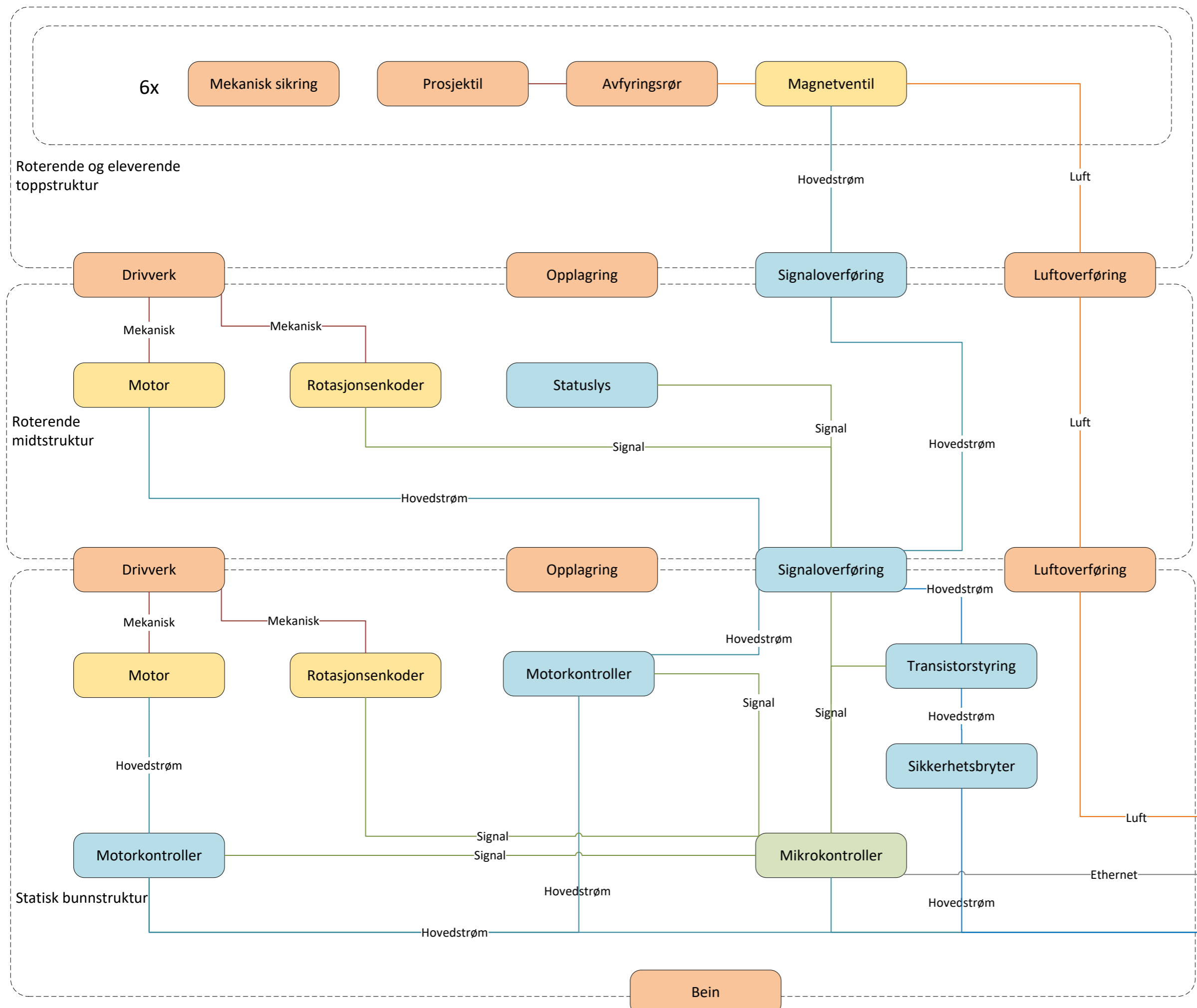
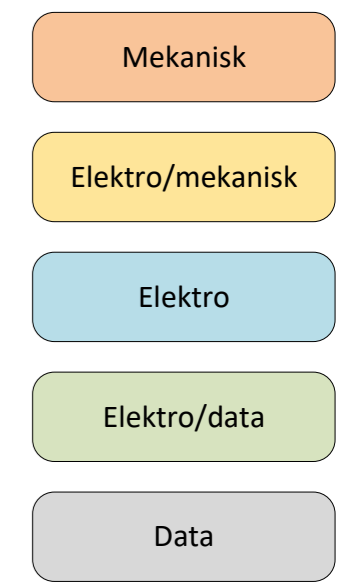
Pass på at registerreim er tilstrekkelig strammet og har godt inngrep i reimskivene. Bruk 13mm fastnøkler eller skiftenøkler for å stramme reima.

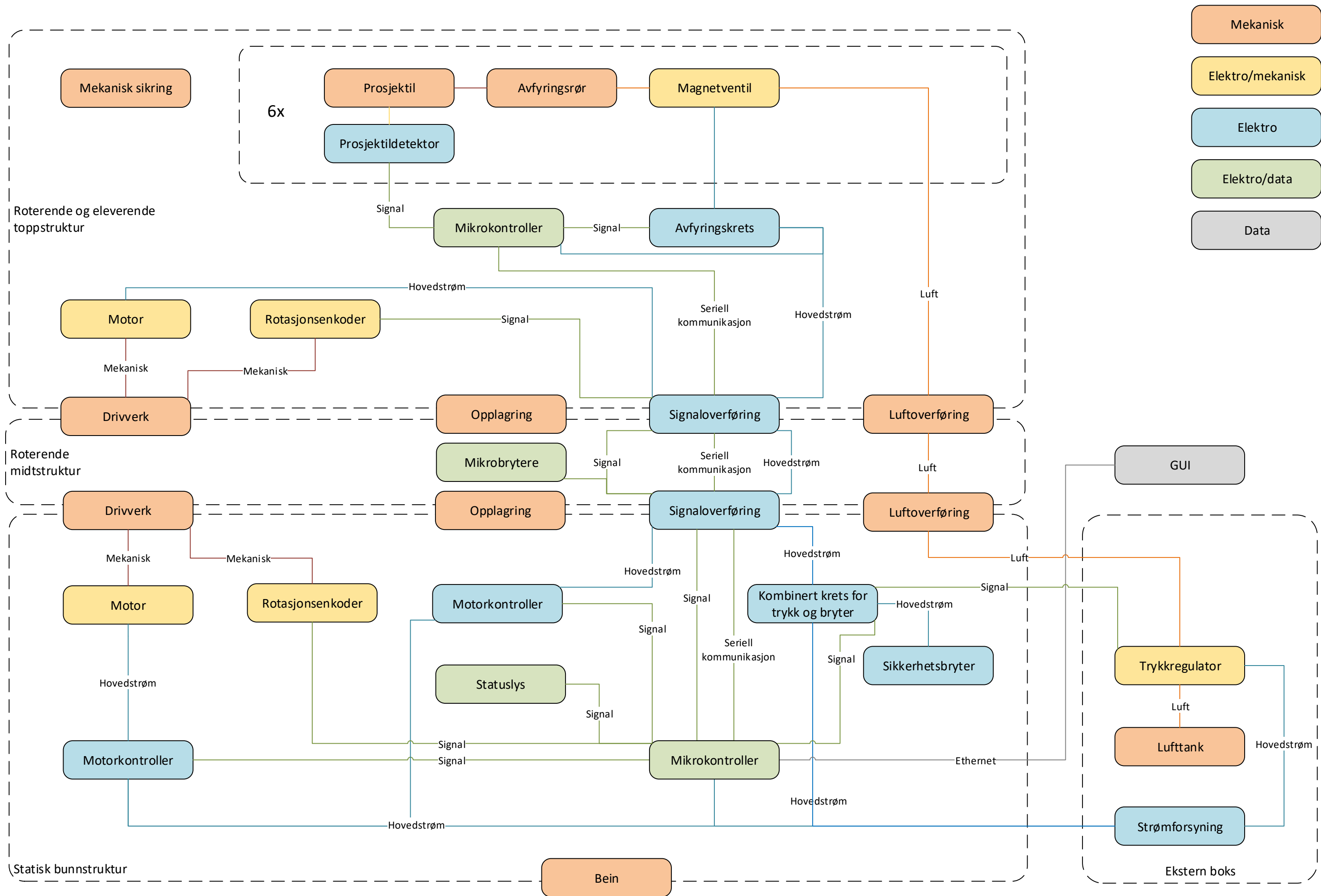
Pass på at settskruer i bunnbrakett, snekkehjul og snekkeskrue er tilstrekkelig strammet. Bruk umbrakosett.

Ved kort eller upresis avfiring, pass på at prosjektiler er tredd helt ned på røret i kammeret.

Pass på at det er trykk på tanken om ekstern boks er tilkoblet. Om det ikke er trykk på tanken må den fylles opp.

Pass på at alle kabler er tilkoblet. Statuslys på Ethernet skal lyse ved tilkobling





RD001- Digital Interface

Document description

This document describes the interface between the external computer, Graphical User Interface (GUI) and the microcontrollers used in the Mini Launcher system.

Revision	Written by	Date	Approved by
A	Ole Christian W. Kopland	20.05.2022	John Kristoffer Kristiansen

Contents

Figure list:.....	3
Table list:.....	4
1. Introduction	4
2. Document history and referred documents	4
2.1 Document history	4
2.2 Referred documents	4
3. Software Architecture Diagrams.....	5
3.1 Use case	5
3.2 Class diagram	6
3.3 Sequence Diagrams.....	6
3.3.1 Reload Projectiles.....	6
3.3.2 Manage System Status diagram.....	7
3.3.3 Manage Safety Functions diagram.....	8
3.3.4 System Control and Motor Control diagram	8
3.3.5 Fire Projectile diagram	9
3.3.6 Sequential Fire diagram	9
3.4 Software Architecture diagram.....	10
4. System overview and wiring	11
4.1 System overview	11
4.2 Arduino Nano	11
4.3 Arduino Mega	12
4.4 Graphical User Interface	13
4.5 PIN list	14
4.5.1 Arduino Nano PINs.....	14
4.5.2 Arduino Mega PINs	14
4.6 Wiring Diagram	16
5. Communication.....	16
5.1 Communication between the Arduino Nano and Arduino Mega.....	17
5.2 Communication between the GUI and Arduino	17
5.3 How to connect the GUI and Arduino Mega.....	18
5.4 Command list	21
6. Code Structure	23
6.1 Arduino Nano	23
6.1.1 Arduino Nano source code and Doxygen documentation.....	23
6. 2 Arduino Mega.....	24
6.2.1 Libraries:.....	24
6.2.2 Arduino Mega IP configuration:.....	24
6.2.3 main.cpp.....	24
6.2.4 main.h	24
6.2.5 Canister.cpp	24
6.2.6 Canister.h	25

6.2.7 MotorControl.cpp	25
6.2.8 MotorControl.h	25
6.2.9 Arduino Mega source code and Doxygen documentation	25
6.3 GUI	25
6.3.1 Included Classes	26
6.3.2 GUI IP configuration	26
6.3.3 PML_GUI.pro	26
6.3.4 main.cpp	27
6.3.5 mainwindow.cpp	27
6.3.6 mainwindow.h	28
6.3.7 mainwindow.ui	28
6.3.8 sequencedialog.cpp	28
6.3.9 sequencedialog.h	28
6.3.10 sequencedialog.ui	29
6.3.11 GUI source code and Doxygen documentation	29
7. Planned expansions	29
8. References:	30

Figure list:

Figure 1: Mini Launcher use case diagram	5
Figure 2: Class diagram of the Mini Launcher system	6
Figure 3: Reload Projectiles diagram	6
Figure 4: Manage System Status Diagram	7
Figure 5: Manage Safety Functions diagram	8
Figure 6: System Control and Motor Control diagram	8
Figure 7: Fire Projectile diagram	9
Figure 8: Sequential Fire diagram	9
Figure 9: Software Architecture diagram	10
Figure 10: System overview	11
Figure 11: Arduino Nano	11
Figure 12: Arduino Mega 2560	12
Figure 13: The Graphical User Interface	13
Figure 14: Wiring diagram	16
Figure 15: Communication connections	16
Figure 16: Mega and Nano communication wiring	17
Figure 17: Ethernet Connection	17
Figure 18: Network connections in Windows 10	18
Figure 19: Network properties and IPv4	18
Figure 20: IPv4 configuration	19
Figure 21: Internal network card	19
Figure 22: Internal network card properties	20
Figure 23: Sharing tab for the internal network card	20

Figure 24: Current GUI design..... 25

Figure 25: The .pro file 26

Figure 26: The MainWindow designer tab..... 28

Figure 27: The sequencedialog designer tab 29

Table list:

Table 1: Arduino Nano PINs 14

Table 2: Arduino Mega PINs..... 14

Table 3: Commands from Arduino Nano to Arduino Mega..... 21

Table 4: Commands from Arduino Mega to Arduino Nano..... 21

Table 5: Commands from Arduino Mega to GUI 22

Table 6: Commando from GUI to Arduino Mega..... 22

1. Introduction

This document is written in English because the project group and client (KDA) agreed it was natural for the code and related documentation to be in English.

The control system for the Mini Launcher System consists of two onboard microcontrollers and the graphical user interface (GUI) software. The Arduino Nano is located in the rotating top structure and is connected to the Arduino Mega using the serial interface. The Arduino Mega is located in the bottom structure and is connected to the external computer using an Ethernet cable. This is the same computer that hosts the GUI.

2. Document history and referred documents

2.1 Document history

Revision	Description	Date
A	Document created	21.05.2022

2.2 Referred documents

Title	Revision	Publisher
EL010 – Rapport, kabling og sikkerhet	A	Project Mini Launcher
RD002 - Doxygen Code Documentation	A	Project Mini Launcher
EI006 – Rapport, målbrikke	A	Project Mini Launcher

3. Software Architecture Diagrams

3.1 Use case

The use case for the Mini Launcher system is created to get an overview of the functions, how they interact and how they are used. The system's use case is shown in figure 1.

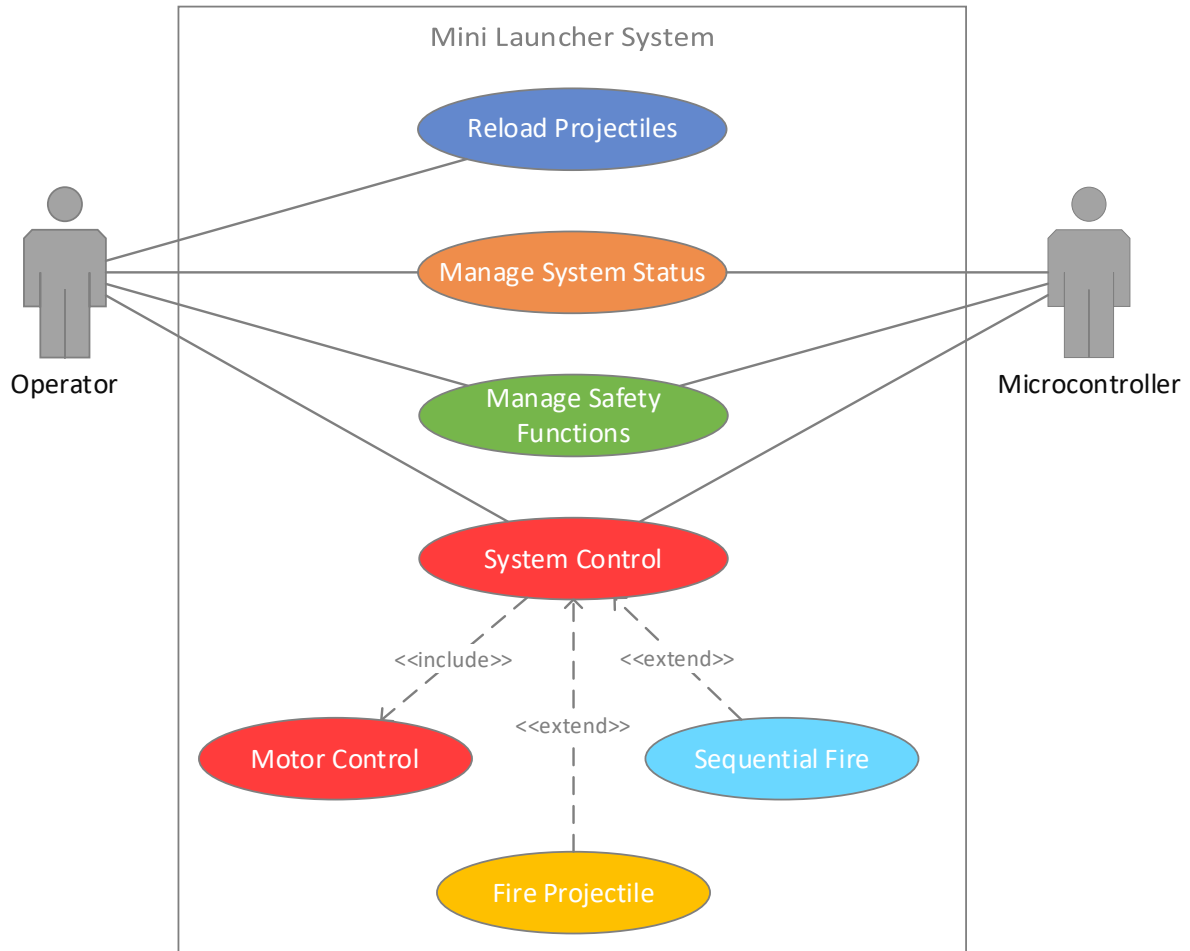


Figure 1: Mini Launcher use case diagram

- **Operator:** This actor is the person that controls the system using the graphical user interface (GUI).
- **Microcontroller:** This actor is the Arduino Mega and Arduino Nano.
- **Reload Projectiles:** The operator can load projectiles into the canisters after they are fired.
- **Manage System Status:** The system will update and display its status depending on inputs from sensors or inputs from the operator.
- **Manage Safety Functions:** The system can enable safety functions set by the operator.
- **System Control:** This is the control of the system. Controls include setting pressure, rotation, elevation, and firing of projectiles.
- **Motor Control:** Control of the rotation and elevation.
- **Fire Projectile:** Firing of a single projectile from the selected canister.
- **Sequential Fire:** Firing of multiple projectiles in the set sequence.

3.2 Class diagram

The class diagram does not represent the exact classes used in the system, but rather how the data is related. It also shows what data is used and their datatype. The class diagram is shown in figure 2.

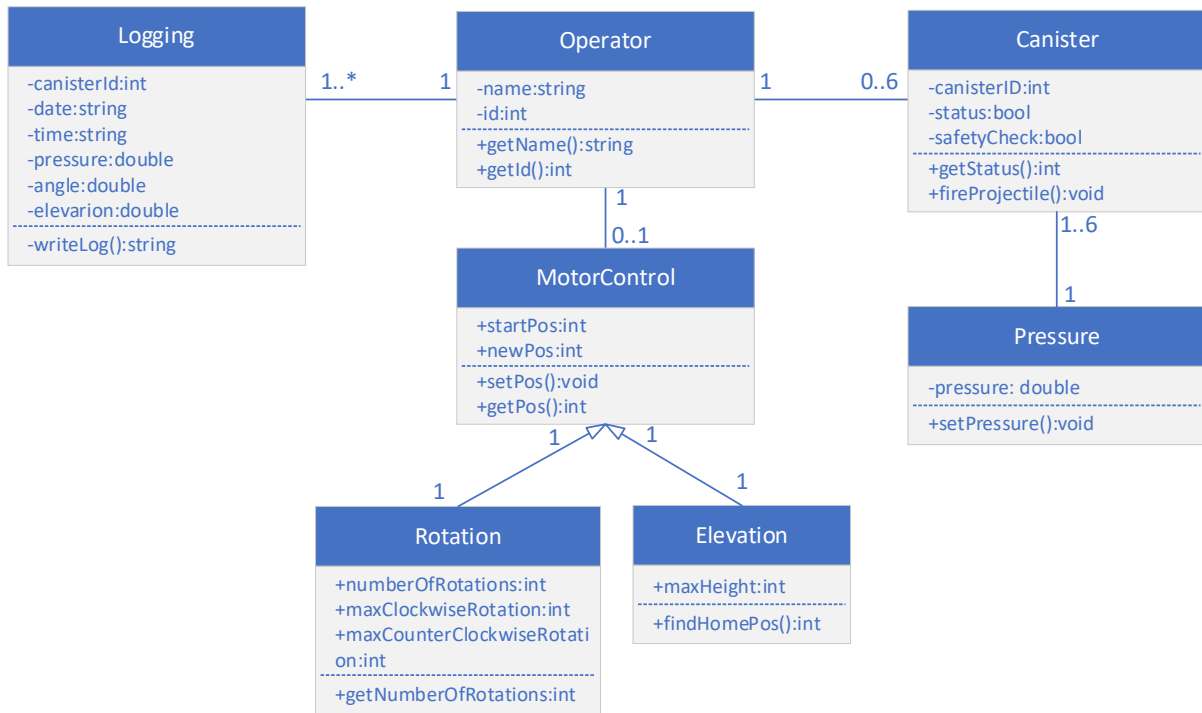


Figure 2: Class diagram of the Mini Launcher system

3.3 Sequence Diagrams

:UI is how the user can interact with the system. :C is the control object and :D is the data.

3.3.1 Reload Projectiles

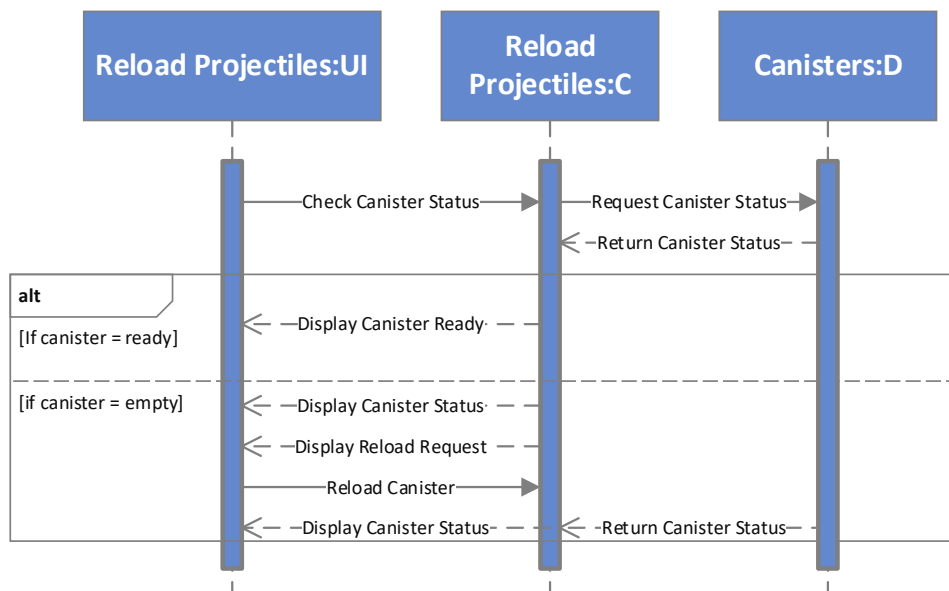


Figure 3: Reload Projectiles diagram

3.3.2 Manage System Status diagram

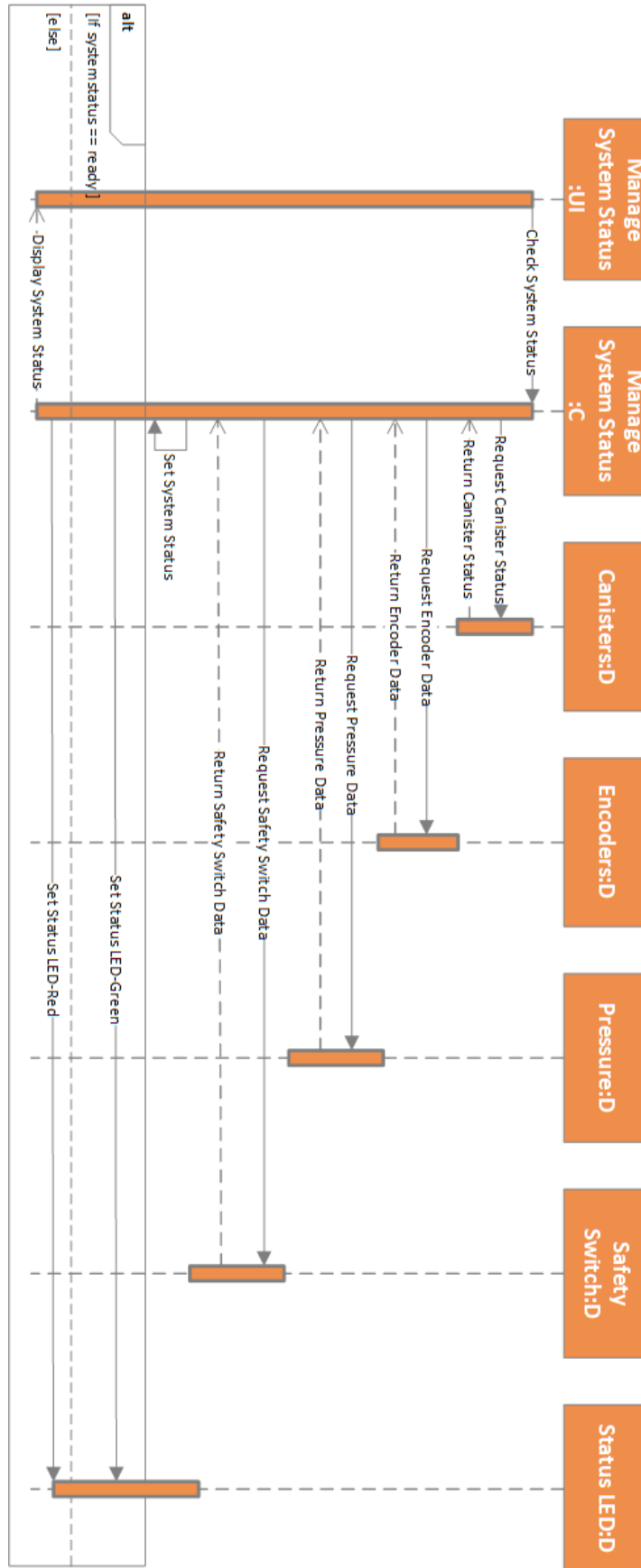


Figure 4: Manage System Status Diagram

3.3.3 Manage Safety Functions diagram

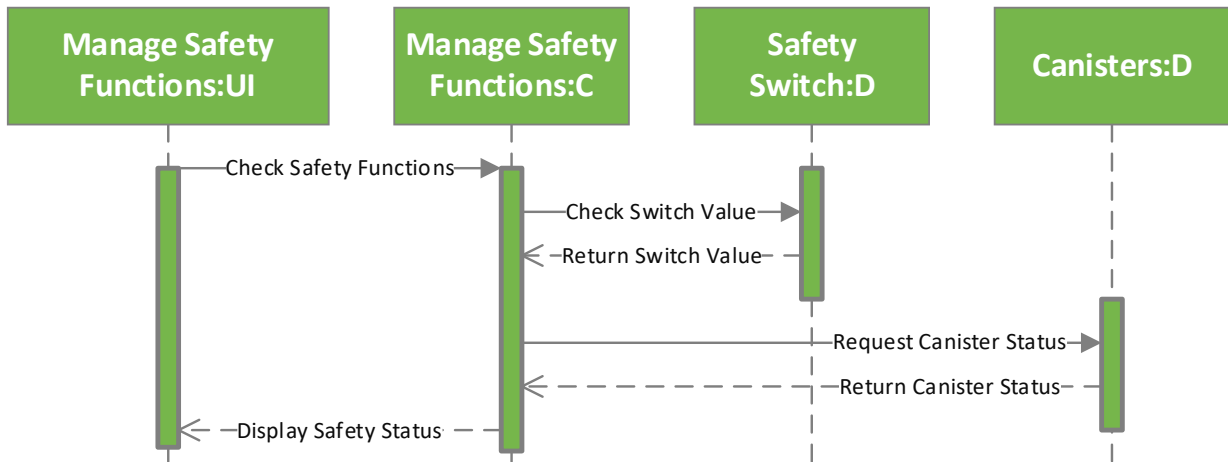


Figure 5: Manage Safety Functions diagram

3.3.4 System Control and Motor Control diagram

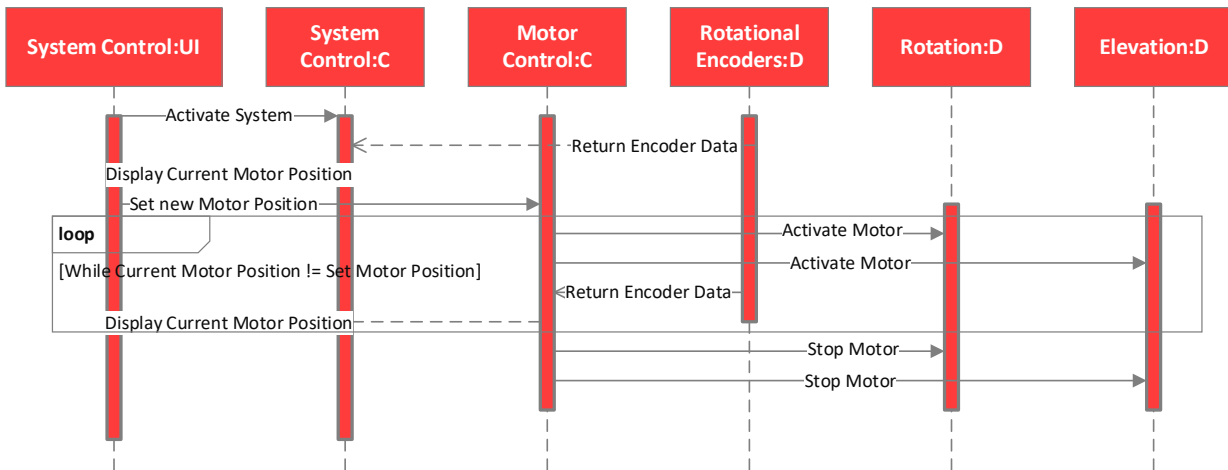


Figure 6: System Control and Motor Control diagram

3.3.5 Fire Projectile diagram

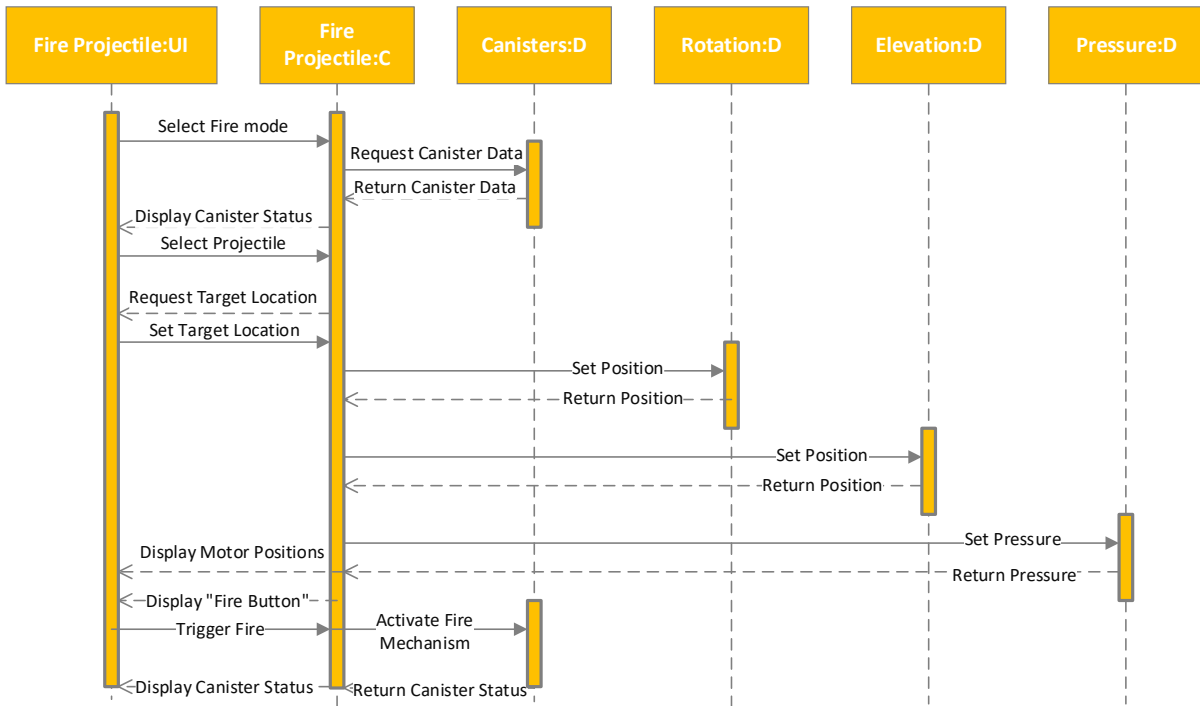


Figure 7: Fire Projectile diagram

3.3.6 Sequential Fire diagram

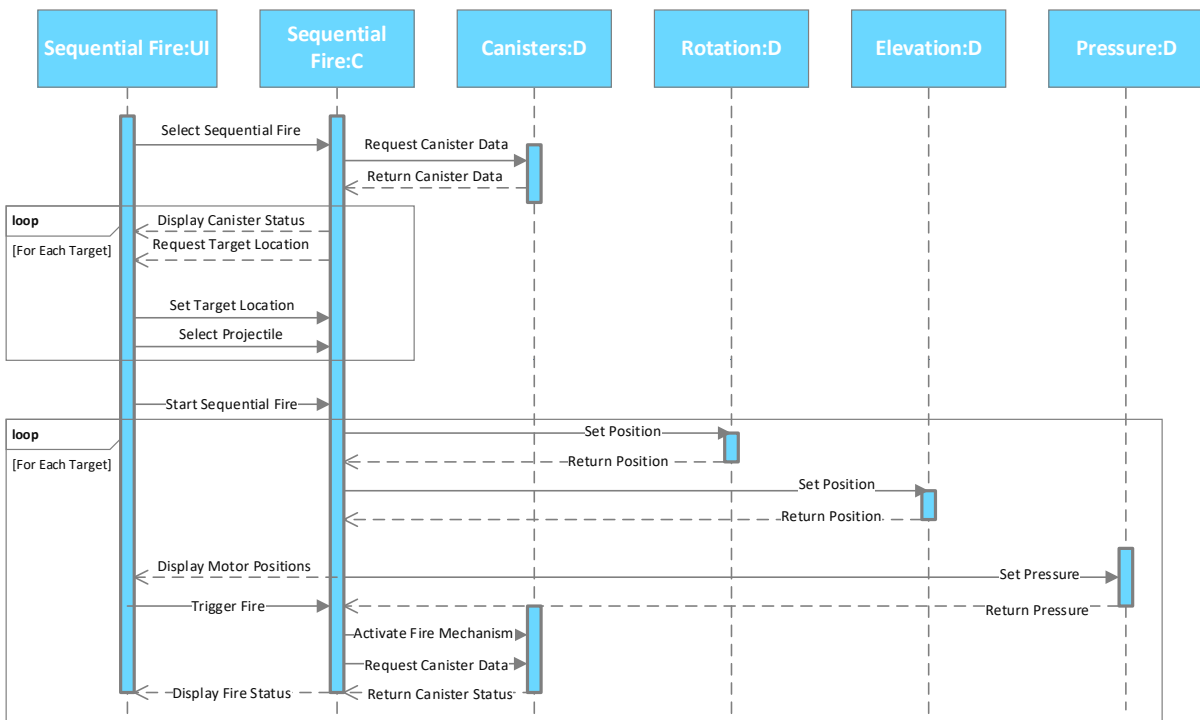


Figure 8: Sequential Fire diagram

3.4 Software Architecture diagram

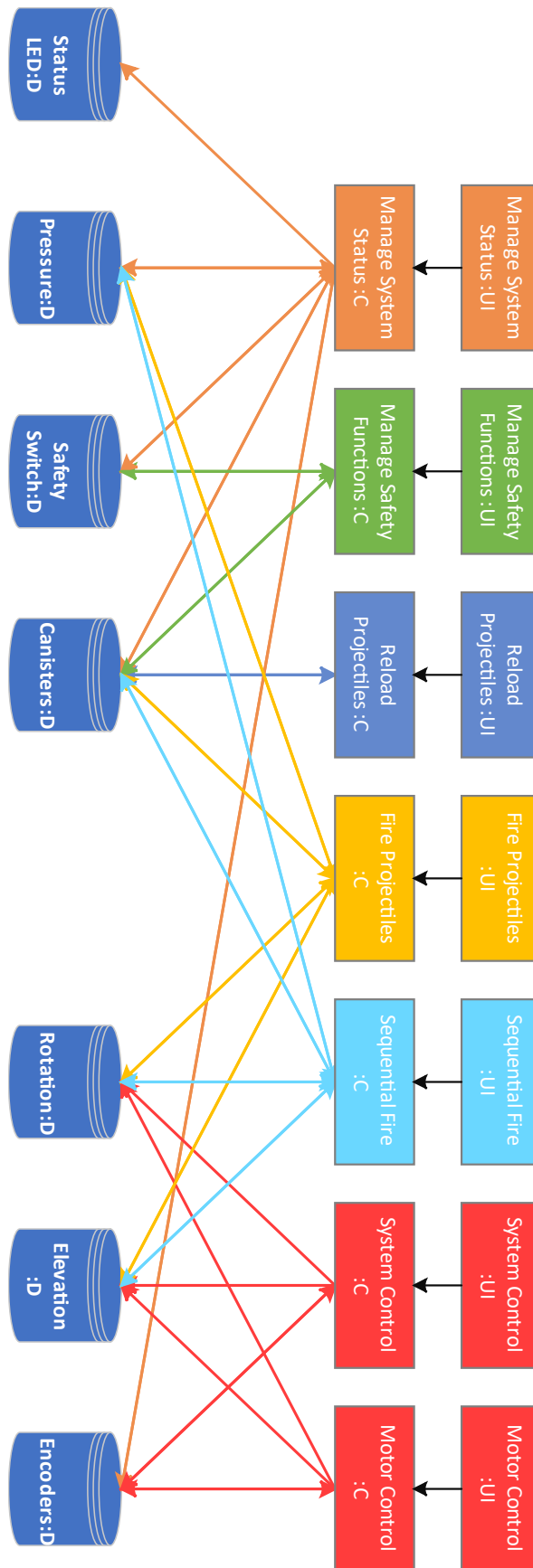


Figure 9: Software Architecture diagram

4. System overview and wiring

4.1 System overview

Figure 10 shows a basic overview of the system.

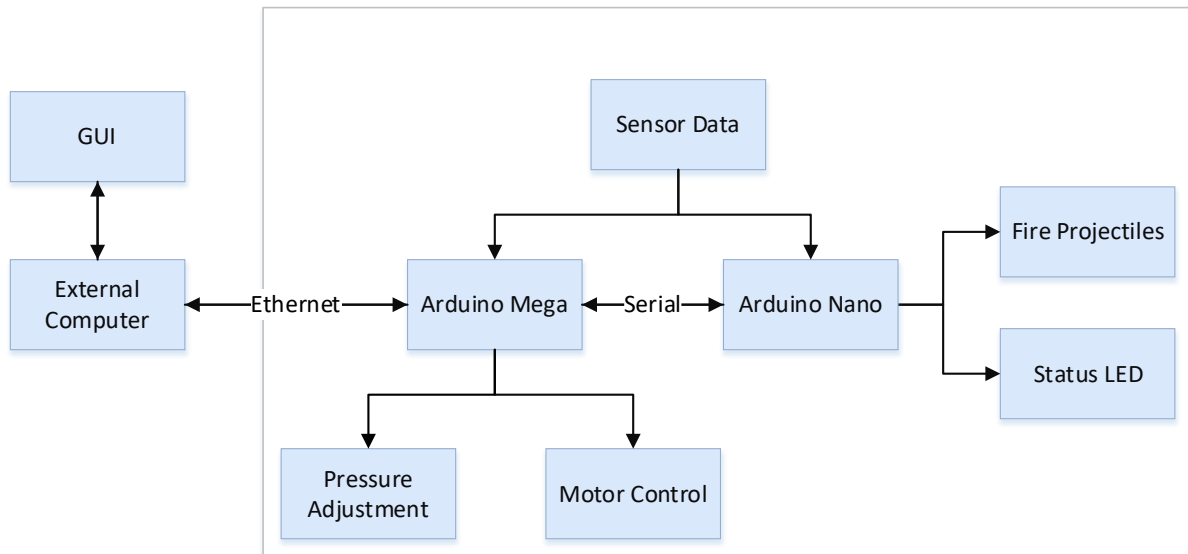


Figure 10: System overview

4.2 Arduino Nano

The plan was originally to only use a single Arduino Mega for the project. The main reason why an Arduino Nano is also used, is to minimize the number of wires from the static base to the rotating top structure. We managed to reduce the number of wires from 21 to 11 by using serial communication between the Mega and Nano.

The Nano is located in the top structure of the Mini Launcher, where it is connected to 6 solenoids and 6 infrared proximity detectors. It is also connected to the Arduino Mega via the serial connection.

The Arduino Nano is shown in figure 11.

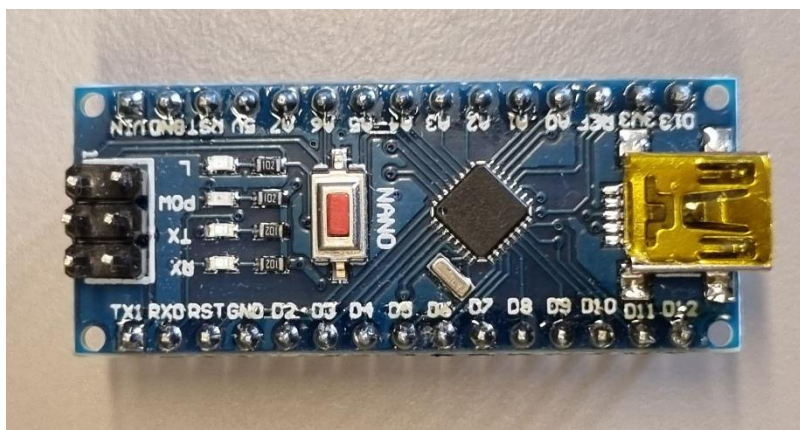


Figure 11: Arduino Nano

4.3 Arduino Mega

The Arduino Mega is located in the static bottom structure of the Mini Launcher. It is responsible for controlling the stepper motors and sending status to the GUI. The Mega is also operating as a bridge between the Nano and GUI by forwarding commands. The Mega is also connected to an Arduino Ethernet Shield 2. The Ethernet Shield is required for connecting the Mega to the external computer with an Ethernet cable. [1]

Stepper motors, rotational encoders, status LED, safety switch and pressure is connected to the Mega. It is also connected to the Nano using serial port 1, using the pins 18 and 19.

Because the Ethernet shield is connected to the Mega, PINs 4, 10, 50, 51, 52, 53 is reserved for the Ethernet shield and should **NOT** used for general I/O purposes.

The Arduino Mega is shown in figure 12.

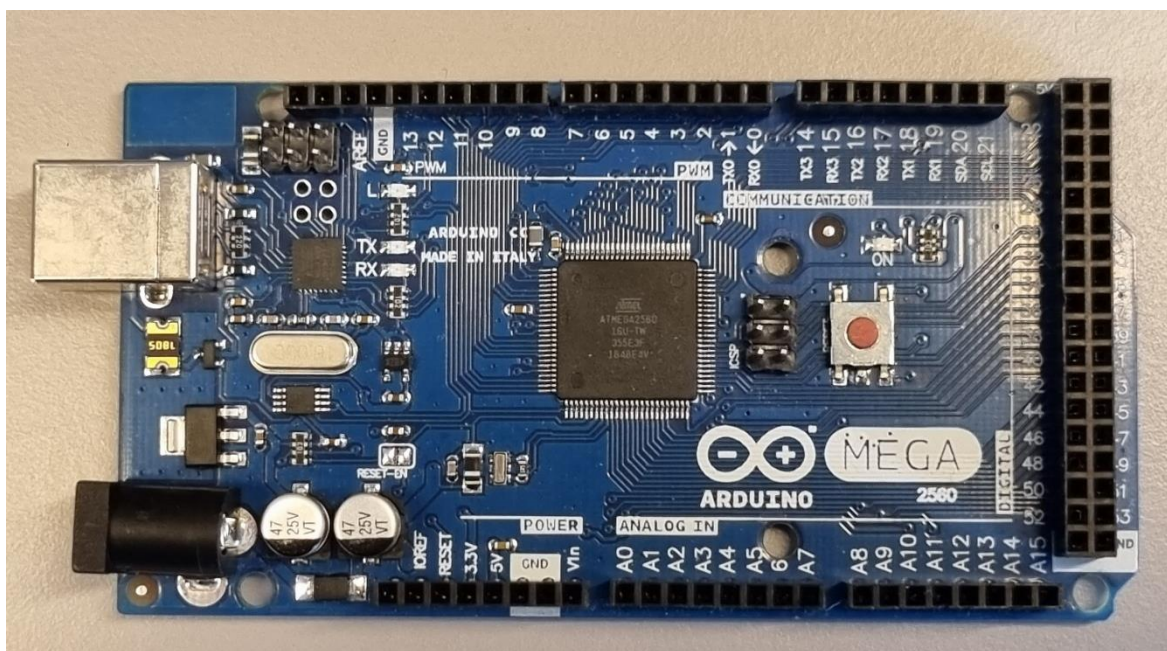


Figure 12: Arduino Mega 2560

4.4 Graphical User Interface

The graphical user interface (GUI) is made in the Qt Creator software. It is used to control the entire system and display its status. The design is kept simple to focus on controlling and displaying the core functions, as well testing of the system. The design and functions may be improved and expanded upon in the future.

The GUI is hosted on an external computer and is connected to the Arduino Mega using an Ethernet cable. The GUI is shown in figure 13. The external computer must be configured for the connection work without a router. Read about the configuration in the [5.3](#) section.

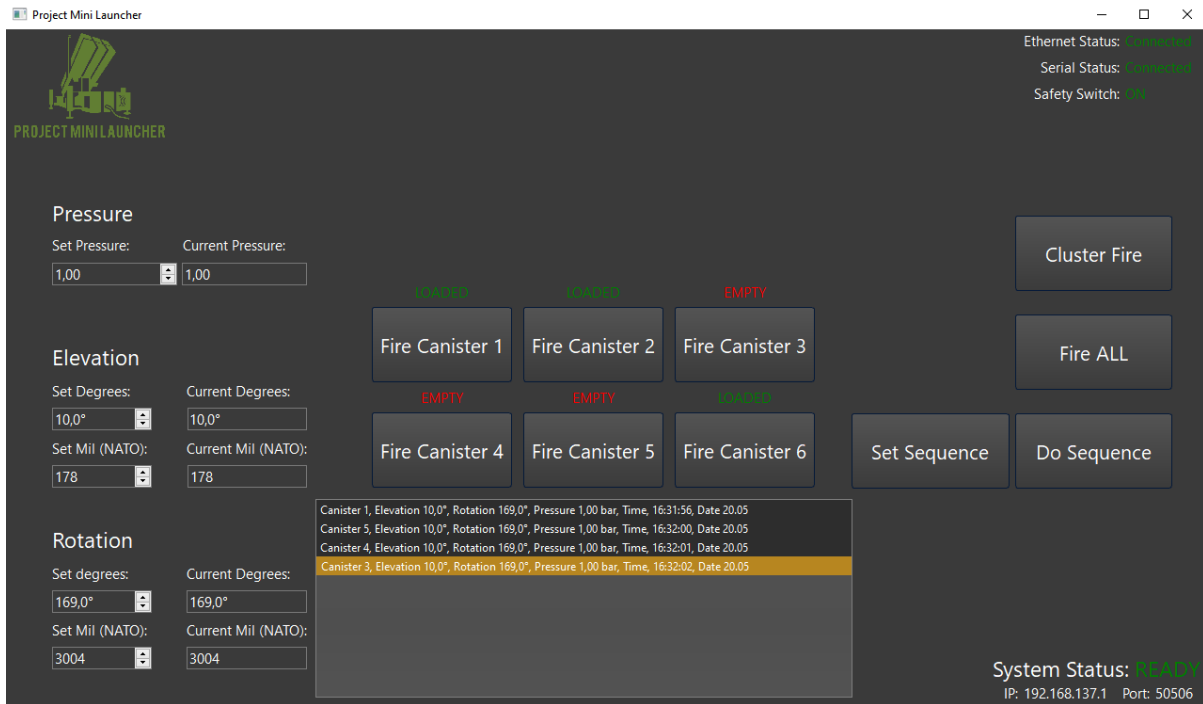


Figure 13: The Graphical User Interface

4.5 PIN list

4.5.1 Arduino Nano PINs

Table 1: Arduino Nano PINs

Nano PIN and mode	Connected to	Information
RX0	Mega - TX1 / D18	Serial receive from Arduino Mega.
TX1	Mega – RX1 / D19	Serial transmit to Arduino Mega.
D2 – OUTPUT	Solenoid 1	This PIN HIGH will open the solenoid in canister 1.
D3 - OUTPUT	Solenoid 2	This PIN HIGH will open the solenoid in canister 2.
D4 - OUTPUT	Solenoid 3	This PIN HIGH will open the solenoid in canister 3.
D5 - OUTPUT	Solenoid 4	This PIN HIGH will open the solenoid in canister 4.
D6 - OUTPUT	Solenoid 5	This PIN HIGH will open the solenoid in canister 5.
D7 - OUTPUT	Solenoid 6	This PIN HIGH will open the solenoid in canister 6.
D8 - INPUT	IR proximity detector 1	When the PIN is HIGH. A projectile is detected in canister 1.
D9 - INPUT	IR proximity detector 2	When the PIN is HIGH. A projectile is detected in canister 2.
D10 - INPUT	IR proximity detector 3	When the PIN is HIGH. A projectile is detected in canister 3.
D11 - INPUT	IR proximity detector 4	When the PIN is HIGH. A projectile is detected in canister 4.
D12 - INPUT	IR proximity detector 5	When the PIN is HIGH. A projectile is detected in canister 5.
D13 - INPUT	IR proximity detector 6	When the PIN is HIGH. A projectile is detected in canister 6.

4.5.2 Arduino Mega PINs

Table 2: Arduino Mega PINs

Mega PIN and mode	Connected to	Information
D2 - INPUT	Rotational Encoder A – Elevation	Read pulses from the rotational encoder in the rotation mechanism. Connected to A.
D3 - INPUT	Rotational Encoder B - Elevation	Read pulses from the rotational encoder in the rotation mechanism. Connected to B.
D4	SD card on Ethernet Shield	Currently not used.
D8 - OUTPUT	B on status LED	For controlling the blue colour on the status LED.
D9 - OUTPUT	G on status LED	For controlling the green colour on the status LED.
D10	Ethernet Shield	Must always connected to the Ethernet Shield. Used for connection of the W5500 chip.
D11 - OUTPUT	R on status LED	For controlling the red colour on the status LED.
D16 - INPUT	Rotational Encoder B - Rotation	Read pulses from the rotational encoder in the rotation mechanism. Connected to A.

D17 - INPUT	Rotational Encoder B - Rotation	Read pulses from the rotational encoder in the rotation mechanism. Connected to B.
TX1 / D18	Nano RX0	Serial transmit to Arduino Nano.
RX1 / D19	Nano TX1	Serial receive from Arduino Nano.
D20 - INPUT	Rotational Encoder A - Rotation	Read pulses from the rotational encoder in the rotation mechanism. Connected to A.
D21 - INPUT	Rotational Encoder B - Rotation	Read pulses from the rotational encoder in the rotation mechanism. Connected to B.
D23 - OUTPUT	Elevation PUL+ PIN	LOW is stepper ON, HIGH is stepper OFF.
D25 - OUTPUT	Elevation DIR+ PIN	Direction change PIN.
D27 - OUTPUT	Elevation ENA+ PIN	One pulse is one step.
D29 - OUTPUT	Rotation PUL+ PIN	LOW is stepper ON, HIGH is stepper OFF.
D31 - OUTPUT	Rotation DIR+ PIN	Direction change PIN.
D33 - OUTPUT	Rotation ENA+ PIN	One pulse is one step.
30 - INPUT	Safety Switch	Safety Switch for detecting if the 24V wire is enabled or disabled in the top structure. HIGH is ON.
50	Ethernet Shield	Ethernet Shield SPI bus.
51	Ethernet Shield	Ethernet Shield SPI bus.
52	Ethernet Shield	Ethernet Shield SPI bus.
53 - OUTPUT	Ethernet Shield	Must be set as an output, and cannot be used for general I/O.
ICSP header	Ethernet Shield	Ethernet Shield on-board ICSP header.
Ethernet port	External Computer Ethernet port	Ethernet communication with UDP.

4.6 Wiring Diagram

The wiring of the system is shown in figure 14. This is explained in detail in the “EL010 – Rapport, kabling og sikkerhet” document.

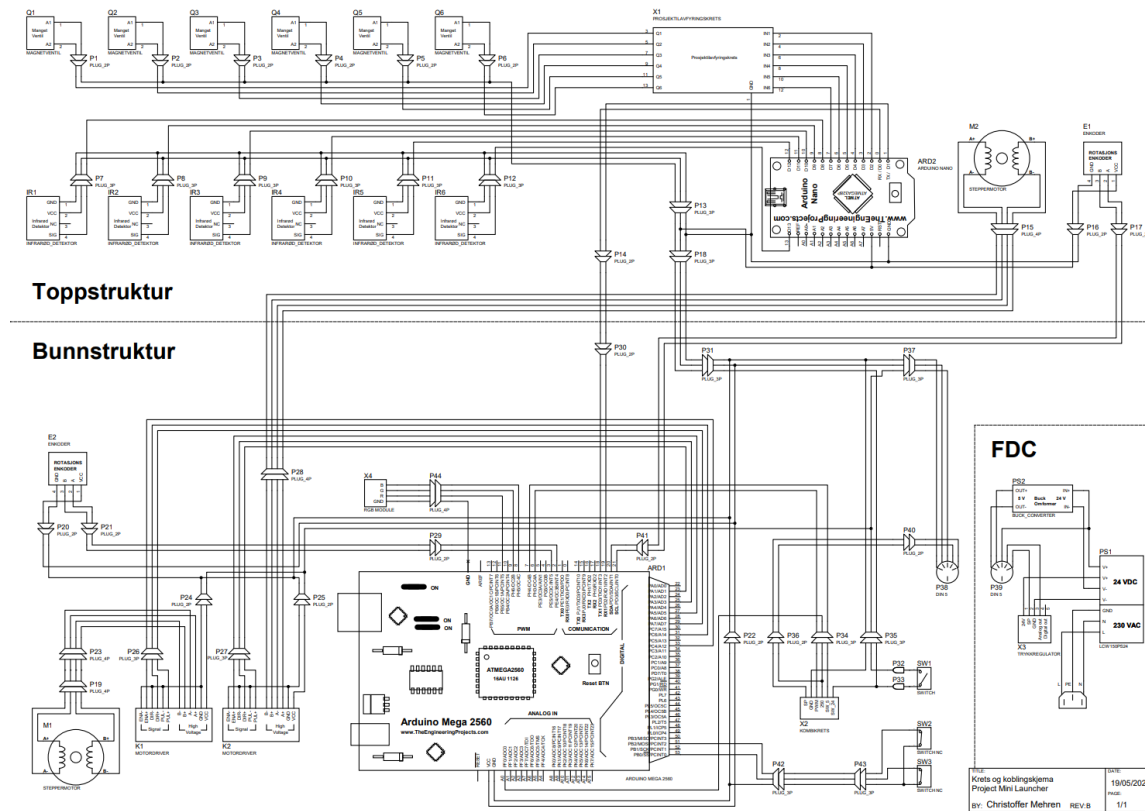


Figure 14: Wiring diagram

5. Communication

The Mini Launcher System has two main ways of communicating. The communication between the Arduino Nano and Arduino Mega uses the serial PINs located on the boards. The serial communication is sending and receiving numbers as characters. The serial buffer is currently 64 bytes. It is therefore important to read the incoming data as fast as possible. If data arrives while the buffer is full, the incoming data won't be read.

The GUI on the external computer is communicating with the Mega using an Ethernet cable. The Arduino Ethernet Shield has a 32K buffer so it will accept a relatively large amount of data before becoming full.

The used communication is shown in figure 15.

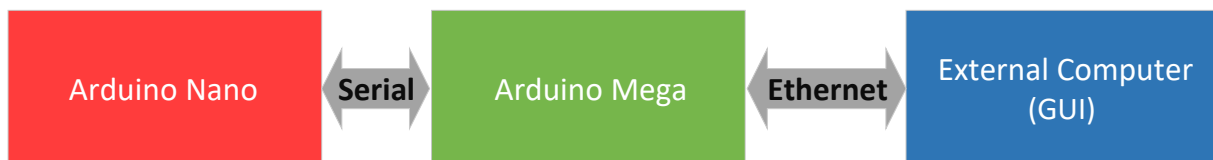


Figure 15: Communication connections

5.1 Communication between the Arduino Nano and Arduino Mega

The Arduino Mega and Nano is connected each other with the serial PINs and a common ground (GND). They communicate by sending and receiving characters that is representing numbers.

The serial communication is operating at 5 volt and must only be connected to boards that operates at the same voltage. A baud rate of 9600 is used and must be the same value on both boards. The value of 9600 is chosen because it is the most common value, reliable, and more than fast enough for the current application.

For example, if you want to activate the solenoid in canister 3, the Mega will send the characters representing the number 202 to the Nano. The number 200 is chosen to control the solenoids and canister 3 has the ID of 2. They are then summarised to make the command 202 (200 + 2). This method is used to make the communication simple and effective.

The Arduino Nano and Arduino Mega is connected as shown in figure 16.

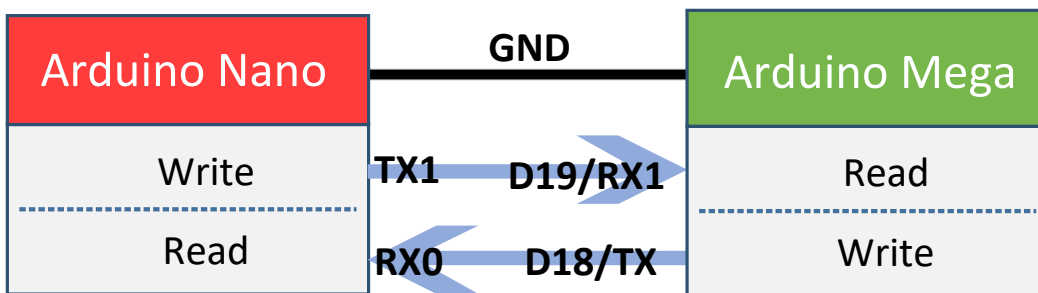


Figure 16: Mega and Nano communication wiring

5.2 Communication between the GUI and Arduino

The communication between the Arduino Mega and external computer is using an Ethernet cable. One end is connected to the Ethernet Shield 2 on the Arduino Mega. The other end is connected to the external computer's Ethernet port. It is also possible to use an Ethernet to USB dongle for the connection.

The Arduino Ethernet Shield 2 is capable of a data transfer speed of 100Mbps. This is more than fast enough for the current application. Because most of the transfer speed remains unused, it is possible to expand the system to use for example cameras and more in the future.

The data sent between the external computer and Arduino Mega is using the same system as the communication between the Mega and Nano. Every command is sent using numbers encoded as characters. Read more about the commands in the 5.4 section.

The connection between the Arduino Mega and external computer is shown in figure 17.

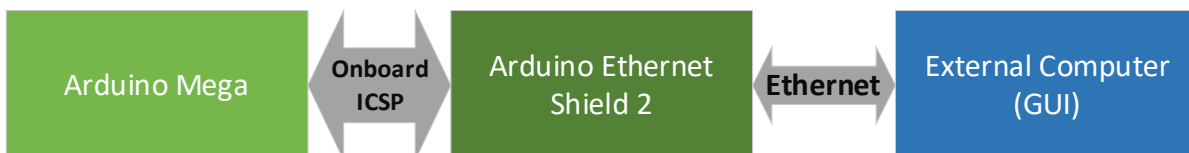


Figure 17: Ethernet Connection

5.3 How to connect the GUI and Arduino Mega

To connect the external computer to the Arduino Mega Ethernet Shield 2, without the use of a router, it's required to make some configuration changes in Windows.

First, connect the Ethernet-USB dongle into a USB-port on the external computer. It will then be found under the network connections tab in Windows as shown in figure 18. Right click the icon and select "properties".

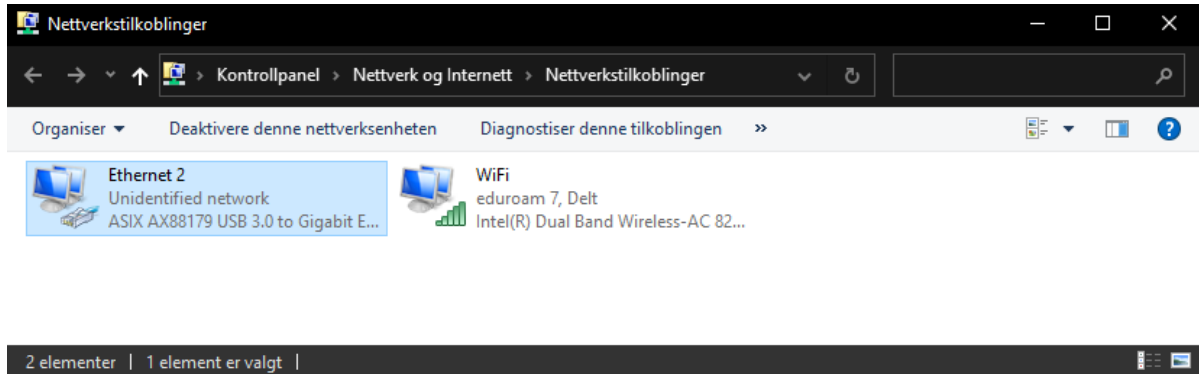


Figure 18: Network connections in Windows 10

Next, highlight "Internet Protocol Version 4" by left clicking it as shown in figure 19. Then click on "properties" to enter the IPv4 configuration for the Ethernet dongle.

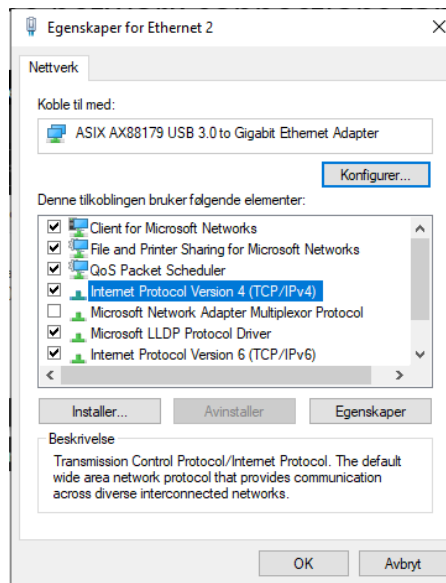


Figure 19: Network properties and IPv4

After the configuration panel is open, select “Use this IP address”. It is then possible to enter the required IP address and subnet mask. Enter “192.168.137.1” in the IP address field and “255.255.255.0” in the subnet mask field as shown in figure 20.

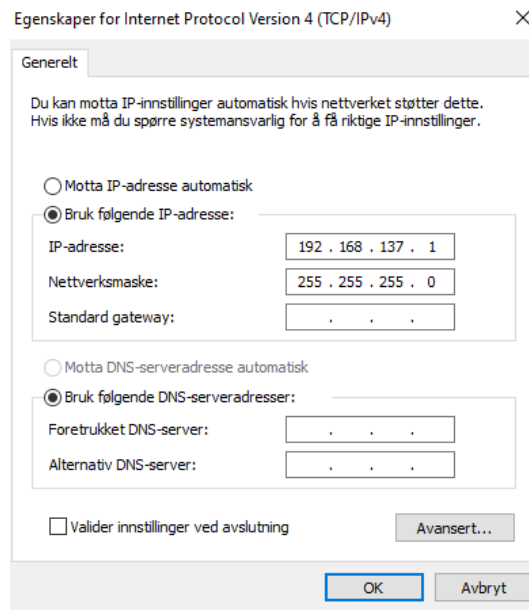


Figure 20: IPv4 configuration

The dongle configuration is now finished. Click “OK” and “Close” to save the changes.

Next, configure the internal network card in the external computer. Once again enter the network connections tab in Windows as shown in figure 18.

Right click the icon for the internal network card shown in figure 21. Then open its properties.

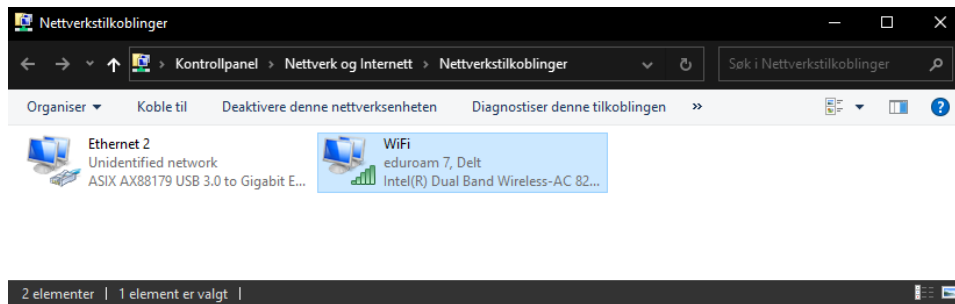


Figure 21: Internal network card

Click on the “Sharing” tab in the top left as highlighted in figure 22.

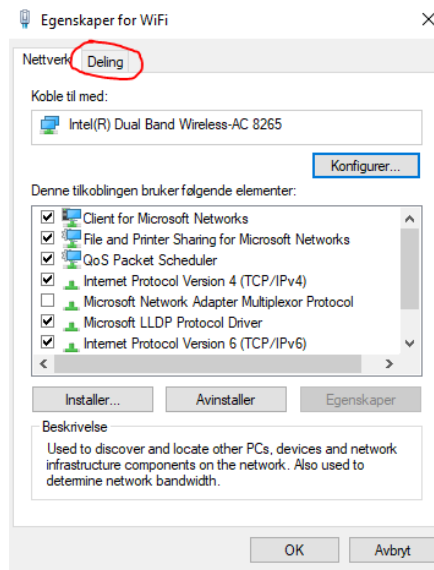


Figure 22: Internal network card properties

Enable the two boxes in the tab as shown in figure 23. Click “OK” and “Close” to save the configuration.

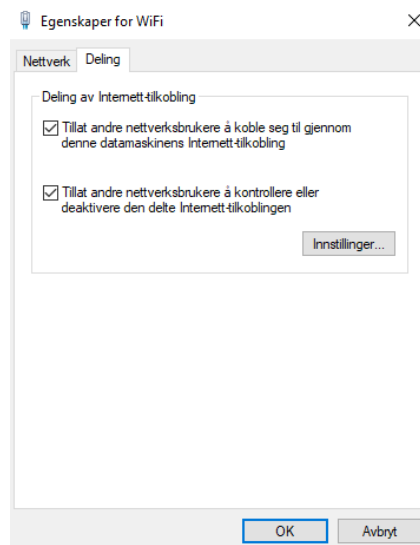


Figure 23: Sharing tab for the internal network card

The configuration of the Ethernet connection is now complete.

5.4 Command list

This is the list over all commands that is currently functioning in the Mini Launcher system. The commands are sent as a character and transformed into an integer at arrival.

Table 3: Commands from Arduino Nano to Arduino Mega

Command	Info
10	"ON" ping
100	Canister 0 status - EMPTY
101	Canister 1 status - EMPTY
102	Canister 2 status - EMPTY
103	Canister 3 status - EMPTY
104	Canister 4 status - EMPTY
105	Canister 5 status - EMPTY
150	Canister 0 status - LOADED
151	Canister 1 status - LOADED
152	Canister 2 status - LOADED
153	Canister 3 status - LOADED
154	Canister 4 status - LOADED
155	Canister 5 status - LOADED

Table 4: Commands from Arduino Mega to Arduino Nano

Command	Info
10	Ask Nano for an "ON" Ping
66	Fire all Canisters at once "Fire All"
67	Cluster Fire
100	Request Canister Status
200	Fire Canister 0
201	Fire Canister 1
202	Fire Canister 2
203	Fire Canister 3
204	Fire Canister 4
205	Fire Canister 5

Table 5: Commands from Arduino Mega to GUI

Command	Info
10	Nano is "ON" ping
12	Ping that indicates Ethernet is active
14	Safety Switch is OFF
15	Safety Switch is ON
20	Rotation has reached the desired pos
25	Both Steppers has reached the desired pos
30	Elevation has reached the desired pos
100	Canister 0 status - EMPTY
101	Canister 1 status - EMPTY
102	Canister 2 status - EMPTY
103	Canister 3 status - EMPTY
104	Canister 4 status - EMPTY
105	Canister 5 status - EMPTY
150	Canister 0 status - LOADED
151	Canister 1 status - LOADED
152	Canister 2 status - LOADED
153	Canister 3 status - LOADED
154	Canister 4 status - LOADED
155	Canister 5 status - LOADED

Table 6: Commando from GUI to Arduino Mega

Command	Info
10	Request an "ON" ping from Nano
11	Set LED to green (System Ready)
12	Set LED to orange (System Active)
13	Set LED to red (System not ready)
66	Request "Fire ALL"
67	Request Cluster Fire
100	Request canister status
200	Request FIRE from Canister 0
201	Request FIRE from Canister 1
202	Request FIRE from Canister 2
203	Request FIRE from Canister 3
204	Request FIRE from Canister 4
205	Request FIRE from Canister 5
1000-6999	Elevation steps
7000-13999	Rotation Steps - Clockwise
14000-19999	Rotation Steps – Counter-Clockwise

6. Code Structure

6.1 Arduino Nano

The code for the Arduino Nano is written in the Arduino IDE. The Arduino IDE is used because the code used on the Nano is simple and short. An added bonus of using different IDEs for the Arduino Nano and Arduino Mega, is the possibility to use multiple serial monitors at the same time. This makes the debugging process much simpler. All code for the Arduino Nano is in a single file named Nano.ino.

At start-up, the PINs are set to the correct PIN mode and the serial communication is initiated with 9600 baud rate. The canister's is also checked to set its initial status. This is needed to detect if the status changes and send an update to the Arduino Mega.

The loop is containing multiple functions. The first functions is readSerial() and receivedData(). They are originally made by "Robin2" on the Arduino forums and modified to fit the system [2]. The functions are used to read data from the RX PIN. readSerial() is gathering the received data in an array until an end marker is detected. The end marker is set to be '\n' which is the same as the new line marker.

receivedData() is used to cast the received data to an integer. This is needed because all commands in the code is using the comparison of the received number to do commands.

Millis is also used in the main loop. Millis is used to do actions after a certain amount of time. Delay is not used because it will pause the code and prevent other parts of the code from running. The actions dependent on millis, is how often the status of each canister is checked and how often the "ON" ping is sent to the Arduino Mega.

The sendStatus() function is used to send the status of a canister to the Arduino Mega if a change is detected.

The fireProjectile() function is used to open the selected solenoid to fire a projectile. It will then close after a set amount of time.

6.1.1 Arduino Nano source code and Doxygen documentation

The code used on the Arduino Nano is further documented using Doxygen in the "RD002 - Doxygen Code Documentation" document. The source code and full Doxygen documentation in HTML format is available on the project's delivered flash drive.

6.2 Arduino Mega

The code for the Arduino Mega is written using Visual Studio Code with the Platform IO addon. Visual Studio Code is used because it makes it easy to work with multiple classes and files. It also makes the process of debugging and writing code simpler when compared to the Arduino IDE.

6.2.1 Libraries:

Ethernet: Used by the Arduino Ethernet Shield 2.

EthernetUdp: Used to enable UDP Ethernet communication.

AccelStepper: Used to control the stepper motors. Also makes it easy to set acceleration and speed.

6.2.2 Arduino Mega IP configuration:

The IP for the Arduino Mega Ethernet Shield 2 is set to 192.168.137.10 and the MAC address is 0xA8, 0x61, 0x0A, 0xAE, 0x27, 0x83. The port used is set to 50505.

The IP of the external computer is also declared and is set to be 192.168.137.1 with the port set to 50506.

6.2.3 main.cpp

The main.cpp file contains most of the code and the setup function and main loop. The setup is used to set the initial parameters of the stepper motors, set the PIN modes and enable the serial communication and set the initial status light colour.

The main loop will start by creating the canister objects and enter a while loop that will be running while the Arduino Mega is powered.

The same function as used on the Arduino Nano is used to communicate on Serial0 and Serial1. The function is used twice and is named readSerialMonitor() for reading from the serial monitor and readSerial1() to read from the RX1 PIN. Read more about the function in the [6.1](#) section.

A function to read data from the Ethernet connection is also used. It is named ethernetReceive() and will read data received from the external computer. It is receiving characters and converting them to an integer. A function named ethernetSend() is used to send data to the external computer.

The rest of the main loop is used to check what command is received either from the Arduino Nano or the external computer (GUI). It is also acting as a bridge between the Nano and GUI by forwarding commands.

6.2.4 main.h

main.h is used to share variables from the main.cpp file to the other files. It is also sharing selected functions.

6.2.5 Canister.cpp

This file is used for the functions of the Canister class. setStatus() is used to set the status of the selected canister. getStatus() is used to request a status update from the Arduino Nano. fireProjectile() is used to trigger the fire of the selected canister. canisterOffset() is used to adjust the offset that each canister will fire. This is used because the barrel of each canister isn't completely straight. It is therefore required to fire with slightly different motor positions for each canister.

6.2.6 Canister.h

This is the file containing the canister class. The class uses the functions described in [6.2.5](#). It also contains the constructor that will give each new canister object a status, ID, rotation offset and elevation offset.

6.2.7 MotorControl.cpp

This file contains a function to control the rotation named setRotation(). It will set the rotation when the system is told to move. The setElevation() function is controlling the elevation when told to move.

6.2.8 MotorControl.h

The motorControl.h file is containing the motor control class. It is used to create the motor control objects by calling the constructor.

6.2.9 Arduino Mega source code and Doxygen documentation

The code used on the Arduino Mega is further documented using Doxygen in the “RD002 - Doxygen Code Documentation” document. The source code and full Doxygen documentation in HTML format is available on the project’s delivered flash drive.

6.3 GUI

The graphical user interface (GUI) is made by using the Qt Creator IDE software. Because the commercial version must be paid for, the open-source version is used [3].

This program is using C++ and QML for coding. The program also contains a design tab for creating and placing the contents of the GUI by dragging and dropping.

The current GUI is shown in figure 24.

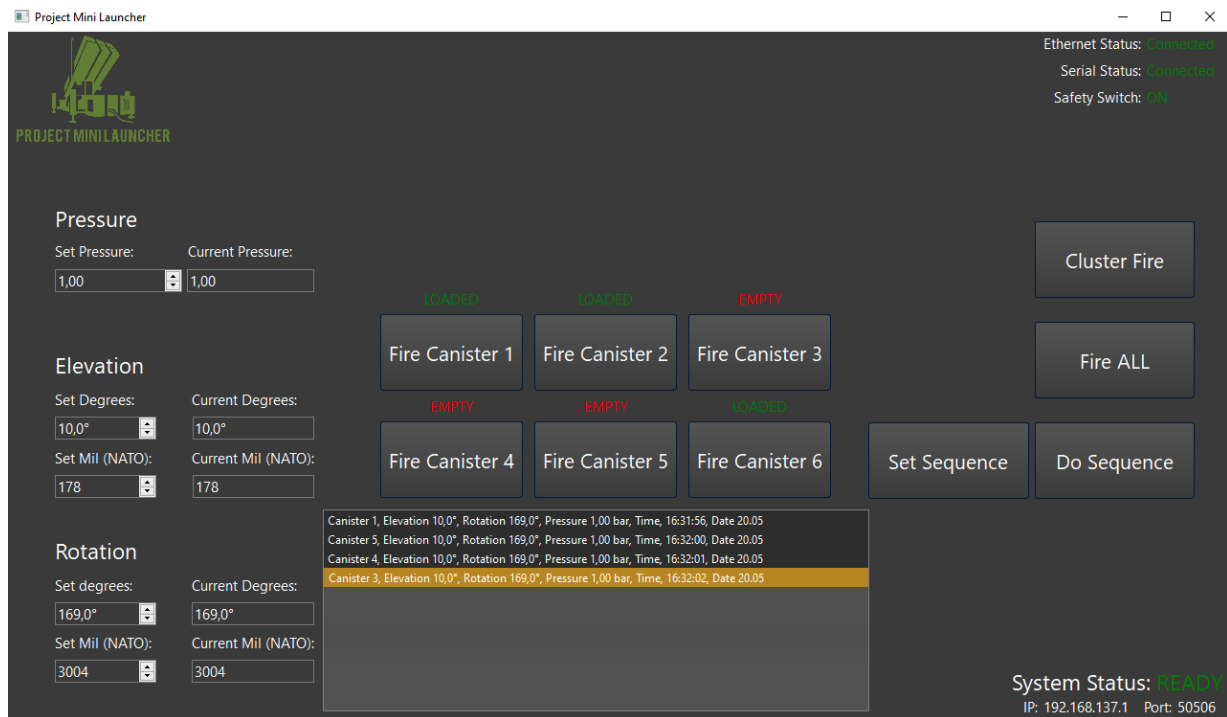


Figure 24: Current GUI design

6.3.1 Included Classes

The GUI is not using any libraries, but instead classes that is imported.

QApplication: Used to handle events, initialization and finalization. This class must be used for the application to function.

QDebug: Used to print debug messages to the console.

QLabel: Used to display text on labels on the GUI.

QPixmap: Used to display images in the GUI.

QDateTime: Used to get the current time for logging purposes.

QMessageBox: Used to display a message box when certain actions trigger it.

6.3.2 GUI IP configuration

The IP is configured in the constructor for the MainWindow object. The IP that the GUI gives itself is set to be 192.168.137.1 with the port 50506. The GUI is sending datagrams to the IP of the Arduino Mega Ethernet Shield 2. The IP of the Shield is set to 192.168.137.10 with the port 50505. This is the same configuration at described in section [6.2.2](#).

6.3.3 PML_GUI.pro

This file contains the QML needed for the GUI to function. The required classes are activated, and their configuration is set. This file will also connect all the other files together. The entire contents of the file are shown in figure 25.

```

1  QT      += core gui
2  QT      += network
3  QT      += core
4  QT      += widgets
5
6
7  greaterThan(QT_MAJOR_VERSION, 4): QT += widgets
8
9  CONFIG += c++17
10
11 # You can make your code fail to compile if it uses deprecated APIs.
12 # In order to do so, uncomment the following line.
13 #DEFINES += QT_DISABLE_DEPRECATED_BEFORE=0x060000 # disables all the APIs deprecated before Qt 6.0.0
14
15 SOURCES += \
16     main.cpp \
17     mainwindow.cpp \
18     sequencedialog.cpp
19
20 HEADERS += \
21     mainwindow.h \
22     sequencedialog.h
23
24 FORMS += \
25     mainwindow.ui \
26     sequencedialog.ui
27
28 # Default rules for deployment.
29 qnx: target.path = /tmp/${TARGET}/bin
30 else: unix:!android: target.path = /opt/${TARGET}/bin
31 isEmpty(target.path): INSTALLS += target
32

```

Figure 25: The .pro file

6.3.4 main.cpp

The main.cpp file is used to create the MainWindow object and will also request a status update from the Arduino Nano at start-up. It will then start the application and display the window.

6.3.5 mainwindow.cpp

This file is containing a majority of the functionality of the GUI.

The constructor MainWindow() will create the main window with the settings for Ethernet communication using Sockets in an UDP configuration. It will also start a timer, display images and display connection status in the GUI.

The sendData() function is used to send an array of characters in the Ethernet connection. processPendingDatagrams() is used to read the incoming datagrams received from the Arduino Mega Ethernet Shield 2 [4]. The function is made by "VoidRealms" on YouTube and modified to fit the system's needs [5]. This function will also use the received data in the argument of other functions to preform actions.

The GUI contains many boxes with numbers which is used for rotation, elevation and pressure. This is called spinboxes and is used to send commands to the Arduino or display data received from the Arduino. The spinboxes will send data when the value inside them is changed. The spinboxes for degrees is converting the inputted number to mil (NATO) and vice versa.

The updateStatus() function is used to determine the overall connection status of the system. If the system is connected, but the safety switch is flipped, it will say "Connected". If the system is armed and connected it will say "Ready." This function will also update the RGB status LED to display green, red or orange colour.

The logging() function is used to write text to a text table on the GUI. This will display the launch parameters and time of the firing.

Buttons to fire each of the 6 canisters is displayed on the GUI. Each of the buttons has its own function which is triggered by being clicked by the mouse. The function will send a command to the Arduino Nano to fire the selected canister. It will also log the firing using the logging() function.

updateMotorPos() is used to display the current motor position by receiving data from the rotational encoders. It will update the position on the GUI by changing the value of a spinbox that is set to read only.

The setLabelText() function is checking the status of each canister and displaying the status. The status can either be LOADED or EMPTY. This function will also change the colour of the text to either green or red.

The getSystemStatus() function is used to determine if the Arduino Nano and Arduino Mega is connected to the GUI. This is dependent on getting a response from the devices within a certain amount of time. This function will also change the text and colour of the connection status label.

The setSequentialFire() function will ask the operator where to fire and then store the locations in an array. This will also open a new window. The stored actions will be performed after the Sequential Fire button is clicked and the doSequentialFire() function is activated. This function will use the data stored in the array to set the positions, pressure and canister that will be used in the launch. It will then go to the next stored firing until the array is empty.

The `stepperReady()` function is used to check if the stepper motor has reached its set location and is ready to fire.

The Fire ALL button will tell the Arduino Nano to fire all canisters at the same time. The Cluster Fire will fire a projectile from canister 0, then canister 1, until canister 5 is reached and all 6 projectiles is fired. The timing between each firing can be set on the Arduino Nano code.

6.3.6 mainwindow.h

This is the file containing the `MainWindow` class. It is used to do all functions and actions when the buttons are clicked. The class will set the functions access parameters. It also contains the `MainWindow` constructor.

6.3.7 mainwindow.ui

This file is used to create the visuals of the GUI and set the limits of input values. The file is shown and edited visually in Qt Creator's designer tab. An example is shown in figure 26. The stylesheet is made by Qss Stock and named "Cominear" [6]. The Project Mini Launcher logo is also added by following the Qt tutorial made by "ProgrammingKnowledge". [7]

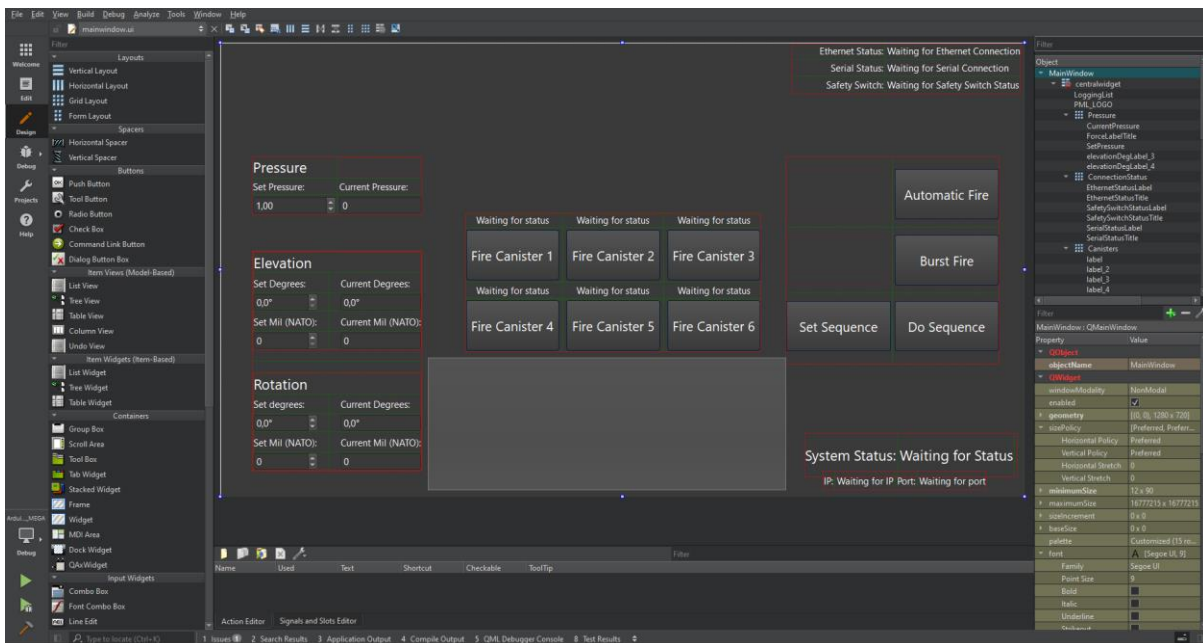


Figure 26: The `MainWindow` designer tab

6.3.8 sequencedialog.cpp

This file is used to create the window that appear when sequential fire is set. The file starts with creating the window to make it ready to be displayed when asked by `MainWindow`.

When the save button is clicked, it will store the values and send them to the `setSequentialFire()` function in the `MainWindow`. The user can input values until all 6 canisters is used. If the user tries to use more than 6 canisters the system will display a message box.

6.3.9 sequencedialog.h

This file is containing the `SequenceDialog` class and its constructor. The required functions are declared, and their access parameters are set.

6.3.10 sequencedialog.ui

This file is used to create the visuals of the sequential fire window. It is also used to set the limits of input values. The file is shown and edited visually in Qt Creator's designer tab as shown in figure 27.

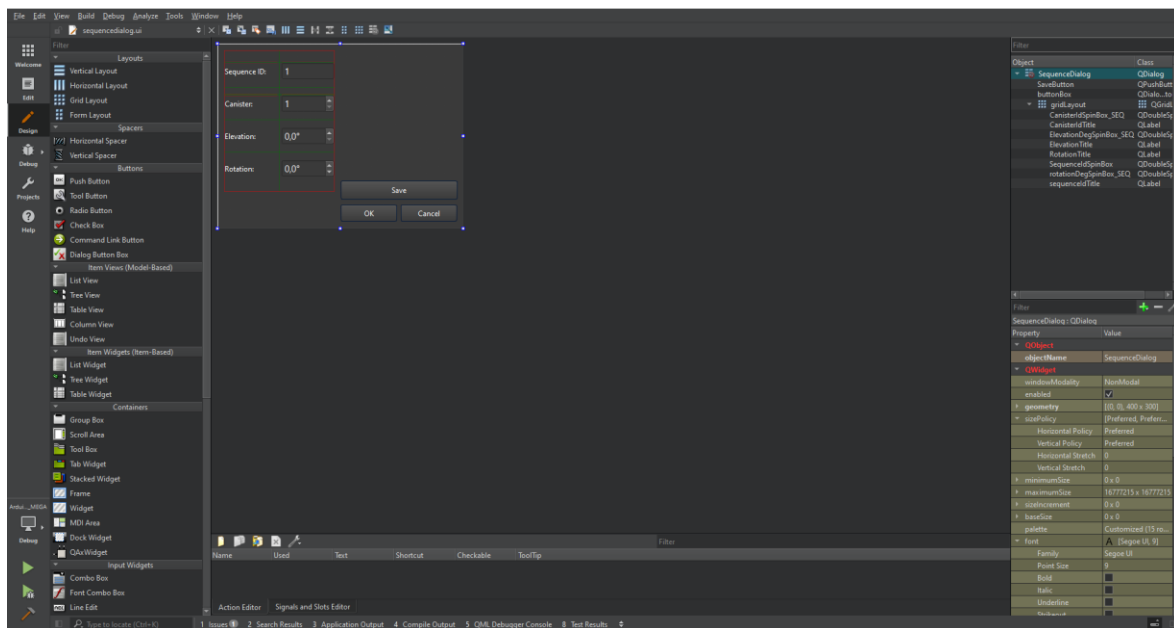


Figure 27: The sequencedialog designer tab

6.3.11 GUI source code and Doxygen documentation

The code used to make the GUI is further documented using Doxygen in the "RD002 - Doxygen Code Documentation" document. The source code and full Doxygen documentation in HTML format is available on the project's delivered flash drive.

7. Planned expansions

The system was planned to be expanded to include a Bluetooth controller or a target location indicator late in the project. It is therefore not documented much.

By using 2 Arduino Nano 33 BLEs it is possible to send data wirelessly by utilizing Bluetooth. This is made easy because the 33 BLE has built-in Bluetooth support. It does also have an included gyroscope that would be used to control the Mini Launcher by imitating the motion of the Arduino. The gyro could also be used to mark a target location and send it to the Mini Launcher. The development was stopped because of the time limit. It is documented further in the "EL006 – Rapport, målbrikke" document.

8. References:

- [1] Arduino Ltd. Ethernet library. Read 11.03.2022. <https://www.arduino.cc/en/Reference/Ethernet>
- [2] Robin2. (2016, 16.04). Serial Input Basics – updated, Forum Arduino. Read 10.05.2022. <https://forum.arduino.cc/t/serial-input-basics-updated/382007>
- [3] Qt. Qt version and pricing information. Read 10.05.2022. <https://www.qt.io/download>
- [4] Qt. QUdpSocket Class. Read 11.03.2022. <https://doc.qt.io/archives/qt-4.8/qudpsocket.html#QUdpSocket>
- [5] VoidRelams. (2011, 23.04). C++ Qt 71 QUdpSocket. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=4qx4FagISig>
- [6] Qss Stock. Combinear stylesheet. Accessed 12.05.2022. <https://qss-stock.devsecstudio.com/templates.php>
- [7] ProgrammingKnowledge. (2016, 20.04). Qt Tutorials For Beginners 11 - Displaying image using label in Qt. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=SyzxerD2Yps>

Project Mini Launcher

Generated by Doxygen 1.9.3

1 Main Page	1
1.1 Arduino Nano	1
1.2 Arduino Mega	2
1.3 Graphical User Interface (GUI)	2
2 Hierarchical Index	2
2.1 Class Hierarchy	2
3 Class Index	2
3.1 Class List	2
4 File Index	3
4.1 File List	3
5 Namespace Documentation	3
5.1 Ui Namespace Reference	3
6 Class Documentation	3
6.1 Canister Class Reference	3
6.1.1 Detailed Description	4
6.1.2 Constructor & Destructor Documentation	4
6.1.3 Member Function Documentation	5
6.1.4 Member Data Documentation	6
6.2 MainWindow Class Reference	7
6.2.1 Detailed Description	8
6.2.2 Constructor & Destructor Documentation	9
6.2.3 Member Function Documentation	10
6.2.4 Member Data Documentation	15
6.3 MotorControl Class Reference	15
6.3.1 Detailed Description	16
6.3.2 Constructor & Destructor Documentation	16
6.3.3 Member Function Documentation	16
6.3.4 Member Data Documentation	17
6.4 SequenceDialog Class Reference	18
6.4.1 Detailed Description	18
6.4.2 Constructor & Destructor Documentation	18
6.4.3 Member Function Documentation	19
6.4.4 Member Data Documentation	19
7 File Documentation	19
7.1 doc_pages/mainpage.md File Reference	19
7.2 Arduino Nano/Nano/Nano.ino File Reference	19
7.2.1 Function Documentation	21
7.2.2 Variable Documentation	22

7.3 GUI/mainwindow.cpp File Reference	25
7.3.1 Variable Documentation	25
7.4 GUI/mainwindow.h File Reference	26
7.5 mainwindow.h	27
7.6 GUI/sequencedialog.cpp File Reference	28
7.6.1 Variable Documentation	28
7.7 GUI/sequencedialog.h File Reference	28
7.8 sequencedialog.h	29
7.9 Arduino_Mega/src/Canister.cpp File Reference	29
7.10 Arduino_Mega/src/Canister.h File Reference	29
7.11 Canister.h	29
7.12 GUI/main.cpp File Reference	30
7.12.1 Function Documentation	30
7.13 Arduino_Mega/src/main.cpp File Reference	30
7.13.1 Macro Definition Documentation	33
7.13.2 Function Documentation	34
7.13.3 Variable Documentation	37
7.14 Arduino_Mega/src/main.h File Reference	42
7.14.1 Function Documentation	42
7.15 main.h	43
7.16 Arduino_Mega/src/MotorControl.cpp File Reference	43
7.17 Arduino_Mega/src/MotorControl.h File Reference	43
7.18 MotorControl.h	43
Index	45

1 Main Page

This site contains the documentation for all the code used in the Project Mini Launcher bachelor project. The project is using an Arduino Mega, an Arduino Nano and an external computer that hosts the GUI.

The code is also documented in the "RD001 - Digital Interface" document. The source code is available in the projects flash drive.

1.1 Arduino Nano

The Arduino Nano is controlling the firing and status of projectiles. It is located in the top structure of the launcher. It's also communicating to the Arduino Mega using the serial port. It can receive a command to fire a single canister at a time or all at once. It can also send the status of each cannister by telling if it is loaded or not. The code for the Arduino Nano is written using the Arduino IDE.

The code for the Nano is in this file:
LINK ONLY WORK WHEN VIEWING IN HTML
[ArduinoNano.ino](#)

1.2 Arduino Mega

The Arduino Mega is responsible for controlling the rotation, elevation, pressure, system status. It is communicating with the Nano using serial port1. It is communicating with the GUI using the Arduino Ethernet Shield 2.

The code for the Arduino Mega is written in Visual Studio Code with the PlatformIO addon.

The code for the Mega is in these files:

LINKS ONLY WORK WHEN VIEWING IN HTML

```
main.cpp
main.h
Canister.cpp
Canister.h
MotorControl.cpp
MotorControl.h
```

1.3 Graphical User Interface (GUI)

The GUI is used to control the system, see system status and read the firing log.

It is communicating with the Arduino Mega using an Ethernet Socket.

The GUI is made in Qt Creator and is written in C++ and QML.

The code for the GUI is in these files:

LINKS ONLY WORK WHEN VIEWING IN HTML

```
main.cpp
mainwindow.cpp
mainwindow.h
sequencewindow.cpp
sequencewindow.h
```

2 Hierarchical Index

2.1 Class Hierarchy

This inheritance list is sorted roughly, but not completely, alphabetically:

Canister	3
MotorControl	15
QDialog	
SequenceDialog	18
QMainWindow	
MainWindow	7

3 Class Index

3.1 Class List

Here are the classes, structs, unions and interfaces with brief descriptions:

Canister

The **Canister** class This class is used to control the canisters The class contains the following functions

3

MainWindow

The **MainWindow** class This class is used to start the socket, show the GUI and communicate with the Arduino Mega The class contains the following functions

7

MotorControl

The **MotorControl** class This class is used to control the steppermotors The class contains the following functions

15

SequenceDialog

The **SequenceDialog** class This class is used to display the window to set the sequential fire The class contains the following function

18

4 File Index

4.1 File List

Here is a list of all files with brief descriptions:

Arduino Nano/Nano/Nano.ino	19
GUI/main.cpp	30
GUI/mainwindow.cpp	25
GUI/mainwindow.h	26
GUI/sequencedialog.cpp	28
GUI/sequencedialog.h	28
Arduino_Mega/src/Canister.cpp	29
Arduino_Mega/src/Canister.h	29
Arduino_Mega/src/main.cpp	30
Arduino_Mega/src/main.h	42
Arduino_Mega/src/MotorControl.cpp	43
Arduino_Mega/src/MotorControl.h	43

5 Namespace Documentation

5.1 Ui Namespace Reference

6 Class Documentation

6.1 Canister Class Reference

The **Canister** class This class is used to control the canisters The class contains the following functions.

```
#include <Canister.h>
```

Public Member Functions

- [Canister](#) ()
The [Canister](#) constructor It will give the canister a status, ID, rotation offset and elevation offset.
- void [setStatus](#) (int cID)
Function to set the status of a canister.
- void [fireProjectile](#) ()
Function to send a command to fire the selected canister.
- void [getStatus](#) ()
Function to request the status of the selected canister.
- void [canisterOffset](#) (int rot, int elv)
This function will store the offset of rotation and elevation.
- int [getRotationOffset](#) ()
This function will return the rotation offset.
- int [getElevationOffset](#) ()
This function will return the elevation offset.

Private Attributes

- int [status](#)
The status of each canister. 1 is LOADED and 0 is EMPTY.
- int [id](#) = 0
The ID of the canister.
- int [rotationOffset](#)
The number of steps to offset the rotation.
- int [elevationOffset](#)
The number of steps to offset the rotation.

Static Private Attributes

- static int [ID](#) = 0
Variable to increase the ID by 1 when a [Canister](#) object is created. The canister ID starts at 0.

6.1.1 Detailed Description

The [Canister](#) class This class is used to control the canisters The class contains the following functions.

See also

[Canister\(\)](#)
[setStatus\(\)](#)
[getStatus\(\)](#)
[fireProjectile\(\)](#)

6.1.2 Constructor & Destructor Documentation

6.1.2.1 Canister() `Canister () [inline]`

The `Canister` constructor It will give the canister a status, ID, rotation offset and elevation offset.

6.1.3 Member Function Documentation

6.1.3.1 `canisterOffset()` `void canisterOffset (int rot, int elv)`

This function will store the offset of rotation and elevation.

Parameters

<i>rot</i>	Is the number of steps to offset the rotation.
<i>elv</i>	Is the number of steps to offset the elevation.

6.1.3.2 `fireProjectile()` `void fireProjectile ()`

Function to send a command to fire the selected canister.

The command will be sent to the Arduino Nano.

6.1.3.3 `getElevationOffset()` `int getElevationOffset ()`

This function will return the elevation offset.

Returns

The elevation offset used for firing

6.1.3.4 `getRotationOffset()` `int getRotationOffset ()`

This function will return the rotation offset.

Returns

The rotation offset used for firing

6.1.3.5 `getStatus()` `void getStatus ()`

Function to request the status of the selected canister.

This function will send a request to the Arduino Nano.

6.1.3.6 `setStatus()` `void setStatus (int cID)`

Function to set the status of a canister.

Parameters

<i>cid</i>	is the canister ID
------------	--------------------

6.1.4 Member Data Documentation**6.1.4.1 elevationOffset** `int elevationOffset [private]`

The number of steps to offset the rotation.

6.1.4.2 id `int id = 0 [private]`

The ID of the canister.

6.1.4.3 ID `int ID = 0 [static], [private]`

Variable to increase the ID by 1 when a [Canister](#) object is created. The canister ID starts at 0.

6.1.4.4 rotationOffset `int rotationOffset [private]`

The number of steps to offset the rotation.

6.1.4.5 status `int status [private]`

The status of each canister. 1 is LOADED and 0 is EMPTY.

The documentation for this class was generated from the following files:

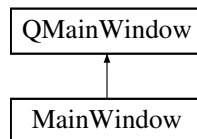
- [Arduino_Mega/src/Canister.h](#)
- [Arduino_Mega/src/Canister.cpp](#)

6.2 MainWindow Class Reference

The [MainWindow](#) class This class is used to start the socket, show the GUI and communicate with the Arduino Mega The class contains the following functions.

```
#include <mainwindow.h>
```

Inheritance diagram for MainWindow:



Public Member Functions

- [MainWindow](#) (QWidget *parent=nullptr)
The MainWindow constructor.
- [~MainWindow](#) ()
MainWindow destructor.
- void [logging](#) (QString canisterId)
Function to log after a firing.
- void [sendData](#) (std::string dataToSend)
Function to send data with Ethernet.
- void [setLabelText](#) (QByteArray canisterStatus)
Function to update the labels in the GUI with the status of each canister.
- void [updateMotorPos](#) (QByteArray motorPos)
Function to display the current rotation and elevation pos in the GUI.
- void [getSystemStatus](#) (QByteArray systemStatus)
Function to set the status of each canister.
- void [setSequentialFire](#) (int id, int canisterId, int rot, int elv, int bar)
Function to set the parameters of a sequential firing.
- void [doSequentialFire](#) (int numberOfFirings)
Function to start the sequential fire.
- void [stepperReady](#) (QByteArray datagram)
Function to check if the steppers has reached the desired pos.
- void [fireProjectile](#) (QByteArray datagram)
Function to fire a projectile.

Private Slots

- void [processPendingDatagrams](#) ()
Function to read data from the Ethernet connection.
- void [on_pushButton_1_clicked](#) ()
Function to check if button 1 has been pushed.
- void [on_pushButton_2_clicked](#) ()
Function to check if button 2 has been pushed.
- void [on_pushButton_3_clicked](#) ()
Function to check if button 3 has been pushed.

- void [on_pushButton_4_clicked](#) ()
Function to check if button 4 has been pushed.
- void [on_pushButton_5_clicked](#) ()
Function to check if button 5 has been pushed.
- void [on_pushButton_6_clicked](#) ()
Function to check if button 6 has been pushed.
- void [on_elevationDegSpinBox_valueChanged](#) (double arg1)
Function to set the elevation angle in degrees.
- void [on_elevationMilSpinBox_valueChanged](#) (double arg1)
Function to set the elevation angle in mil (NATO).
- void [on_rotationDegSpinBox_2_valueChanged](#) (double arg1)
Function to set the rotation angle in degrees.
- void [on_rotationMilSpinBox_2_valueChanged](#) (double arg1)
Function to set the rotation angle in mil (NATO).
- void [updateStatus](#) ()
Function to check the status of the Ethernet and Arduino Nano Serial connections and the safety switch button pos.
- void [on_sequentialFireButton_clicked](#) ()
Function to start the sequential fire if the button is clicked.
- void [on_Setpressure_valueChanged](#) (double arg1)
Function to set the pressure of the firing.
- void [on_BurstModeButton_clicked](#) ()
Function to start the sburst fire if the button is clicked.
- void [on_setSequentialFireButton_clicked](#) ()
Function to set the sequential fire if the button is clicked.
- void [on_FireAutomaticButton_clicked](#) ()
Function to start the automatic fire if the button is clicked.

Private Attributes

- QUdpSocket * [socket](#)
Dereference the socket.
- Ui::MainWindow * [ui](#)
Dereference the ui.
- QTimer * [timer](#)
Dereference the timer.

6.2.1 Detailed Description

The [MainWindow](#) class This class is used to start the socket, show the GUI and communicate with the Arduino Mega The class contains the following functions.

See also

[MainWindow\(\)](#)
[~MainWindow\(\)](#)
[logging\(\)](#)
[sendData\(\)](#)
[setLabelText\(\)](#)
[updateMotorPos\(\)](#)
[getSystemStatus\(\)](#)
[doSequentialFire\(\)](#)
[stepperReady\(\)](#)
[fireProjectile\(\)](#)

This class is also containing the following slots for interaction with the GUI

[on_pushButton_1_clicked\(\)](#)
[on_pushButton_2_clicked\(\)](#)
[on_pushButton_3_clicked\(\)](#)
[on_pushButton_4_clicked\(\)](#)
[on_pushButton_5_clicked\(\)](#)
[on_pushButton_6_clicked\(\)](#)
[processPendingDatagrams\(\)](#)
[updateStatus\(\)](#)
[on_elevationMilSpinBox_valueChanged\(\)](#)
[on_elevationDegSpinBox_valueChanged\(\)](#)
[on_rotationDegSpinBox_2_valueChanged\(\)](#)
[on_rotationMilSpinBox_2_valueChanged\(\)](#)
[on_sequentialFireButton_clicked\(\)](#)
[on_Setpressure_valueChanged\(\)](#)
[on_BurstModeButton_clicked\(\)](#)
[on_setSequentialFireButton_clicked\(\)](#)
[on_FireAutomaticButton_clicked\(\)](#)

6.2.2 Constructor & Destructor Documentation

6.2.2.1 MainWindow() `MainWindow (QWidget * parent = nullptr)`

The [MainWindow](#) constructor.

Parameters

<i>parent</i>	Is used to input a QWidget
---------------	----------------------------

Note

The method for displaying images using QPixmap is made using the tutorial on YouTube made by "ProgrammingKnowledge" on YouTube and modified to fit the system.

Ref: <https://www.youtube.com/watch?v=SyzxerD2Yps>

6.2.2.2 ~MainWindow() ~MainWindow ()

MainWindow destructor.

6.2.3 Member Function Documentation**6.2.3.1 doSequentialFire()** `void doSequentialFire (
 int numberOfFirings)`

Function to start the sequential fire.

Parameters

<i>numberOfFirings</i>	The sequence will fire until all sequences is done.
------------------------	---

6.2.3.2 fireProjectile() `void fireProjectile (
 QByteArray datagram)`

Function to fire a projectile.

Parameters

<i>datagram</i>	Check if both motors has reached its set pos and the launcher is ready for a new firing.
-----------------	--

6.2.3.3 getSystemStatus() `void getSystemStatus (
 QByteArray systemStatus)`

Function to set the status of each canister.

The colour and text will change.

Parameters

<i>systemStatus</i>	The received status of the system. 100 to 105 and 150 to 155.
---------------------	---

6.2.3.4 logging() `void logging (
 QString canisterId)`

Function to log after a firing.

Parameters

<i>canisterId</i>	The ID of the fired canister
-------------------	------------------------------

6.2.3.5 on_BurstModeButton_clicked `void on_BurstModeButton_clicked () [private], [slot]`

Function to start the sburst fire if the button is clicked.

6.2.3.6 on_elevationDegSpinBox_valueChanged `void on_elevationDegSpinBox_valueChanged (
 double arg1) [private], [slot]`

Function to set the elevation angle in degrees.

Parameters

<i>arg1</i>	Contains the value of the elevation angle in degrees.
-------------	---

6.2.3.7 on_elevationMilSpinBox_valueChanged `void on_elevationMilSpinBox_valueChanged (
 double arg1) [private], [slot]`

Function to set the elevation angle in mil (NATO).

Parameters

<i>arg1</i>	Contains the value of the elevation angle in mil (NATO).
-------------	--

6.2.3.8 on_FireAutomaticButton_clicked `void on_FireAutomaticButton_clicked () [private],
 [slot]`

Function to start the automatic fire if the button is clicked.

6.2.3.9 on_pushButton_1_clicked `void on_pushButton_1_clicked () [private], [slot]`

Function to check if button 1 has been pushed.

This will fire canister 0

6.2.3.10 on_pushButton_2_clicked `void on_pushButton_2_clicked () [private], [slot]`

Function to check if button 2 has been pushed.

This will fire canister 1

6.2.3.11 on_pushButton_3_clicked `void on_pushButton_3_clicked () [private], [slot]`

Function to check if button 3 has been pushed.

This will fire canister 2

6.2.3.12 on_pushButton_4_clicked `void on_pushButton_4_clicked () [private], [slot]`

Function to check if button 4 has been pushed.

This will fire canister 3

6.2.3.13 on_pushButton_5_clicked `void on_pushButton_5_clicked () [private], [slot]`

Function to check if button 5 has been pushed.

This will fire canister 4

6.2.3.14 on_pushButton_6_clicked `void on_pushButton_6_clicked () [private], [slot]`

Function to check if button 6 has been pushed.

This will fire canister 5

6.2.3.15 on_rotationDegSpinBox_2_valueChanged `void on_rotationDegSpinBox_2_valueChanged (double arg1) [private], [slot]`

Function to set the rotation angle in degrees.

Parameters

<i>arg1</i>	Contains the value of the elevation angle in degrees.
-------------	---

6.2.3.16 on_rotationMilSpinBox_2_valueChanged `void on_rotationMilSpinBox_2_valueChanged (`

```
double arg1 ) [private], [slot]
```

Function to set the rotation angle in mil (NATO).

Parameters

<i>arg1</i>	Contains the value of the elevation angle in mil (NATO).
-------------	--

6.2.3.17 on_sequentialFireButton_clicked void on_sequentialFireButton_clicked () [private], [slot]

Function to start the sequential fire if the button is clicked.

6.2.3.18 on_Setpressure_valueChanged void on_Setpressure_valueChanged (double arg1) [private], [slot]

Function to set the pressure of the firing.

Parameters

<i>arg1</i>	Is the input pressure.
-------------	------------------------

6.2.3.19 on_setSequentialFireButton_clicked void on_setSequentialFireButton_clicked () [private], [slot]

Function to set the sequential fire if the button is clicked.

6.2.3.20 processPendingDatagrams void processPendingDatagrams () [private], [slot]

Function to read data from the Ethernet connection.

Note

The code for sending data with Ethernet is from the "C++ Qt 71 QUDPSocket" tutorial on YouTube. Made by VoidRealms.

Ref: <https://www.youtube.com/watch?v=4qx4Fag1Sig>

6.2.3.21 sendData() void sendData (std::string dataToSend)

Function to send data with Ethernet.

Parameters

<i>dataToSend</i>	What data to send
-------------------	-------------------

6.2.3.22 setLabelText() `void setLabelText (`
`QByteArray canisterStatus)`

Function to update the labels in the GUI with the status of each canister.

Parameters

<i>canisterStatus</i>	The status of a canister. Can be either 1 or 0
-----------------------	--

6.2.3.23 setSequentialFire() `void setSequentialFire (`
`int id,`
`int canisterId,`
`int rot,`
`int elv,`
`int bar)`

Function to set the parameters of a sequential firing.

Parameters

<i>id</i>	The ID of the squence. Starts at 0 and can go to 5.
<i>canister↔ id</i>	The ID of the selected canister
<i>rot</i>	The rotation used in the sequence
<i>elv</i>	The elevation used in the sequence
<i>bar</i>	The pressure used in the sequence

6.2.3.24 stepperReady() `void stepperReady (`
`QByteArray datagram)`

Function to check if the steppers has reached the desired pos.

Parameters

<i>datagram</i>	Will check if the elevation and rotation has reached its set pos.
-----------------	---

6.2.3.25 updateMotorPos() `void updateMotorPos (QByteArray motorPos)`

Function to display the current rotation and elevation pos in the GUI.

Parameters

<i>motorPos</i>	The current stepper motor pos
-----------------	-------------------------------

6.2.3.26 updateStatus `void updateStatus () [private], [slot]`

Function to check the status of the Ethernet and Arduino Nano Serial connections and the safety switch button pos.

The received status of the system. Uses 10, 12, 14 or 15 as inputs.

6.2.4 Member Data Documentation

6.2.4.1 socket `QUdpSocket* socket [private]`

Dereference the socket.

6.2.4.2 timer `QTimer* timer [private]`

Dereference the timer.

6.2.4.3 ui `Ui::MainWindow* ui [private]`

Dereference the ui.

The documentation for this class was generated from the following files:

- [GUI/mainwindow.h](#)
- [GUI/mainwindow.cpp](#)

6.3 MotorControl Class Reference

The [MotorControl](#) class This class is used to control the steppermotors The class contains the following functions.

```
#include <MotorControl.h>
```

Public Member Functions

- [MotorControl](#) ()
Constructor for the [MotorControl](#) object.
- void [setRotation](#) ()
Function to set the desired rotation.
- void [setElevation](#) ()
Function to set the desired elevation.
- float [getElevationPos](#) ()
Function to get the current rotation.
- float [getRotationPos](#) ()
Function to get the current rotation.

Private Attributes

- float [currentRotationPos](#) = 0
Read the current rotational encoder pos for rotation.
- float [startRotationPos](#)
Store the starting pos of the rotational encoder for rotation.
- float [currentElevationPos](#) = 0
Read the current rotational encoder pos for elevation.
- float [startElevationPos](#)
Store the starting pos of the rotational encoder for elevation.

6.3.1 Detailed Description

The [MotorControl](#) class This class is used to control the steppermotors The class contains the following functions.

See also

[MotorControl\(\)](#)
[setRotation\(\)](#)
[setElevation\(\)](#)
[getRotationPos\(\)](#)
[getElevationPos\(\)](#)

6.3.2 Constructor & Destructor Documentation

6.3.2.1 [MotorControl\(\)](#) `MotorControl ()` [inline]

Constructor for the [MotorControl](#) object.

6.3.3 Member Function Documentation

6.3.3.1 getElevationPos() `float getElevationPos ()`

Function to get the current rotation.

6.3.3.2 getRotationPos() `float getRotationPos ()`

Function to get the current rotation.

6.3.3.3 setElevation() `void setElevation ()`

Function to set the desired elevation.

6.3.3.4 setRotation() `void setRotation ()`

Function to set the desired rotation.

6.3.4 Member Data Documentation**6.3.4.1 currentElevationPos** `float currentElevationPos = 0 [private]`

Read the current rotational encoder pos for elevation.

6.3.4.2 currentRotationPos `float currentRotationPos = 0 [private]`

Read the current rotational encoder pos for rotation.

6.3.4.3 startElevationPos `float startElevationPos [private]`

Store the starting pos of the rotational encoder for elevation.

6.3.4.4 startRotationPos `float startRotationPos [private]`

Store the starting pos of the rotational encoder for rotation.

The documentation for this class was generated from the following files:

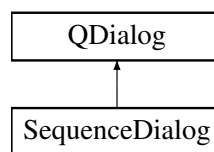
- [Arduino_Mega/src/MotorControl.h](#)
- [Arduino_Mega/src/MotorControl.cpp](#)

6.4 SequenceDialog Class Reference

The [SequenceDialog](#) class This class is used to display the window to set the sequential fire The class contains the following function.

```
#include <sequencedialog.h>
```

Inheritance diagram for SequenceDialog:



Public Member Functions

- [SequenceDialog](#) (`QWidget *parent=nullptr`)
The [SequenceDialog](#) constructor.
- [~SequenceDialog](#) ()
The [SequenceDialog](#) destructor.

Private Slots

- void [on_SaveButton_clicked](#) ()
Function to save the set sequence after the button is clicked.

Private Attributes

- `Ui::SequenceDialog * ui`
Dereference the ui.

6.4.1 Detailed Description

The [SequenceDialog](#) class This class is used to display the window to set the sequential fire The class contains the following function.

See also

[on_SaveButton_clicked\(\)](#)

6.4.2 Constructor & Destructor Documentation

6.4.2.1 SequenceDialog() `SequenceDialog (` `QWidget * parent = nullptr) [explicit]`

The [SequenceDialog](#) constructor.

Parameters

<i>parent</i>	Is used to input a QWidget
---------------	----------------------------

6.4.2.2 `~SequenceDialog()` `~SequenceDialog ()`

The `SequenceDialog` destructor.

6.4.3 Member Function Documentation**6.4.3.1** `on_SaveButton_clicked` `void on_SaveButton_clicked () [private], [slot]`

Function to save the set sequence after the button is clicked.

6.4.4 Member Data Documentation**6.4.4.1** `ui` `Ui::SequenceDialog* ui [private]`

Dereference the ui.

The documentation for this class was generated from the following files:

- GUI/[sequencedialog.h](#)
- GUI/[sequencedialog.cpp](#)

7 File Documentation

7.1 doc_pages/mainpage.md File Reference

7.2 Arduino Nano/Nano/Nano.ino File Reference

Functions

- void `setup` ()
The setup function The pinModes are set and serial communication is started at 9600 baud rate.
- void `checkStatus` ()
- void `sendStatus` ()
- void `fireProjectile` ()
- void `readSerial` ()
- void `recievedData` ()
- void `loop` ()
Main loop.

Variables

- const long `solenoidOpenTime` = 100
The time each solenoid is open in milliseconds.
- int `updateStatusDelay` = 500
How often to check canister status in milliseconds.
- unsigned long `updateStatusMillis` = 0
Used to store the time since last status update.
- unsigned long `projectileDetectionMillis` = 0
Used to store the time since last projectile update.

Canister Fire Pins

PINs for activating solenoids.

PIN 2 to 7 is used.

- int `firePin0` = 2
Pin used to fire canister 0.
- int `firePin1` = 3
Pin used to fire canister 1.
- int `firePin2` = 4
Pin used to fire canister 2.
- int `firePin3` = 5
Pin used to fire canister 3.
- int `firePin4` = 6
Pin used to fire canister 4.
- int `firePin5` = 7
Pin used to fire canister 5.
- const int `numOfCanisters` = 6
Define the numbers of canisters/projectiles. This should always be 6.

Canister Status Pins

PINs for projectile detection.

PIN 8 to 13 is used.

- int `statusPin0` = 8
Pin used to detect projectiles in canister 0.
- int `statusPin1` = 9
Pin used to detect projectiles in canister 1.
- int `statusPin2` = 10
Pin used to detect projectiles in canister 2.
- int `statusPin3` = 11
Pin used to detect projectiles in canister 3.
- int `statusPin4` = 12
Pin used to detect projectiles in canister 4.
- int `statusPin5` = 13
Pin used to detect projectiles in canister 5.
- int `statusArray` [6][2]
This array will store the status of each canister. The values is stored as [Canister ID][true/false].

Read Serial

Variables to store data from serial.

Warning

You must unplug tx/rx to upload code.

- const byte `numChars` = 32
The maximum size of received data.
- char `receivedChars` [`numChars`]
Variable to store the received data.
- boolean `newData` = false
Variable to only ready new data if any is detected.
- int `recievedInt` = 0
Variable to set the initial value of data received from serial.

7.2.1 Function Documentation**7.2.1.1 checkStatus()** `void checkStatus ()`

Check the status of PIN 8 to 13.

If the PIN is LOW the canister is LOADED. If the PIN is HIGH the canister is NOT LOADED.

7.2.1.2 fireProjectile() `void fireProjectile ()`

Fire the selected canister.

7.2.1.3 loop() `void loop ()`

Main loop.

The main loop will also send a "ping" every 2 seconds to tell the other units it is running. The loop contains: `readSerial()` `recievedData()` `checkStatus()` `fireProjectile()`

7.2.1.4 readSerial() `void readSerial ()`

Read data from the serial buffer.

Note

The endmarker '\n' is used to separate incoming data. Data is stored in the "receivedChars" array.

Code for reading input from serial is from example 4 made by "Robin2" on the Arduino forums.

The code is modified further to fit the system.

Ref: <https://forum.arduino.cc/t/serial-input-basics-updated/382007>

7.2.1.5 recievedData() `void recievedData ()`

Store received data as an integer

7.2.1.6 sendStatus() `void sendStatus ()`

Send projectile status if requested. If the PIN is LOW the canister is LOADED. If the PIN is HIGH the canister is NOT LOADED.

7.2.1.7 setup() `void setup ()`

The setup function The pinModes are set and serial communication is started at 9600 baud rate.

It will also find the initial status of each canister. Begin serial on USB and tx/rx PINs.

7.2.2 Variable Documentation**7.2.2.1 firePin0** `int firePin0 = 2`

Pin used to fire canister 0.

7.2.2.2 firePin1 `int firePin1 = 3`

Pin used to fire canister 1.

7.2.2.3 firePin2 `int firePin2 = 4`

Pin used to fire canister 2.

7.2.2.4 firePin3 `int firePin3 = 5`

Pin used to fire canister 3.

7.2.2.5 firePin4 `int firePin4 = 6`

Pin used to fire canister 4.

7.2.2.6 firePin5 `int firePin5 = 7`

Pin used to fire canister 5.

7.2.2.7 newData `boolean newData = false`

Variable to only ready new data if any is detected.

7.2.2.8 numChars `const byte numChars = 32`

The maximum size of received data.

7.2.2.9 numOfCanisters `const int numOfCanisters = 6`

Define the numbers of canisters/projectiles. This should always be 6.

7.2.2.10 projectileDetectionMillis `unsigned long projectileDetectionMillis = 0`

Used to store the time since last projectile update.

7.2.2.11 receivedChars `char receivedChars[numChars]`

Variable to store the received data.

7.2.2.12 recievedInt `int recievedInt = 0`

Variable to set the initial value of data received from serial.

7.2.2.13 solenoidOpenTime `const long solenoidOpenTime = 100`

The time each solenoid is open in milliseconds.

7.2.2.14 statusArray `int statusArray[6][2]`

This array will store the status of each canister. The values is stored as [[Canister ID](#)][true/false].

7.2.2.15 statusPin0 `int statusPin0 = 8`

Pin used to detect projectiles in canister 0.

7.2.2.16 statusPin1 `int statusPin1 = 9`

Pin used to detect projectiles in canister 1.

7.2.2.17 statusPin2 `int statusPin2 = 10`

Pin used to detect projectiles in canister 2.

7.2.2.18 statusPin3 `int statusPin3 = 11`

Pin used to detect projectiles in canister 3.

7.2.2.19 statusPin4 `int statusPin4 = 12`

Pin used to detect projectiles in canister 4.

7.2.2.20 statusPin5 `int statusPin5 = 13`

Pin used to detect projectiles in canister 5.

7.2.2.21 updateStatusDelay `int updateStatusDelay = 500`

How often to check canister status in milliseconds.

7.2.2.22 updateStatusMillis `unsigned long updateStatusMillis = 0`

Used to store the time since last status update.

7.3 GUI/mainwindow.cpp File Reference

```
#include "mainwindow.h"
#include "ui_mainwindow.h"
#include <QDebug>
#include <string.h>
#include <QLabel>
#include <QPixmap>
#include "sequencedialog.h"
#include <QDateTime>
```

Variables

- int `ethernetTimeout` = 1
Variable to check how long the Ethernet connection has been timed out.
- int `serialTimeout` = 1
Variable to check how long the Serial connection has been timed out.
- int `pressure` = 1
Set the initial ressure. Standard is 1 bar.
- int `sequentialFireArray` [6][4]
Array to store sequential firings set by the operator.
- bool `elevationReady` = false
Variable to check is the elevation has reached its set pos.
- bool `rotationReady` = false
Variable to check is the rotation has reached its set pos.
- bool `readyToFire` = true
Variable to check if the system is ready for the next firing.
- int `firingCounter` = 0
Variable to check how many canisters had been fired. Maximum is 6.

7.3.1 Variable Documentation

7.3.1.1 elevationReady `bool elevationReady = false`

Variable to check is the elevation has reached its set pos.

7.3.1.2 ethernetTimeout `int ethernetTimeout = 1`

Variable to check how long the Ethernet connection has been timed out.

7.3.1.3 firingCounter `int firingCounter = 0`

Variable to check how many canisters had been fired. Maximum is 6.

7.3.1.4 pressure `int pressure = 1`

Set the initial ressure. Standard is 1 bar.

7.3.1.5 readyToFire `bool readyToFire = true`

Variable to check if the system is ready for the next firing.

7.3.1.6 rotationReady `bool rotationReady = false`

Variable to check is the rotation has reached its set pos.

7.3.1.7 sequentialFireArray `int sequentialFireArray[6][4]`

Array to store sequential firings set by the operator.

7.3.1.8 serialTimeout `int serialTimeout = 1`

Variable to check how long the Serial connection has been timed out.

7.4 GUI/mainwindow.h File Reference

```
#include <QMainWindow>
#include <QUdpSocket>
#include <QTimer>
```

Classes

- class [MainWindow](#)

The [MainWindow](#) class This class is used to start the socket, show the GUI and communicate with the Arduino Mega The class contains the following functions.

Namespaces

- namespace `Ui`

7.5 mainwindow.h

[Go to the documentation of this file.](#)

```
1 #ifndef MAINWINDOW_H
2 #define MAINWINDOW_H
3
4 #include <QMainWindow>
5 #include <QUdpSocket>
6 #include <QTimer>
7
8 QT_BEGIN_NAMESPACE
9 namespace Ui { class MainWindow;}
10 QT_END_NAMESPACE
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43 class MainWindow : public QMainWindow
44 {
45     Q_OBJECT
46
47 public:
48     MainWindow(QWidget *parent = nullptr);
49
50     ~MainWindow();
51
52     void logging(QString canisterId);
53
54     void sendData(std::string dataToSend);
55
56     void setLabelText(QByteArray canisterStatus);
57
58     void updateMotorPos(QByteArray motorPos);
59
60     void getSystemStatus(QByteArray systemStatus);
61
62     void setSequentialFire(int id, int canisterId, int rot, int elv, int bar);
63
64     void doSequentialFire(int numberOfFirings);
65
66     void stepperReady(QByteArray datagram);
67
68     void fireProjectile(QByteArray datagram);
69
70 private slots:
71
72     void processPendingDatagrams();
73
74     void on_pushButton_1_clicked();
75
76     void on_pushButton_2_clicked();
77
78     void on_pushButton_3_clicked();
79
80     void on_pushButton_4_clicked();
81
82     void on_pushButton_5_clicked();
83
84     void on_pushButton_6_clicked();
85
86     void on_elevationDegSpinBox_valueChanged(double arg1);
87
88     void on_elevationMilSpinBox_valueChanged(double arg1);
89
90     void on_rotationDegSpinBox_2_valueChanged(double arg1);
91
92     void on_rotationMilSpinBox_2_valueChanged(double arg1);
93
94     void updateStatus();
95
96     void on_sequentialFireButton_clicked();
97
98     void on_Setpressure_valueChanged(double arg1);
99
100    void on_BurstModeButton_clicked();
101
102    void on_setSequentialFireButton_clicked();
103
104    void on_FireAutomaticButton_clicked();
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
```

```
166
167 private:
168
170     QUdpSocket *socket;
171
173     Ui::MainWindow *ui;
174
176     QTimer *timer;
177 };
178
179 #endif // MAINWINDOW_H
```

7.6 GUI/sequencedialog.cpp File Reference

```
#include "sequencedialog.h"
#include "ui_sequencedialog.h"
#include "mainwindow.h"
#include <QMessageBox>
```

Variables

- bool `sequenceFull` = false
Variable to check if the set sequences extend 6.

7.6.1 Variable Documentation

7.6.1.1 `sequenceFull` `bool sequenceFull = false`

Variable to check if the set sequences extend 6.

7.7 GUI/sequencedialog.h File Reference

```
#include <QDialog>
#include <mainwindow.h>
#include <QMainWindow>
```

Classes

- class `SequenceDialog`
The `SequenceDialog` class This class is used to display the window to set the sequential fire The class contains the following function.

Namespaces

- namespace `Ui`

7.8 sequencedialog.h

[Go to the documentation of this file.](#)

```
1 #ifndef SEQUENCEDIALOG_H
2 #define SEQUENCEDIALOG_H
3
4 #include <QDialog>
5 #include <mainwindow.h>
6 #include <QMainWindow>
7
8 namespace Ui {
9 class SequenceDialog;
10 }
11
12
13
14
15
16
17 class SequenceDialog : public QDialog
18 {
19     Q_OBJECT
20
21 public:
22     explicit SequenceDialog(QWidget *parent = nullptr);
23
24     ~SequenceDialog();
25
26 private slots:
27     void on_SaveButton_clicked();
28
29 private:
30     Ui::SequenceDialog *ui;
31 };
32
33 #endif // SEQUENCEDIALOG_H
```

7.9 Arduino_Mega/src/Canister.cpp File Reference

```
#include "Canister.h"
#include <Arduino.h>
#include "main.h"
```

7.10 Arduino_Mega/src/Canister.h File Reference

Classes

- class [Canister](#)

The [Canister](#) class This class is used to control the canisters The class contains the following functions.

7.11 Canister.h

[Go to the documentation of this file.](#)

```
1 #ifndef CANISTER_H
2 #define CANISTER_H
3
4
5
6
7
8
9
10
11 class Canister{
12 private:
13     int status;
14     //bool fire;
15     int id = 0;
16     static int ID;
17
18     int rotationOffset;
19     int elevationOffset;
```

```
28
29 public:
30
31
32 Canister(){
33     status = 0;
34     //fire = 0;
35     id = ID++;
36     rotationOffset = 0;
37     elevationOffset = 0;
38 }
39
40 void setStatus(int cID);
41 void fireProjectile();
42 void getStatus();
43 void canisterOffset(int rot, int elv);
44
45 int getRotationOffset();
46 int getElevationOffset();
47 };
48 #endif
```

7.12 GUI/main.cpp File Reference

```
#include "mainwindow.h"
#include <string.h>
#include <QApplication>
```

Functions

- int [main](#) (int argc, char *argv[])

The main function The main loop will start the application and open the [MainWindow](#) It will also request the status of each canister.

7.12.1 Function Documentation

7.12.1.1 main() int main (
int argc,
char * argv[])

The main function The main loop will start the application and open the [MainWindow](#) It will also request the status of each canister.

Parameters

<i>argc</i>	This is the number of command-line arguments
<i>argv</i>	This is the array of command-line arguments

7.13 Arduino_Mega/src/main.cpp File Reference

```
#include <Arduino.h>
#include <Ethernet.h>
```

```
#include <EthernetUdp.h>
#include <Canister.h>
#include <string.h>
#include <MotorControl.h>
#include <AccelStepper.h>
```

Macros

- #define [readElvEncoderB](#) bitRead(PINE,5)
Set the rotary encoder for Elevation to the interrupt PINE, 5.
- #define [readElvEncoderA](#) bitRead(PINE,4)
Set the rotary encoder for Elevation to the interrupt PINE, 4.
- #define [readRotEncoderA](#) bitRead(PIND,1)
Set the rotary encoder for rotation to the interrupt PIND, 1.
- #define [readRotEncoderB](#) bitRead(PIND,0)
Set the rotary encoder for rotation to the interrupt PIND, 0.
- #define [elvPinB](#) 3
Connect rotary encoder for Elevation to PIN 3.
- #define [elvPinA](#) 2
Connect rotary encoder for Elevation to PIN 2.
- #define [rotPinA](#) 20
Connect rotary encoder for rotation to PIN 20.
- #define [rotPinB](#) 21
Connect rotary encoder for rotation to PIN 21.

Functions

- AccelStepper [rotationStepper](#) (AccelStepper::DRIVER, 29, 31)
Create the rotation object.
- AccelStepper [elevationStepper](#) (AccelStepper::DRIVER, 23, 25)
Create the elevation object.
- void [rotEncoderA](#) ()
Read the position of the rotational encoder A for rotation.
- void [rotEncoderB](#) ()
Read the position of the rotational encoder B for rotation.
- void [elvEncoderA](#) ()
Read the position of the rotational encoder A for rotation.
- void [elvEncoderB](#) ()
Read the position of the rotational encoder B for rotation.
- void [RGB_colour](#) (int red, int green, int blue)
Function to set the colour of the RGB status LED.
- void [setup](#) ()
The setup function This function will set the initial acceleration, speed and start pos of the stepper motors.
- void [readSerial1](#) ()
- void [receivedData1](#) ()
- void [readFromSerialMonitor](#) ()
- void [sendFromSerialMonitor](#) ()
- void [ethernetReceive](#) ()
- void [ethernetSend](#) (int dataToSend)
This function is also shared to the [Canister](#) class by including the [main.h](#) file.
- void [stepperEnable](#) (bool mode)
- void [loop](#) ()
This is the main loop This loop will first create the canister objects and start homing the elevation stepper.

Variables

- int `microStepRotation` = 8
Number of microsteps the steppermotors.
- int `rotationEnablePIN` = 33
PIN for turning the rotation stepper ON and OFF.
- int `elevationEnablePIN` = 27
PIN for turning the elevation stepper ON and OFF.
- int `safetySwitchPin` = 30
PIN for input of the safety switch.
- const int `numOfCanisters` = 6
The number of canisters in the system This decides how many `Canister` objects is created.

RGB LED

PINs for the status LED

- int `redPin` = 11
PIN used for the red light.
- int `greenPin` = 9
PIN used for the green light.
- int `bluePin` = 8
PIN used for the blue light.

Rotational Encoders

Variables used by the rotational encoders

- float `rotationEncoderPos` = 0
Start pos of the rotational encoder for rotation.
- float `elevationEncoderPos` = 0
Start pos of the rotational encoder for elevation.
- volatile int `volPosRot` = 0
Start pos to calculate the direction for rotation.
- volatile int `volPosElv` = 0
Start pos to calculate the direction for rotation.
- int `rotPos` = 0
Remember the current pos of the rotational encoder for rotation.
- int `oldRotPos` = 0
Remember the old pos of the rotational encoder for rotation.
- int `elvPos` = 0
The current pos of the elevation rotational encoder.
- int `oldElvPos` = 0
Remember the old pos of the elevation rotational encoder.
- int `minElevation` = 1000
The minimum elevation value (1000)
- int `maxElevation` = 6999
The minimum elevation value (6999)
- int `minClockwiseRot` = 7000
The minimum elevation value (7000)
- int `maxClockwiseRot` = 13999
The minimum elevation value (13999)
- long int `minCounterClockwiseRot` = 14000
The minimum elevation value (14000)
- long int `maxCounterClockwiseRot` = 19999
The minimum elevation value (19999)

Ethernet communication variables

Variables used by the Arduino Ethernet Shield 2

- byte `mac []` = {0xA8, 0x61, 0x0A, 0xAE, 0x27, 0x83}
The MAC-address of the Ethernet Shield 2.
- byte `ip []` = {192, 168, 137, 10}
The IP address of the Arduino Ethernet Shield 2.
- unsigned int `myPort` = 50505
The port of the Arduino Ethernet Shield 2.
- byte `externallp []` = {192, 168, 137, 1}
The IP of the GUI UDPSocket.
- unsigned int `externalPort` = 50506
The port of the GUI UDPSocket.
- EthernetUDP `Udp`
Create an UDP object.
- char `packetBuffer [UDP_TX_PACKET_MAX_SIZE]`
The packet buffer array to store the received datagram.
- int `packetSize` = 0
Variable to store the size of the received datagram.
- long int `receivedEthernet` = 0
Variable to store the incoming data as an int.

Serial communication Variables

Variables used by the Arduino Mega to communicate with the Arduino Nano and communicate through the Serial Monitor

- const byte `numChars` = 32
The size of the incoming chars.
- char `receivedChars [numChars]`
Array to store the incoming data from the Arduino Nano.
- char `receivedChars2 [numChars]`
Array to store the incoming data from the Serial Monitor.
- boolean `newData` = false
Bool variable to check if new data has been received.
- int `receivedFromNano` = 0
Variable to store the received data from the Arduino Nano as an int.
- int `receivedSerialMonitor` = 0
Variable to store the received data from the Serial Monitor as an int.
- int `updateStatusDelay` = 500
How often to check canister status in milliseconds.
- unsigned long `previousMillis` = 0
Variable to store the time since last loop.

7.13.1 Macro Definition Documentation

7.13.1.1 `elvPinA` `#define elvPinA 2`

Connect rotary encoder for Elevation to PIN 2.

7.13.1.2 elvPinB `#define elvPinB 3`

Connect rotary encoder for Elevation to PIN 3.

7.13.1.3 readElvEncoderA `#define readElvEncoderA bitRead(PINE,4)`

Set the rotary encoder for Elevation to the interrupt PINE, 4.

7.13.1.4 readElvEncoderB `#define readElvEncoderB bitRead(PINE,5)`

Set the rotary encoder for Elevation to the interrupt PINE, 5.

7.13.1.5 readRotEncoderA `#define readRotEncoderA bitRead(PIND,1)`

Set the rotary encoder for rotation to the interrupt PIND, 1.

7.13.1.6 readRotEncoderB `#define readRotEncoderB bitRead(PIND,0)`

Set the rotary encoder for rotation to the interrupt PIND, 0.

7.13.1.7 rotPinA `#define rotPinA 20`

Connect rotary encoder for rotation to PIN 20.

7.13.1.8 rotPinB `#define rotPinB 21`

Connect rotary encoder for rotation to PIN 21.

7.13.2 Function Documentation

7.13.2.1 elevationStepper() `AccelStepper elevationStepper (`
 `AccelStepper::DRIVER ,`
 `23 ,`
 `25)`

Create the elevation object.

The mode used is "Driver" which is using the two PINs 23 and 25.

7.13.2.2 elvEncoderA() `void elvEncoderA ()`

Read the position of the rotational encoder A for rotation.

7.13.2.3 elvEncoderB() `void elvEncoderB ()`

Read the position of the rotational encoder B for rotation.

7.13.2.4 ethernetReceive() `void ethernetReceive ()`

Read incoming data from the Ethernet connection The Ethernet connection is using UDP

7.13.2.5 ethernetSend() `void ethernetSend (`
 `int dataToSend)`

This function is also shared to the [Canister](#) class by including the [main.h](#) file.

Function to send data using Ethernet / The Ethernet is sending data in datagrams using UDP. /

Parameters

<i>dataToSend</i>	The data to send as an int
-------------------	----------------------------

7.13.2.6 loop() `void loop ()`

This is the main loop This loop will first create the canister objects and start homing the elevation stepper.

After homing it will run the functions until the Arduino is powered off. The loop contains the following functions:

See also

[readFromSerialMonitor\(\)](#)
[sendFromSerialMonitor\(\)](#)
[readSerial1\(\)](#)
[receivedData1\(\)](#)
[ethernetReceive\(\)](#)
[ethernetSend\(\)](#)
[RGB_colour\(\)](#)
[fireProjectile\(\)](#)

This will do a single step each loop.

7.13.2.7 readFromSerialMonitor() `void readFromSerialMonitor ()`

Serial Monitor. Read data from the serial buffer.

Note

The endmarker '\n' is used to separate incoming data. Data is stored in the "receivedChars2" array. Code for reading input from serial is from example 4 made by "Robin2" on the Arduino forums.

Ref: <https://forum.arduino.cc/t/serial-input-basics-updated/382007>

7.13.2.8 readSerial1() `void readSerial1 ()`

Serial1. Read data from the serial buffer.

Note

The endmarker '\n' is used to separate incoming data. Data is stored in the "receivedChars" array. Code for reading input from serial is from example 4 made by "Robin2" on the Arduino forums.

Ref: <https://forum.arduino.cc/t/serial-input-basics-updated/382007>

7.13.2.9 receivedData1() `void receivedData1 ()`

Cast received data to an int. After casting to int set newData to false.

7.13.2.10 RGB_colour() `void RGB_colour (`
`int red,`
`int green,`
`int blue)`

Function to set the colour of the RGB status LED.

Parameters

<i>red</i>	The value of the red light. 0 to 255 is valid values.
<i>green</i>	The value of the green light. 0 to 255 is valid values.
<i>blue</i>	The value of the blue light. 0 to 255 is valid values.

7.13.2.11 rotationStepper() `AccelStepper rotationStepper (`
`AccelStepper::DRIVER ,`
`29 ,`
`31)`

Create the rotation object.

The mode used is "Driver" which is using the two PINs 29 and 31 The first PIN is the step input. The second PIN is direction.

7.13.2.12 rotEncoderA() `void rotEncoderA ()`

Read the position of the rotational encoder A for rotation.

7.13.2.13 rotEncoderB() `void rotEncoderB ()`

Read the position of the rotational encoder B for rotation.

7.13.2.14 sendFromSerialMonitor() `void sendFromSerialMonitor ()`

Cast received data to an int. After casting to int set newData to false.

7.13.2.15 setup() `void setup ()`

The setup function This function will set the initial acceleration, speed and start pos of the stepper motors.

It will also set the pinModes and start serial0 and serial1 communication with 9600 baud rate.

7.13.2.16 stepperEnable() `void stepperEnable (`
`bool mode)`

7.13.3 Variable Documentation

7.13.3.1 bluePin `int bluePin = 8`

PIN used for the blue light.

7.13.3.2 elevationEnablePIN `int elevationEnablePIN = 27`

PIN for turning the elevation stepper ON and OFF.

7.13.3.3 elevationEncoderPos `float elevationEncoderPos = 0`

Start pos of the rotational encoder for elevation.

7.13.3.4 elvPos `int elvPos = 0`

The current pos of the elevation rotational encoder.

7.13.3.5 externalIp `byte externalIp[] = {192, 168, 137, 1}`

The IP of the GUI UDPSocket.

7.13.3.6 externalPort `unsigned int externalPort = 50506`

The port of the GUI UDPSocket.

7.13.3.7 greenPin `int greenPin = 9`

PIN used for the green light.

7.13.3.8 ip `byte ip[] = {192, 168, 137, 10}`

The IP address of the Arduino Ethernet Shield 2.

7.13.3.9 mac `byte mac[] = {0xA8, 0x61, 0x0A, 0xAE, 0x27, 0x83}`

The MAC-address of the Ethernet Shield 2.

7.13.3.10 maxClockwiseRot `int maxClockwiseRot = 13999`

The minimum elevation value (13999)

7.13.3.11 maxCounterClockwiseRot `long int maxCounterClockwiseRot = 19999`

The minimum elevation value (19999)

7.13.3.12 maxElevation `int maxElevation = 6999`

The minimum elevation value (6999)

7.13.3.13 microStepRotation `int microStepRotation = 8`

Number of microsteps the stepper motors.

7.13.3.14 minClockwiseRot `int minClockwiseRot = 7000`

The minimum elevation value (7000)

7.13.3.15 minCounterClockwiseRot `long int minCounterClockwiseRot = 14000`

The minimum elevation value (14000)

7.13.3.16 minElevation `int minElevation = 1000`

The minimum elevation value (1000)

7.13.3.17 myPort `unsigned int myPort = 50505`

The port of the Arduino Ethernet Shield 2.

7.13.3.18 newData `boolean newData = false`

Bool variable to check if new data has been received.

7.13.3.19 numChars `const byte numChars = 32`

The size of the incoming chars.

7.13.3.20 numOfCanisters `const int numOfCanisters = 6`

The number of canisters in the system This decides how many [Canister](#) objects is created.

7.13.3.21 oldElvPos `int oldElvPos = 0`

Remember the old pos of the elevation rotational encoder.

7.13.3.22 oldRotPos `int oldRotPos = 0`

Remember the old pos of the rotational encoder for rotation.

7.13.3.23 packetBuffer `char packetBuffer[UDP_TX_PACKET_MAX_SIZE]`

The packet buffer array to store the received datagram.

7.13.3.24 packetSize `int packetSize = 0`

Variable to store the size of the received datagram.

7.13.3.25 previousMillis `unsigned long previousMillis = 0`

Variable to store the time since last loop.

7.13.3.26 receivedChars `char receivedChars[numChars]`

Array to store the incoming data from the Arduino Nano.

7.13.3.27 receivedChars2 `char receivedChars2[numChars]`

Array to store the incoming data from the Serial Monitor.

7.13.3.28 receivedEthernet `long int receivedEthernet = 0`

Variable to store the incoming data as an int.

7.13.3.29 receivedFromNano `int receivedFromNano = 0`

Variable to store the received data from the Arduino Nano as an int.

7.13.3.30 receivedSerialMonitor `int receivedSerialMonitor = 0`

Variable to store the received data from the Serial Monitor as an int.

7.13.3.31 redPin `int redPin = 11`

PIN used for the red light.

7.13.3.32 rotationEnablePIN `int rotationEnablePIN = 33`

PIN for turning the rotation stepper ON and OFF.

7.13.3.33 rotationEncoderPos `float rotationEncoderPos = 0`

Start pos of the rotational encoder for rotation.

7.13.3.34 rotPos `int rotPos = 0`

Remember the current pos of the rotational encoder for rotation.

7.13.3.35 safetySwitchPin `int safetySwitchPin = 30`

PIN for input of the safety switch.

HIGH input in ON and LOW is off

7.13.3.36 Udp `EthernetUDP Udp`

Create an UDP object.

7.13.3.37 updateStatusDelay `int updateStatusDelay = 500`

How often to check canister status in milliseconds.

7.13.3.38 volPosElv `volatile int volPosElv = 0`

Start pos to calculate the direction for rotation.

7.13.3.39 volPosRot `volatile int volPosRot = 0`

Start pos to calculate the direction for rotation.

7.14 Arduino_Mega/src/main.h File Reference

Functions

- void [ethernetSend](#) (int dataToSend)
This function is also shared to the [Canister](#) class by including the [main.h](#) file.

7.14.1 Function Documentation

7.14.1.1 ethernetSend() `void ethernetSend (
int dataToSend)`

This function is also shared to the [Canister](#) class by including the [main.h](#) file.

Function to send data using Ethernet / The Ethernet is sending data in datagrams using UDP. /

Parameters

<code>dataToSend</code>	The data to send as an int
-------------------------	----------------------------

7.15 main.h

[Go to the documentation of this file.](#)

```
1 #ifndef MAIN_H
2 #define MAIN_H
3
4 //Add variables or functions here to use them in other files
5
6 void ethernetSend(int dataToSend);
7
8 #endif
```

7.16 Arduino_Mega/src/MotorControl.cpp File Reference

```
#include "MotorControl.h"
#include <Arduino.h>
```

7.17 Arduino_Mega/src/MotorControl.h File Reference

Classes

- class [MotorControl](#)

The [MotorControl](#) class This class is used to control the steppermotors The class contains the following functions.

7.18 MotorControl.h

[Go to the documentation of this file.](#)

```
1 #ifndef MOTORCONTROL_H
2 #define MOTORCONTROL_H
3
4 class MotorControl
5 {
6 private:
7     float currentRotationPos = 0;
8     float startRotationPos;
9     float currentElevationPos = 0;
10    float startElevationPos;
11
12    //float rotationOffset;
13    //float elevationOffset;
14    // static int ID;
15
16 public:
17    MotorControl() {
18    }
19
20    void setRotation();
21    void setElevation();
22    float getElevationPos();
23    float getRotationPos();
24 };
25 #endif
```


Index

- ~MainWindow
 - MainWindow, [10](#)
- ~SequenceDialog
 - SequenceDialog, [19](#)
- Arduino Nano/Nano/Nano.ino, [19](#)
- Arduino_Mega/src/Canister.cpp, [29](#)
- Arduino_Mega/src/Canister.h, [29](#)
- Arduino_Mega/src/main.cpp, [30](#)
- Arduino_Mega/src/main.h, [42](#), [43](#)
- Arduino_Mega/src/MotorControl.cpp, [43](#)
- Arduino_Mega/src/MotorControl.h, [43](#)
- bluePin
 - main.cpp, [37](#)
- Canister, [3](#)
 - Canister, [4](#)
 - canisterOffset, [5](#)
 - elevationOffset, [6](#)
 - fireProjectile, [5](#)
 - getElevationOffset, [5](#)
 - getRotationOffset, [5](#)
 - getStatus, [5](#)
 - ID, [6](#)
 - id, [6](#)
 - rotationOffset, [6](#)
 - setStatus, [5](#)
 - status, [6](#)
- canisterOffset
 - Canister, [5](#)
- checkStatus
 - Nano.ino, [21](#)
- currentElevationPos
 - MotorControl, [17](#)
- currentRotationPos
 - MotorControl, [17](#)
- doc_pages/mainpage.md, [19](#)
- doSequentialFire
 - MainWindow, [10](#)
- elevationEnablePIN
 - main.cpp, [38](#)
- elevationEncoderPos
 - main.cpp, [38](#)
- elevationOffset
 - Canister, [6](#)
- elevationReady
 - mainwindow.cpp, [25](#)
- elevationStepper
 - main.cpp, [34](#)
- elvEncoderA
 - main.cpp, [35](#)
- elvEncoderB
 - main.cpp, [35](#)
- elvPinA
 - main.cpp, [33](#)
- elvPinB
 - main.cpp, [33](#)
- elvPos
 - main.cpp, [38](#)
- ethernetReceive
 - main.cpp, [35](#)
- ethernetSend
 - main.cpp, [35](#)
 - main.h, [42](#)
- ethernetTimeout
 - mainwindow.cpp, [25](#)
- externallp
 - main.cpp, [38](#)
- externalPort
 - main.cpp, [38](#)
- firePin0
 - Nano.ino, [22](#)
- firePin1
 - Nano.ino, [22](#)
- firePin2
 - Nano.ino, [22](#)
- firePin3
 - Nano.ino, [22](#)
- firePin4
 - Nano.ino, [22](#)
- firePin5
 - Nano.ino, [22](#)
- fireProjectile
 - Canister, [5](#)
 - MainWindow, [10](#)
 - Nano.ino, [21](#)
- firingCounter
 - mainwindow.cpp, [25](#)
- getElevationOffset
 - Canister, [5](#)
- getElevationPos
 - MotorControl, [16](#)
- getRotationOffset
 - Canister, [5](#)
- getRotationPos
 - MotorControl, [17](#)
- getStatus
 - Canister, [5](#)
- getSystemStatus
 - MainWindow, [10](#)
- greenPin
 - main.cpp, [38](#)
- GUI/main.cpp, [30](#)
- GUI/mainwindow.cpp, [25](#)
- GUI/mainwindow.h, [26](#), [27](#)
- GUI/sequencedialog.cpp, [28](#)
- GUI/sequencedialog.h, [28](#), [29](#)

- ID
- Canister, 6
- id
- Canister, 6
- ip
- main.cpp, 38
- logging
- MainWindow, 11
- loop
- main.cpp, 35
- Nano.ino, 21
- mac
- main.cpp, 38
- main
- main.cpp, 30
- main.cpp
- bluePin, 37
- elevationEnablePIN, 38
- elevationEncoderPos, 38
- elevationStepper, 34
- elvEncoderA, 35
- elvEncoderB, 35
- elvPinA, 33
- elvPinB, 33
- elvPos, 38
- ethernetReceive, 35
- ethernetSend, 35
- externalIp, 38
- externalPort, 38
- greenPin, 38
- ip, 38
- loop, 35
- mac, 38
- main, 30
- maxClockwiseRot, 39
- maxCounterClockwiseRot, 39
- maxElevation, 39
- microStepRotation, 39
- minClockwiseRot, 39
- minCounterClockwiseRot, 39
- minElevation, 39
- myPort, 39
- newData, 40
- numChars, 40
- numOfCanisters, 40
- oldElvPos, 40
- oldRotPos, 40
- packetBuffer, 40
- packetSize, 40
- previousMillis, 40
- readElvEncoderA, 34
- readElvEncoderB, 34
- readFromSerialMonitor, 36
- readRotEncoderA, 34
- readRotEncoderB, 34
- readSerial1, 36
- receivedChars, 41
- receivedChars2, 41
- receivedData1, 36
- receivedEthernet, 41
- receivedFromNano, 41
- receivedSerialMonitor, 41
- redPin, 41
- RGB_colour, 36
- rotationEnablePIN, 41
- rotationEncoderPos, 41
- rotationStepper, 37
- rotEncoderA, 37
- rotEncoderB, 37
- rotPinA, 34
- rotPinB, 34
- rotPos, 42
- safetySwitchPin, 42
- sendFromSerialMonitor, 37
- setup, 37
- stepperEnable, 37
- Udp, 42
- updateStatusDelay, 42
- volPosElv, 42
- volPosRot, 42
- main.h
- ethernetSend, 42
- MainWindow, 7
- ~MainWindow, 10
- doSequentialFire, 10
- fireProjectile, 10
- getSystemStatus, 10
- logging, 11
- MainWindow, 9
- on_BurstModeButton_clicked, 11
- on_elevationDegSpinBox_valueChanged, 11
- on_elevationMilSpinBox_valueChanged, 11
- on_FireAutomaticButton_clicked, 11
- on_pushButton_1_clicked, 11
- on_pushButton_2_clicked, 12
- on_pushButton_3_clicked, 12
- on_pushButton_4_clicked, 12
- on_pushButton_5_clicked, 12
- on_pushButton_6_clicked, 12
- on_rotationDegSpinBox_2_valueChanged, 12
- on_rotationMilSpinBox_2_valueChanged, 12
- on_sequentialFireButton_clicked, 13
- on_Setpressure_valueChanged, 13
- on_setSequentialFireButton_clicked, 13
- processPendingDatagrams, 13
- sendData, 13
- setLabelText, 14
- setSequentialFire, 14
- socket, 15
- stepperReady, 14
- timer, 15
- ui, 15
- updateMotorPos, 14
- updateStatus, 15
- mainwindow.cpp

- elevationReady, 25
- ethernetTimeout, 25
- firingCounter, 25
- pressure, 26
- readyToFire, 26
- rotationReady, 26
- sequentialFireArray, 26
- serialTimeout, 26
- maxClockwiseRot
 - main.cpp, 39
- maxCounterClockwiseRot
 - main.cpp, 39
- maxElevation
 - main.cpp, 39
- microStepRotation
 - main.cpp, 39
- minClockwiseRot
 - main.cpp, 39
- minCounterClockwiseRot
 - main.cpp, 39
- minElevation
 - main.cpp, 39
- MotorControl, 15
 - currentElevationPos, 17
 - currentRotationPos, 17
 - getElevationPos, 16
 - getRotationPos, 17
 - MotorControl, 16
 - setElevation, 17
 - setRotation, 17
 - startElevationPos, 17
 - startRotationPos, 17
- myPort
 - main.cpp, 39
- Nano.ino
 - checkStatus, 21
 - firePin0, 22
 - firePin1, 22
 - firePin2, 22
 - firePin3, 22
 - firePin4, 22
 - firePin5, 22
 - fireProjectile, 21
 - loop, 21
 - newData, 22
 - numChars, 23
 - numOfCanisters, 23
 - projectileDetectionMillis, 23
 - readSerial, 21
 - receivedChars, 23
 - recievedData, 21
 - recievedInt, 23
 - sendStatus, 21
 - setup, 22
 - solenoidOpenTime, 23
 - statusArray, 23
 - statusPin0, 23
 - statusPin1, 24
 - statusPin2, 24
 - statusPin3, 24
 - statusPin4, 24
 - statusPin5, 24
 - updateStatusDelay, 24
 - updateStatusMillis, 24
- newData
 - main.cpp, 40
 - Nano.ino, 22
- numChars
 - main.cpp, 40
 - Nano.ino, 23
- numOfCanisters
 - main.cpp, 40
 - Nano.ino, 23
- oldElvPos
 - main.cpp, 40
- oldRotPos
 - main.cpp, 40
- on_BurstModeButton_clicked
 - MainWindow, 11
- on_elevationDegSpinBox_valueChanged
 - MainWindow, 11
- on_elevationMilSpinBox_valueChanged
 - MainWindow, 11
- on_FireAutomaticButton_clicked
 - MainWindow, 11
- on_pushButton_1_clicked
 - MainWindow, 11
- on_pushButton_2_clicked
 - MainWindow, 12
- on_pushButton_3_clicked
 - MainWindow, 12
- on_pushButton_4_clicked
 - MainWindow, 12
- on_pushButton_5_clicked
 - MainWindow, 12
- on_pushButton_6_clicked
 - MainWindow, 12
- on_rotationDegSpinBox_2_valueChanged
 - MainWindow, 12
- on_rotationMilSpinBox_2_valueChanged
 - MainWindow, 12
- on_SaveButton_clicked
 - SequenceDialog, 19
- on_sequentialFireButton_clicked
 - MainWindow, 13
- on_Setpressure_valueChanged
 - MainWindow, 13
- on_setSequentialFireButton_clicked
 - MainWindow, 13
- packetBuffer
 - main.cpp, 40
- packetSize
 - main.cpp, 40
- pressure
 - mainwindow.cpp, 26

previousMillis
 main.cpp, 40
 processPendingDatagrams
 MainWindow, 13
 projectileDetectionMillis
 Nano.ino, 23

 readElvEncoderA
 main.cpp, 34
 readElvEncoderB
 main.cpp, 34
 readFromSerialMonitor
 main.cpp, 36
 readRotEncoderA
 main.cpp, 34
 readRotEncoderB
 main.cpp, 34
 readSerial
 Nano.ino, 21
 readSerial1
 main.cpp, 36
 readyToFire
 mainwindow.cpp, 26
 receivedChars
 main.cpp, 41
 Nano.ino, 23
 receivedChars2
 main.cpp, 41
 receivedData1
 main.cpp, 36
 receivedEthernet
 main.cpp, 41
 receivedFromNano
 main.cpp, 41
 receivedSerialMonitor
 main.cpp, 41
 recievedData
 Nano.ino, 21
 recievedInt
 Nano.ino, 23
 redPin
 main.cpp, 41
 RGB_colour
 main.cpp, 36
 rotationEnablePIN
 main.cpp, 41
 rotationEncoderPos
 main.cpp, 41
 rotationOffset
 Canister, 6
 rotationReady
 mainwindow.cpp, 26
 rotationStepper
 main.cpp, 37
 rotEncoderA
 main.cpp, 37
 rotEncoderB
 main.cpp, 37
 rotPinA
 main.cpp, 34
 rotPinB
 main.cpp, 34
 rotPos
 main.cpp, 42

 safetySwitchPin
 main.cpp, 42
 sendData
 MainWindow, 13
 sendFromSerialMonitor
 main.cpp, 37
 sendStatus
 Nano.ino, 21
 SequenceDialog, 18
 ~SequenceDialog, 19
 on_SaveButton_clicked, 19
 SequenceDialog, 18
 ui, 19
 sequencedialog.cpp
 sequenceFull, 28
 sequenceFull
 sequencedialog.cpp, 28
 sequentialFireArray
 mainwindow.cpp, 26
 serialTimeout
 mainwindow.cpp, 26
 setElevation
 MotorControl, 17
 setLabelText
 MainWindow, 14
 setRotation
 MotorControl, 17
 setSequentialFire
 MainWindow, 14
 setStatus
 Canister, 5
 setup
 main.cpp, 37
 Nano.ino, 22
 socket
 MainWindow, 15
 solenoidOpenTime
 Nano.ino, 23
 startElevationPos
 MotorControl, 17
 startRotationPos
 MotorControl, 17
 status
 Canister, 6
 statusArray
 Nano.ino, 23
 statusPin0
 Nano.ino, 23
 statusPin1
 Nano.ino, 24
 statusPin2
 Nano.ino, 24
 statusPin3

- Nano.ino, [24](#)
- statusPin4
 - Nano.ino, [24](#)
- statusPin5
 - Nano.ino, [24](#)
- stepperEnable
 - main.cpp, [37](#)
- stepperReady
 - MainWindow, [14](#)
- timer
 - MainWindow, [15](#)
- Udp
 - main.cpp, [42](#)
- Ui, [3](#)
- ui
 - MainWindow, [15](#)
 - SequenceDialog, [19](#)
- updateMotorPos
 - MainWindow, [14](#)
- updateStatus
 - MainWindow, [15](#)
- updateStatusDelay
 - main.cpp, [42](#)
 - Nano.ino, [24](#)
- updateStatusMillis
 - Nano.ino, [24](#)
- volPosElv
 - main.cpp, [42](#)
- volPosRot
 - main.cpp, [42](#)

EL001 – Rapport, strømforsyning

Dokumentbeskrivelse

Dokumentet går igjennom valgene for spenningsomformer og spenningsregulator. I tillegg også testing av valgt strømforsyning.

Revisjon	Skrevet av	Dato	Godkjent av
A	John Kristiansen	07.05.2022	Christoffer Mehren

Innhold

1. Introduksjon	3
2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter	3
2.1 Dokumenthistorie	3
2.2 Refererte dokumenter	3
3 Spenningstransformator	4
4 Krav til strømforsyning	5
5 Muligheter for spenningsomformer	6
5.1 Ferdiglaget spenningsomformer	6
5.2 Konstruere spenningsomformer fra bunnen.....	6
6 Spenningsregulator	7
6.1 Lineærregulator	7
6.2 Shuntregulator.....	8
6.3 Svitsjregulator / Buck-regulator	8
7 Muligheter for spenningsregulator	9
7.1 Ferdiglaget spenningsregulatorkrets.....	9
7.2 Konstruere en spenningsregulatorkrets fra bunnen	9
8 Batteri.....	9
9 Valg av spenningsregulator	10
10 Forandring av valgt strømforsyning	11
11 Den valgte strømforsyningen	11
11.1 Valgt spenningsomformer	11
11.2 Test av spenningsomformeren.....	11
11.3 Valgt spenningsregulator.....	12
11.4 Test av spenningsregulatoren	12
11.5 Videre utvikling av strømforsyning.....	14
12 Referanser	15

Figurliste

Figur 1: Visualisering av spenningstransformator-prosessen.	4
Figur 2: Strøm i hver fase (rød og blå) og sammenlagt strøm (lilla).	5
Figur 3: Kretsskjema av en 24 og 12 V spenningsomformer.	7
Figur 4 Spenningsomformer LCS150US24	11
Figur 5: Spenningen målt ut fra spenningsomformeren.	12
Figur 6: XL4015 Step-Down DC Modul.	12
Figur 7: Utgangsspenningen til buck-regulatoren når inngangsspenningen er 24 V.	13
Figur 8: Utgangsspenningen til buck-regulatoren når inngangsspenningen har falt til 6 V.	13
Figur 9: Rippel på utgangen til buck-regulatoren.	14

Tabelliste

Tabell 1: Pugh-matrise for vekting av regulator typer.....	10
--	----

1. Introduksjon

Dette dokumentet tar for seg den nødvendige gjennomgangen av hvordan en strømforsyning fungerer, og de forskjellige valgene det står om for spenningsomformer og spenningsregulator. Det vil også være en grundig testing av den valgte strømforsyningen.

2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter

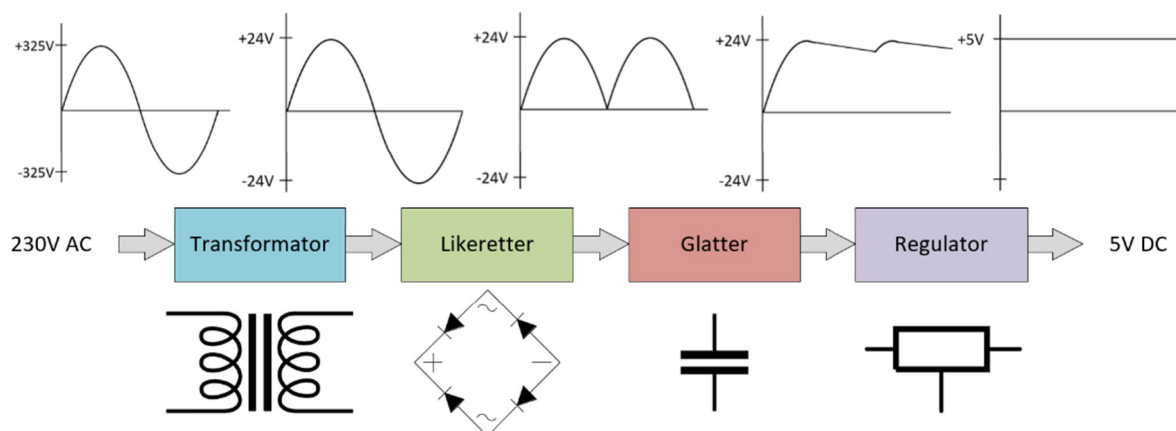
2.1 Dokumenthistorie

Revisjon	Beskrivelse	Dato
A	Dokumentet ble opprettet	15.05.2022

2.2 Refererte dokumenter

Tittel	Revisjon	Utgiver

3 Spenningstransformator



Figur 1: Visualisering av spenningstransformator-prosessen.

Virkemåten til en strømforsyning kan variere, men fundamentet på hva som må gjøres er det samme. Prosessen for spenningstransformasjon er visualisert i figur 1. Først må spenningen transformeres fra en høyere spenning, normalt 230 V, ned til en spenning som kan styre lavspenningenheter. Måten spenningstransformeringen blir bestemt på er å se på forholdet mellom viklingene på primær- og sekundærsiden. Formelen for dette er gitt ved

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p} \quad (1)$$

hvor V_p og N_p er spenningen og viklingene på primærsiden og V_s og N_s er spenningen og viklingene på sekundærsiden. Ut ifra (1) kan ser man at forholdet mellom spenningene og viklingene er det samme. Hvis den da skal transformere spenningen fra 230 V til 23 V blir forholdet mellom dem 10. Da vil det være 10 ganger så mange viklinger på primærsiden enn sekundærsiden. Samtidig vil forholdet mellom strømmen på begge sider også være likt dette forholdet, men motsatt rettet av spenningen. Når spenningen steppes ned 10 ganger, vil strømmen da steppes opp 10 ganger. Dette forsikrer at det er lik effekt på begge sider av transformatoren.

Når spenningen er transformert til et lavere punkt, må det gjøres om til DC. Spenningen bli da likerettet med hjelp av en likeretterbro. En likeretterbro vil konvertere AC til DC ved bruk av fire dioder. Likeretterbroen bruker diodenes enveislederevne til å kun ta opp de positive halvdelene av en syklus. En fullbølgelikeretter vil gjøre det samme, men også bruke den negative halvdel og snu de til å bli positive. Etter broen vil det da være et pulserende DC spenning.

Det neste som gjøres er å glatte signalet så det blir så stabilt som mulig på en bestemt spenning. Etter likeretter broen er det en pulserende DC spenning, som vil variere fra null til maks spenning. Det brukes da en glattekondensator som vil forsyne spenning når den pulserende spenningen faller. Dette vil gjøre at det blir en mer stabil spenning, men samtidig kan det oppstå rippel. Rippel er den gjenværende pulseringen etter glatting. Rippel kan

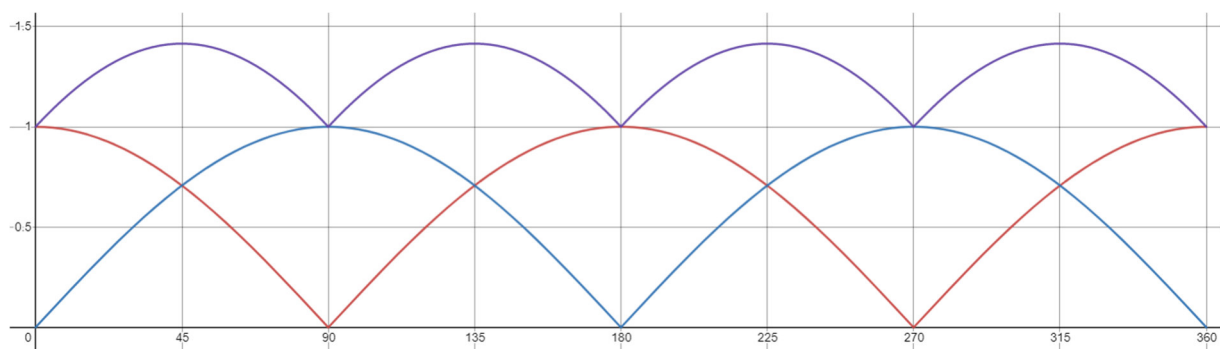
fjernes med en større kondensator som lader seg saktere ut, eller med en større glattekrets for å få en fast utgangsspenning med mindre rippel.

4 Krav til strømforsyning

Når det skal velges en strømforsyning må ta utgangspunkt i alle komponentene som skal ha strøm levert. De mindre komponentene som Arduinoen, prosjektildeteksjonen og statuslys vil alle trenge 5 V, men vil aldri trekke betydelig høy strøm. Ut ifra databladet til Arduino Mega 2560 forteller den at det som maks trekkes av Arduinoen er 200 mA [1].

Hvilken motor som velges vil ha en betydning på hvor stor strøm som må kunne leveres av forsyningen. Det tas utgangspunkt i en stepper motor fra RS Components (RS No. 892-8732). I databladet [2] er det oppgitt at motoren vil trekke 1.68 A per fase, med fire ledere. Disse fire lederne vil utgjøre to faser, med en faseforskyvning på 90°. Ettersom to faser vil drives samtidig, vil det trekkes en maksimal strøm ved vinklene 45°, 135°, 225° og 315°, tilsvarende en faktor på $\sqrt{2}$ ganger maksimalstrømmen per fase, noe som tydelig kommer fram i figur 2. Ettersom noe annet ikke er oppgitt vil det gås ut ifra at strømmen oppgitt er RMS-verdien. Dette betyr igjen at maksimalverdien tilsvarer en økning med en faktor på $\sqrt{2}$ i forhold til RMS-verdien.

Med disse to antakelsene er det tydelig at den maksimale kombinerte strømmen vil være 2 ganger strømmen oppgitt per fase, altså må forsyningen håndtere 3.36 A. Dette forutsetter at motorene blir kjørt som vist i figur 2. Dette er ikke nødvendigvis tilfellet ettersom det går an å redusere spenningen som tilføres motoren for å redusere kraften den leverer. Dette gir også muligheten til å bruke en svakere strømforsyning. Ettersom de to fasene i motoren er helt separate er det heller ingenting i veien for å bruke to separate strømforsyninger, noe som gjør at strømkningen når fasene møtes ved 45 graders intervaller ikke vil ha noe å si.



Figur 2: Strøm i hver fase (rød og blå) og sammenlagt strøm (lilla).

5 Muligheter for spenningsomformer

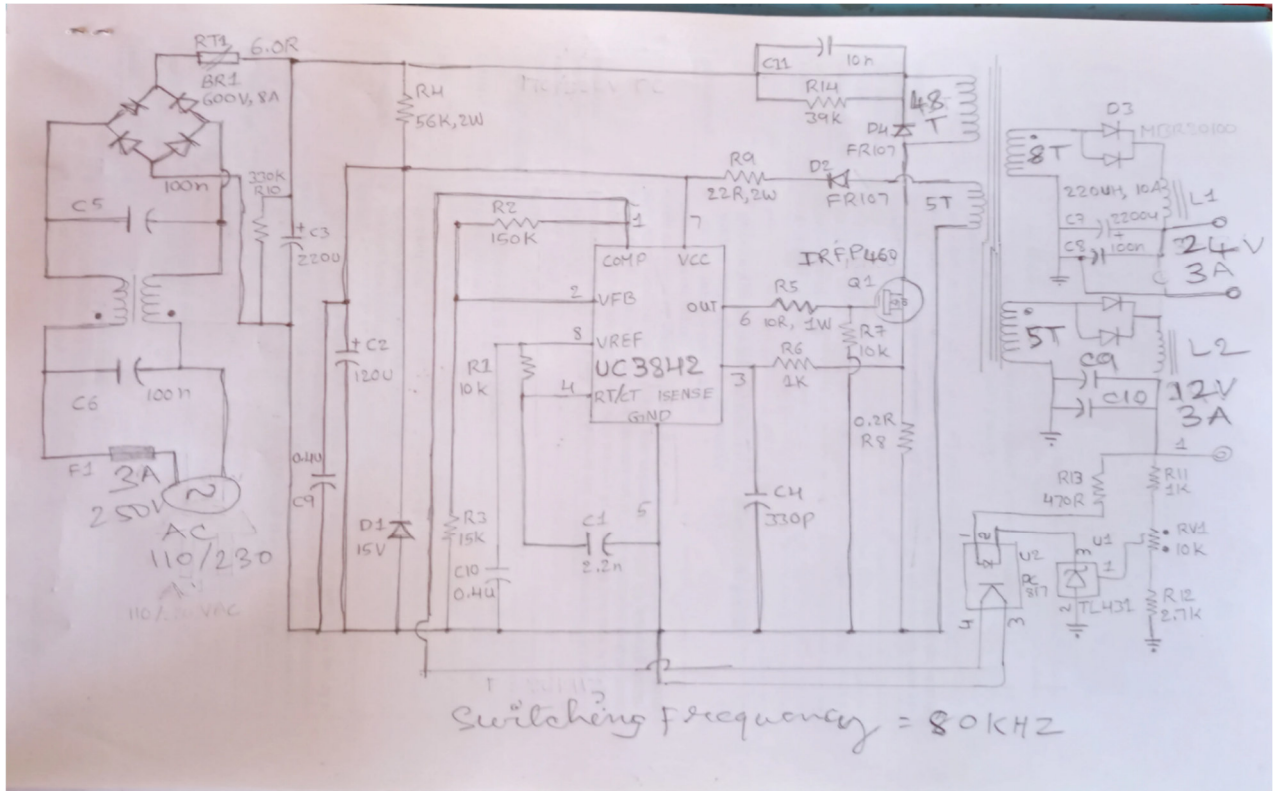
Hovedpoenget til en spenningsomformer er å justere ned spenningen fra 230 V til den høyeste spenningen systemet trenger. Motorene og trykkluftsolnoidene systemet har trenger begge 24 VDC så det vil da være logisk å bruke dette som utgangspunkt. Samtidig må den klare å levere nok strøm og som nevnt tidligere må forsyningen klare å levere 3,36 A for å kunne styre motoren.

5.1 Ferdiglaget spenningsomformer

Den mest praktiske løsningen vil være å kjøpe en ferdiglaget strømomformer. Et eksempel kan være XP Power LCS100US24 [3]. Denne spenningsomformeren vil kunne levere 24 VDC og 4 A. Den har en lav rippel og støy på rundt 150 mV fra topp til topp og en effektivitet på 90%. I tillegg er størrelsen på spenningsomformeren liten, og med begrensning på størrelse ut ifra størrelse og vekt kravene er det best å spare plass om det er mulighet for det.

5.2 Konstruere spenningsomformer fra bunnen

Et annet alternativ er å lage strømforsyningen fra bunnen på et kretskort. I figur 3 ser man et konsept på en spenningsomformer. Spenningsomformeren kunne motta både 110 V 60 Hz, og 230 V 50 Hz. Den trenger da en spenningstransformator fra 230 VAC til 24 VDC, en likeretterkrets, glattekrets og en UC3842 timer krets som skal styre pulsbredden. Deretter har den et galvanisk skille mellom utgangspenningen noe som vil gjøre denne strømforsyningen isolert. Problemet med dette konseptet er at leveringstider på komponenter, tidsbruken det vil ta å lage, og kompleksiteten på kretsen gjør at dette konseptet er upraktisk å gjennomføre, men fremdeles en mulighet.



Figur 3: Kretsskjema av en 24 og 12 V spenningsomformer.

6 Spenningsregulator

En spenningsregulator er en krets som skal holde en fast utgangsspenning uansett om det er forandring i inngangsspenningen. Det finnes flere typer spenningsregulatorer, men de mest brukte og lett tilgjengelige er lineær, svitsjende og Shuntregulator.

6.1 Lineærregulator

En lineærregulator fungerer ved å se på inngangsspenningen i forhold til utgangsspenningen og variere regulatorens motstand for da å få ut en konstant lik spenningsutgang.

Regulatoren fungerer som et potmeter som gjør konstant spenningsdeling for å beholde utgangsspenningen lik uansett inngangsspenningen. Problemet ligger i at differansen mellom

inngang og utgangspenningen vil da ligge over regulatoren og produsere varme. Dette gjør at i større kretser vil varmeutviklingen være ganske stor og krever da en kjølingsmetode. Lineærregulatoren har også en mye mindre virkningsgrad enn svitsjregulatoren.

6.2 Shuntregulator

En shuntregulator er en billig, effektiv og relativ enkel regulator. Den brukes som oftest i kretser med fastsatte lave spenninger og har relativ god regulering på disse lave spenningene. Problemet med shuntregulatoren er at reguleringsstrømmen, altså strømmen gjennom zenerdioden flyter i tillegg til laststrømmen. Dette fører til sløsing av strømmen når det er høye strømmer involvert.

Måten en shuntregulator fungerer er at når strømmen på utgangen synker, vil spenningen etter seriemotstanden øke. Når dette skjer vil base-emitterspenningen til transistoren øke med cirka tilsvarende mengde, fordi spenningen over zenerdioden er konstant. Denne økningen i base-emitterspenningen vil gjøre at transistoren vil lede mer da den må prøve å balansere for reduksjonen på utgangen. Denne balansen vil da prøve å returnere regulatoren til sin normale verdi. Hvis utgangsstrømmen øker vil noe tilsvarende skje, men denne gangen vil det være en reduksjon på basespenningen. Dette fører til at det blir lavere strøm igjennom transistoren og igjen balansere for økningen på utgangen. Det observeres da at utgangspenningen til shuntregulatoren holder seg relativt konstant. Shuntregulatoren er nok ikke egnet til vårt prosjekt.

6.3 Svitsjregulator / Buck-regulator

En buck-regulator er en DC til DC spenningsomformer som brukes for å steppe ned spenningen på utgangssiden. Den gjør dette ved å åpne og lukke en bryter som da bestemmer utgangspenningen basert på hvor lenge bryteren er lukket i en periode, også kalt «duty cycle». Det er da mulighet for å øke utgangspenningen på buck-regulatoren ved å øke tiden bryteren er nede. Formelen for dette er gitt ved

$$V_{ut} = V_{inn} \cdot D, \quad (2)$$

hvor D er duty cycle. Hvis vår strømforsyning gir ut en spenning på 12 V, og det er ønsket å redusere spenningen ned til 3 V, så må man finne ut hvor lenge en klokkesyklus må være på for å oppnå den ønskede spenningen. Dette kan ses ved,

$$D = \frac{V_{ut}}{V_{inn}} = \frac{3 \text{ V}}{12 \text{ V}} = 25 \%. \quad (3)$$

Det vil si at hvis en periode tar 4 ms så må bryteren være nede i 1 ms. For å styre denne bryteren kan man bruke en 555 timer-krets eller ved å spenningsdele utgangsspenningen og justere den med et potmeter. Hele denne prosessen kan kalles pulsbreddemodulasjon.

De fleste ferdiglagde buck-regulatoren som lages kommer ikke med galvanisk skille, men til vårt formål vil det ha lite å si.

I motsetning til en lineær regulator som reduserer spenningen ved å produsere varme, så vil buck-regulatoren redusere spenningen og steppe opp strømmen.

7 Muligheter for spenningsregulator

Spenningsregulatoren må kunne justeres fra 24 VDC til 5 VDC. Strømmen disse skal levere trenger ikke være noe mer over 1 A, siden de kun skal leveres til små komponenter. Det som er viktig er at spenningsregulatoren er stabil.

7.1 Ferdiglaget spenningsregulatorkrets

Det finnes allerede mange gode løsninger for ferdiglagde spenningsregulatorer. En spenningsregulator som er brukt i et tidligere prosjekt er XLSEMI XL4015 [4]. XL4015 er et svitsjeregulator og er justerbar fra 1,25 V til 32 V og har et maksimalt fall på 0,3 V. Den skal tåle 5 A konstant og har en effektivitet på 100%. Noe av det negative med en svitsjet spenningsregulator, er ofte at støy og rippel blir høyere.

Et annet alternativ er å bruk en lineær spenningsregulator. Det kan da brukes en LM317 lineær spenningsregulator [5]. LM317 er veldig simpel i konstruksjon, og trenger bare en spenningsdelingskrets og glatting for å fungere. LM317 er justerbar fra 1,25 V til 37 V og har et maksimalt fall på rundt 0,01 V. Den skal tåle 1,5 A og har en effektivitet på

7.2 Konstruere en spenningsregulatorkrets fra bunnen

Å lage en lineær spenningsregulator fra bunnen vil ikke være komplisert. Som nevnt tidligere trengs det kun noen motstander og glatting for å lage en spenningsregulator. Hovedproblemet igjen oppstår at med lange leveringstider og tidsbruk vil dette være upraktisk.

8 Batteri

I utgangspunktet var det tenkt å ha et batteri og batteristyringskrets, men etter lite plass og ikke et stort ønske fra kunde ble det lagt bort. Det fins mulighet for utvidelse videre i prosjektet.

9 Valg av spenningsregulator

Tabell 1: Pugh-matrise for vekting av regulator typer.

Kriterier	Vekting	Lineær		Svitsjet		Shunt	
		Beskrivelse	Poeng	Beskrivelse	Poeng	Beskrivelse	Poeng
Virkningsgrad	30%	Lav virkningsgrad. Har en bedre virkningsgrad hvis forskjellen mellom inngang og utgang er liten, men har typisk mellom 60% og 99%.	3	Høy virkningsgrad. En generelt bra virkningsgrad fordi den enten lader eller er slått av og ingen strøm vil forsvinne. 80% - 95% effektiv.	4	Lav virkningsgrad. Har bedre virkningsgrad hvis forskjellen mellom inngangen og utgangen er liten og det vil også være et tap i transistoren også, men typisk 50% - 99%.	2
Varmeutvikling	15%	Høy varmeutvikling. Forskjellen mellom inngang og utgangsspenningen vil ligge over regulatoren og strømmen vil da omgjøres til varme.	1	Lav varmeutvikling.	4	Høy varmeutvikling. Forskjellen mellom inngangs- og utgangsspenningen vil ligge over shuntmotstanden. I tillegg vil effekt tapes i transistoren.	1
Rippel	15%	Lav rippel. Rippelfri inngang gir rippelfri utgang.	4	Middels til høy rippel. Vil produsere rippel ved svitsjing.	3	Lav rippel. Rippelfri inngang gir rippelfri utgang.	4
Kompleksitet	10%	Lav kompleksitet.	4	Høy kompleksitet. Krever timing-krets for å styre bryteren.	2	Lav kompleksitet.	4
Størrelse	10%	Middels størrelse. Kan bli noe større når den krever kjøling.	2	Liten størrelse.	4	Liten størrelse.	4
Elektrisk støy	10%	Lav støy.	4	Middels støy. Vil skape støy når det skjer brå svitsjing.	2	Lav støy.	4
Pris	10%	Lav pris. Få komponenter og enkel konstruksjon, men kjøling blir ekstra.	3	Middels pris grunnet mer avansert elektronikk.	3	Lav pris. Få komponenter og enkel konstruksjon, men kjøling blir ekstra.	3
Vektet sum	100%	Regulatoren har dårlig virkningsgrad og har et stort effekttap når den regulerer ned mye. Det trenger blant annet å regulere ned fra 24 V til 12 V, som er alt for mye for en lineær regulator. Samtidig vil størrelsen bli noe større da den krever kjøling.	2,95	Regulatoren har høy virkningsgrad og egner seg godt til å regulere opp og ned store forskjeller.	3,35	Regulatoren har dårlig virkningsgrad og har et stort effekttap når den regulerer ned mye. Det trenger blant annet å regulere ned fra 24 V til 5 V, som er alt for mye for en Shunt regulator. Samtidig vil størrelsen bli noe større da den krever kjøling.	2,85

10 Forandring av valgt strømforsyning

Etter konstruksjon 1, ble det gjort en forandring i midstrukturen av launcheren som gjorde at den originale DC-motoren som skulle styre elevasjonen ble byttet med en steppermotor. Dette er samme type steppermotor som styrer rotasjonen.

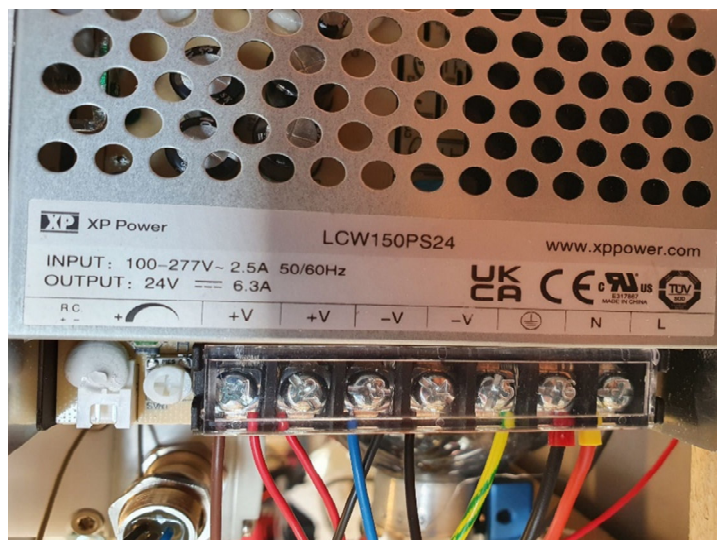
Etter konstruksjon 2, ble motoren til elevasjon byttet ut med en større motor med høyere dreiemoment. Dette gjør at motoren klarer å levere mer kraft med mindre spenning, så det gjør at ingen forandringen trengte å tas.

Fordi motoren ble byttet fra var det også nødvendig med en kraftigere strømforsyning. Spenningsomformereren ble gjort om fra det opprinnelige LCS100US24 til LCS150US24. Forskjellen er at den klarer 6.5 A i motsetning til 4 A. Den fysiske størrelsen er også 3 cm lengere, men siden den skal stå i sideboksen vil dette ikke ha noe relevant konsekvens

11 Den valgte strømforsyningen

11.1 Valgt spenningsomformer

Spenningsomformereren som ble valgt var LCS150US24 sett i figur 4. Ut ifra databladet til LCS150US2 oppgis det at den kan levere opp til 6,5 A noe som er nok for å styre hele systemet [6]. Selve spenningsomformereren kan få problemer hvis begge motorene blir kjørt samtidig og begge trekker mye strøm samtidig. Rippel ligger på 150 mV, men rippel i 24 V vil ikke ha noe å si for dette prosjektet.



Figur 4 Spenningsomformer LCS150US24

11.2 Test av spenningsomformereren

Selve strømomformereren skal kunne levere 24 V til motorkontrollene, trykkregulatoren og magnetventilene. Samtidig skal den levere spenning til buck-regulatoren som skal svitsje ned til 5 V. Når launcheren ikke er tilkoblet og det blir målt på spenningsomformereren blir

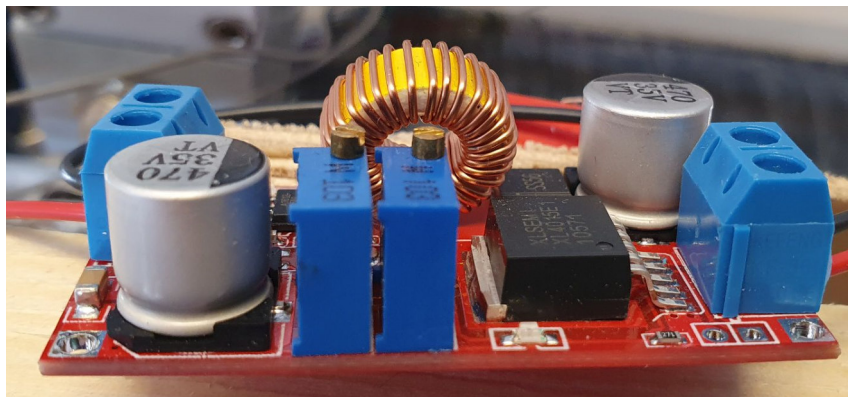
utgangsspenning 24,14 V sett i figur 5. Når launcheren er tilkoblet og kjører motorene ble det ikke observert noe forandring på utgangsspenningen.



Figur 5: Spenningen målt ut fra spenningsomformeren.

11.3 Valgt spenningsregulator

Spenningsregulatoren som ble valgt var en XL4015 Step-down DC modul buck-regulator sett i figur 6. Ut ifra databladet oppgis det at man kan justere utgangsspenningen fra 1,25 V til 32 V. Regulatoren skal kunne tåle 5 A, men den vil aldri trenge å trekke mer enn maks 1 A. Om det skulle være nødvendig i fremtiden å ha noe mer enn 5 V, vil denne regulatoren kunne justeres til det, så muligheten for utvidelser er enkelt med dette oppsettet.

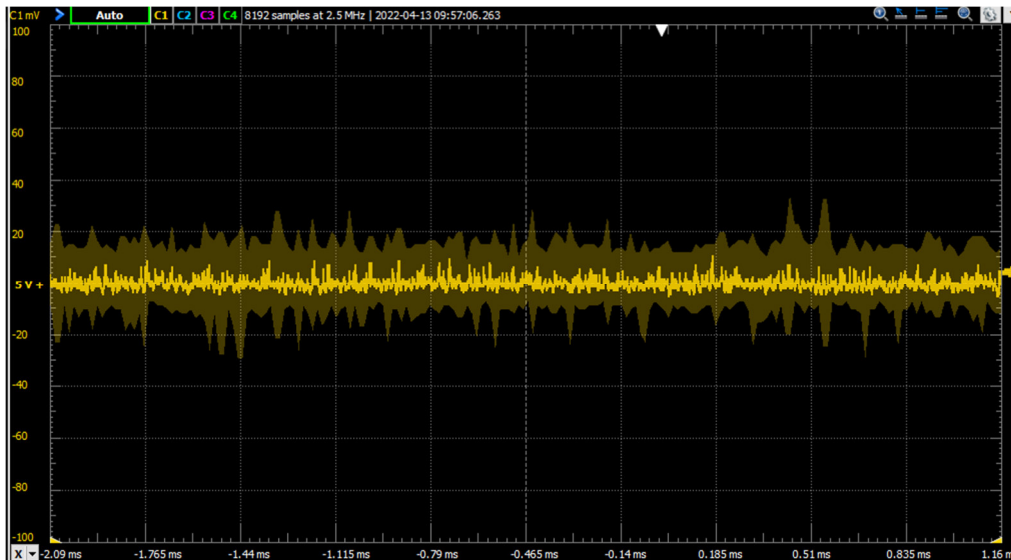


Figur 6: XL4015 Step-Down DC Modul.

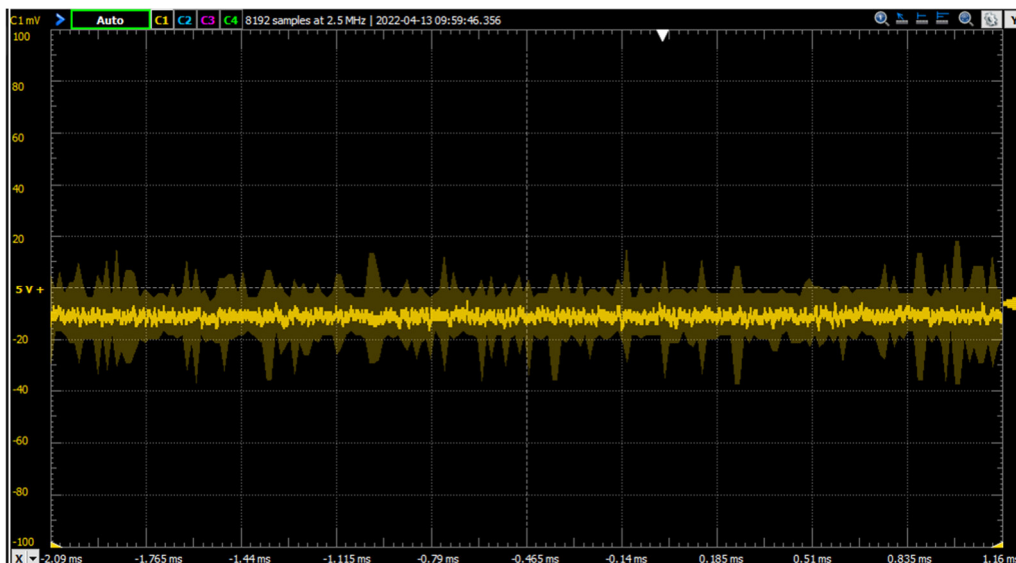
11.4 Test av spenningsregulatoren

Det som er vesentlig å teste med spenningsregulatoren er hvordan utgangsspenningen oppfører seg når inngangsspenningen faller. I figur 7 ser man utgangsspenningen med 24 V inngangsspenning. Sammenliknet med figur 8 hvor inngangsspenningen har falt ned til 6 V, og utgangsspenningen har falt med omtrent 10 mV. Om inngangsspenningen falt noe mer

under 6 V vil utgangsspenningen falle drastisk fort fordi driftsspenningen vil da ikke være høy nok. Dette er ganske imponerende for en ganske billig spenningsregulator.



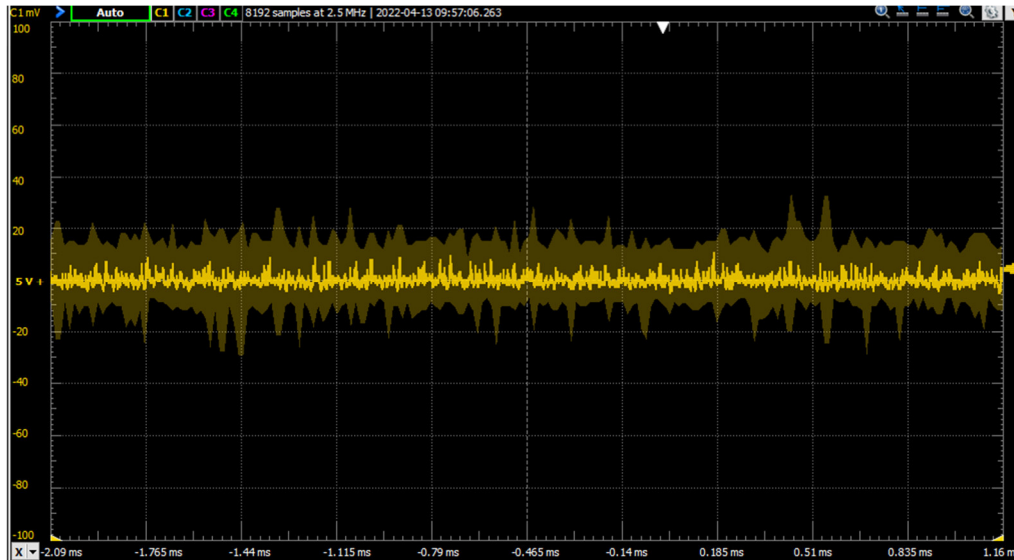
Figur 7: Utgangsspenningen til buck-regulatoren når inngangsspenningen er 24 V.



Figur 8: Utgangsspenningen til buck-regulatoren når inngangsspenningen har falt til 6 V.

Det ble også gjort testing på utgangsspenningens rippel, siden svitsjregulator skaper rippel ved svitsjing. Generelt sett så vil en høyere svitsjfrekvens gjøre at rippelen blir lavere. I figur X, ser man rippelen til utgangsspenningen. Svitsjfrekvensen er rundt 190 kHz, og fra databladet så skal dette normalt ligge rundt 144-216 kHz, typisk 180 kHz. Ut ifra figur 9 ser man at rippelen på utgangen er 18 – 20 mV. Det kan være mulig å få rippelen enda mindre

med mer glatting på utgangen, men mest sannsynlig vil ikke dette påvirke systemet på noe måte.



Figur 9: Rippel på utgangen til buck-regulatoren.

11.5 Videre utvikling av strømforsyning

Sånn som systemet er nå vil det være mulig å få spenninger fra 1,25 V til rundt 20 V. Om systemet skulle trenge å få tilført 12 V vil det være en enkelt prosess for utviding. Samtidig er det nevnt tidligere at systemet kan utvides med et batteri for bruk uten strømtilførsel i nærheten. Om systemet i framtiden skal utvides til mer enn en launcher vil nok den nåværende strømforsyningen ikke være brukbare på mer enn en launcheren.

12 Referanser

- [1] Arduino, Arduino Mega 2560 Rev3 Tech specs, A000067, 20.05.2022,
<https://docs.arduino.cc/static/27013e8da471ae201cc9660815e3e01c/A000067-datasheet.pdf>
- [2] RS Components AS, RS Pro 2,8 V Hybrid stepper motor, 8927732, 22.05.2022,
<https://docs.rs-online.com/8c64/0900766b8157d548.pdf>
- [3] XP Power, LCS150 Series AC-DC Power Supplies, 10.02.2021
<https://docs.rs-online.com/2966/A700000007590232.pdf>
- [4] XLSEMI, 5A 180KHz 36V Buck DC to DC Converter, XL4015., rev 1.3
https://datasheet.lcsc.com/lcsc/1811081616_XLSEMI-XL4015E1--_C51661.pdf
- [5] Texas Instruments, LM317 3-Terminal Adjustable Regulator, april 2020
https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm317.pdf?ts=1651860204918&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F
- [6] XP Power, LCS150 Series AC-DC Power Supplies, 12.08.2021
<https://docs.rs-online.com/8a16/A700000008225535.pdf>

EL002 – Rapport, motorer og regulering

Dokumentbeskrivelse

Dokumentet går gjennom virkemåten til tre forskjellige motorvalg, og fordelene og ulempene de medfører. Det velges også motorer til både elevasjon og rotasjon, med begrunnelser for hvorfor de egner seg til disse formålene.

Revisjon	Skrevet av	Dato	Godkjent av
A	Christoffer Mehren	05.03.2022	John Kristiansen

Innhold

1. Introduksjon	3
2. Dokumenthistorie og referanser	3
2.1 Dokumenthistorie	3
2.2 Refererte dokumenter	3
3. Børstet DC-motor	4
4. Steppermotor	5
5. Servomotor	7
6. Konklusjon	9

Figurliste

Figur 1: Kretstegning for en simpel H-bro	4
Figur 2: Drift i fulle steg	6
Figur 3: Drift i halve steg	7

Tabelliste

Tabell 1: Valg av motor for elevasjonsmekanisme	10
Tabell 2: Valg av motor for rotasjonsmekanisme	11

1. Introduksjon

Launcherens to motorer har en sentral funksjon for systemet, og valget av motorene er ikke likegyldig. Det må ses på faktorer som rotasjonsmoment, holdemoment, hastighet, strømforbruk og hvor stor plass motoren tar. Dette dokumentet vil gå gjennom de tre motorvalgene vi anser som mest hensiktsmessige, og hvilke fordeler og ulemper hver løsning har. De to motorene skal ikke brukes til samme formål, og det er derfor også mulighet for valg av to ulike motorer. Dokumentet konkluderer med et valg av motor til både rotasjon og elevasjon.

2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter

2.1 Dokumenthistorie

Revisjon	Beskrivelse	Dato
A	Opprettet	24.02.22

2.2 Refererte dokumenter

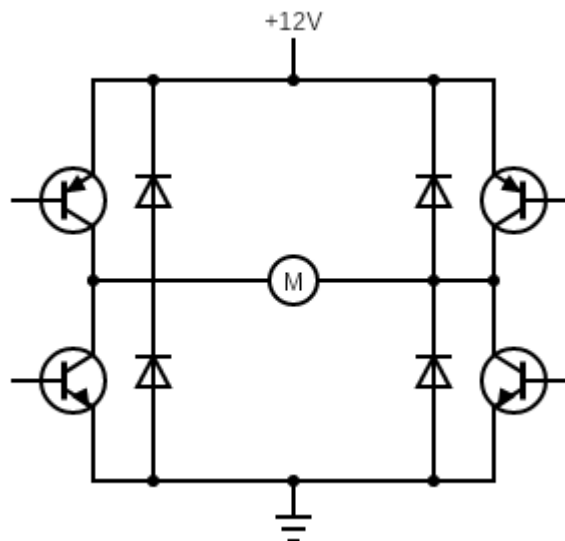
Tittel	Revisjon	Utgiver

3. Børstet DC-motor

Den første motoren man tenker på er selvfølgelig den enkleste. Dette i både virkemåte og styring. Den klassiske børstede DC-motoren har mange fordeler som gjør den attraktiv til mange forskjellige prosjekter, men også visse ulemper.

En av hovedfordelene med DC-motoren er hvor enkel den er. Børstene tar seg av å reversere strømretningen gjennom spolene hver halve rotasjon slik at kraften som oppstår alltid peker i samme retning. Dette gjør at motordriveren ikke trenger noen spesiell elektronikk for å aktivere forskjellige spoler, og det trengs ingen timer-krets. Det eneste motordriveren må kunne gjøre er å styre retningen motoren roterer. Dette gjøres så enkelt som å inverttere strømretningen til motoren.

Det brukes typisk en H-bro, vist i figur 1, som bruker fire transistorer som skrur av og på periodisk for å kontrollere hastigheten til motoren. Transistorer diagonalt for hverandre aktiveres til samme tid. Broene utstyres også med dioder for å sikre trygg utladning av motoren ved frakopling. Fordelen med denne motordriveren er at den består av få komponenter, og den er dermed både billig og pålitelig.



Figur 1: Kretstegning for en simpel H-bro.

DC-motorene for seg selv kan komme opp i veldig høye turtall. Motorene vi har tatt i betraktning er derfor utstyrt med en liten girkasse for å trappe opp momentet på bekostning av hastigheten. Dette gjør at de fortsatt kan gå relativt raskt, men også kan utføre arbeid uten å stoppe helt opp. Momentet til en DC-motor er ikke konstant. Den har et høyt moment ved lave turtall, som minker lineært med økning i turtall. Dette er selvfølgelig en forenkling av virkeligheten, men det gir et godt nok innblikk i motorkarakteristikken til våre formål.

Etttersom motorene er utstyrt med en girkasse, tar de størst plass i lengden. Motorene er til gjengjeld ganske slanke. De er også ganske stillestående, ettersom bevegelsen er kontinuerlig. Dette betyr at motorene i utgangspunktet har ubegrenset oppløsning med

tanke på posisjoner. Begrensningen blir dermed hvilke posisjoner vi klarer å lese med sensoren vi velger. Motoren er også ganske effektiv til å transformere elektrisk kraft til mekanisk kraft.

Simplisiteten til motoren er ikke alltid i dens favør. Siden den ikke drives til visse posisjoner, men kontinuerlig roterer når den tilføres strøm, så er det umulig å vite hvilken posisjon den er i og hvilken fart den roterer med uten å bruke en form for sensor. Dette gjør at den vil ta større plass enn bare motoren, men vi står til gjengjeld ganske fritt til hvor vi ønsker å plassere denne sensoren.

Den brå svitsjingen av strømretning fører også til at motoren genererer mye elektrisk støy. Dette kan være et problem i visse tilfeller, og det kan hende motoren trenger et EMC-filter i forkant for å ikke forstyrre annen elektronikk. Et annet problem er bruken av børster. Ettersom disse er i fysisk kontakt med den roterende kommutatoren vil den etter hvert bli slitt og trenge utbytt. Disse to problemene anser vi som irrelevante til vårt prosjekt, ettersom vi ikke benytter oss av veldig sensitiv elektronikk, og motoren ikke vil rotere konstant i årevis.

4. Steppermotor

En steppermotor er en form for børsteløs motor som styrer rotoren mot visse posisjoner. Steppermotorer har i motsetning til DC-motorer flere sett med spoler. Disse spolene aktiveres med ulik timing for å dra rotoren framover ett steg av gangen. Disse stegene er typisk på 1.8° , men oppløsningen kan økes med mikrostepping. Dette kommer vi tilbake til senere.

Den åpenbare fordelen med en steppermotor i forhold til andre motorer er at den ikke kjører kontinuerlig når den tilføres strøm. Steppermotoren er posisjonsbasert, som i at den kun roterer så mange steg man ønsker at den skal gjøre. Dette gjør at den er ideell til regulering i åpen sløyfe. Dessverre er det ikke mulig å vite posisjonen til en steppermotor uten å vite posisjonen den starter i, og dette ser også bort ifra at den kan hoppe over steg i visse tilfeller. Dette betyr at den er optimal for åpen-sløyfe-regulering av hastighet, men ikke posisjon.

Momentet til en steppermotor er på sitt høyeste i stasjonær tilstand. Motoren kan dessuten låses i visse posisjoner og forbli der uavhengig av endringer i momentet som tilføres akslingen. Dette står i motsetning til DC-motoren, som kun kan motvirke et moment. Om det motvirkende momentet fjernes vil DC-motoren begynne å rotere igjen. Det skal dog noteres at dette trekker mye strøm, og ikke anbefales i lange perioder.

Steppermotoren kan gå relativt fort, men begynner å møte på problemer ved høye turtall. Dette inkluderer at den vil kunne hoppe over steg med jevne mellomrom, noe som gjør at det er vanskelig å fastslå rotorens posisjon etter lengre perioder med tid. Dette er derimot ikke et problem ved hastighetsregulering.

Ettersom steppermotoren består av flere spoler (typisk to eller fire), trenger den også flere komponenter og mer avansert styring. Dette innebærer typisk to H-broer, som tidligere vist i figur 1, hvor én bro styrer én spole. Man må også kunne styre timingen til hvordan spolene aktiveres, som betyr at man trenger en form for timingkrets. Dette kan gjøres på en Arduino, eller på en dedikert motorkontroller.

Det finnes tre måter å inkrementere bevegelsen i steppermotor, med underkategorier for de forskjellige måtene: fulle steg, halve steg, og mikrostepping. Når motoren kjøres i fulle steg vil vinkelen alltid øke inkrementelt med oppløsningen på motoren, typisk 1.8° . Dette kan gjøres på to måter. Enten kan spolene skrues helt av og på før neste spole aktiveres, eller så kan to spoler aktiveres før den ene deaktiveres og neste aktiveres. Begge disse metodene fører i praksis til det samme resultatet, men er forskjøvet med ett halvt steg i forhold til hverandre. Forskjellen på dette vises i figur 2, med singelspoledrift i figur 2a og dobbelspoledrift i figur 2b.

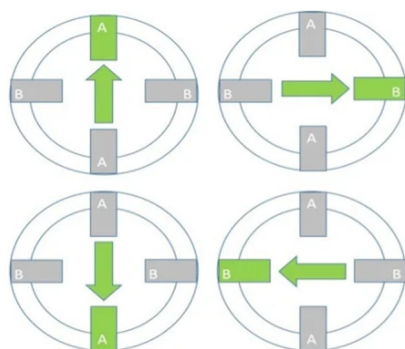


Fig 1 – One phase on – full step

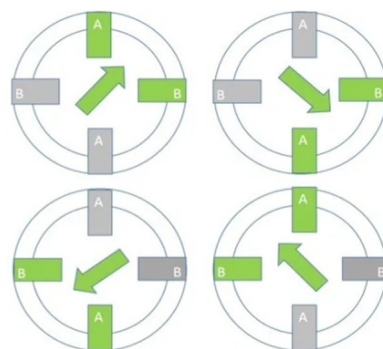


Fig2 – Two phase on – full step

Figur 2: Drift i fulle steg.

Med litt smartere drift kan motorens oppløsning dobles. Dette gjøres ved å kjøre motoren i halve steg. Dette går ut på å kombinere de to måtene for fullstegdrift slik at motoren kan benytte seg av den kombinerte posisjonsmengden. Dette gjøres ved å først aktivere én spole, deretter en annen uten å deaktivere den første, deretter deaktivere den første, for så å gjenta prosessen. Dette forklares best ved hjelp av figur 3. Med denne metoden oppnår man fullt moment i alle posisjoner. Dette er driftsmetoden som gir høyest bevegelsesmoment av de tre metodene.

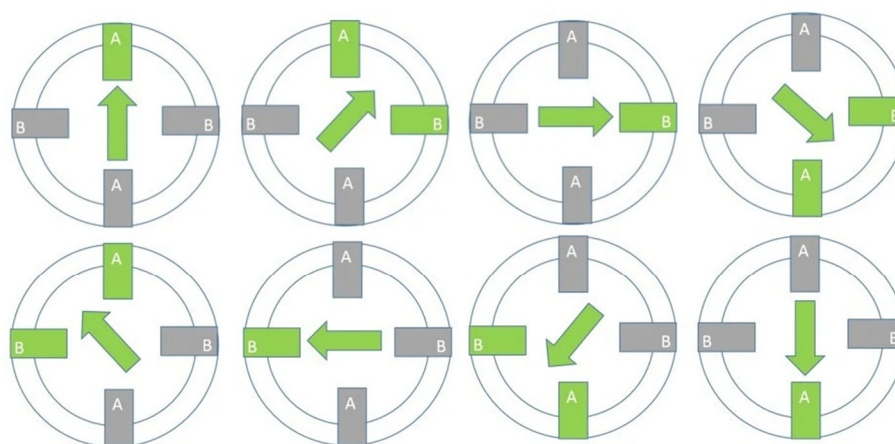


Fig3 - One-two phase on - half step

Figur 3: Drift i halve steg.

Den siste måten å drive en steppermotor på er å mikrosteppe den. Dette går ut på å regulere strømmen til spolene. I motsetning til de to tidligere metodene hvor spolene enten aktiveres eller deaktiveres, er strømmen, og dermed magnetfeltet til spolene varierende. Dette gjør at motoren kan nå posisjoner som ikke er mulig med simpel drift. Mikrostepping brukes ofte for å redusere overshoot, øke oppløsning, minke støy og for å få en mer kontinuerlig bevegelse. Ulempen er at denne metoden for drift har dyrere driverkretser og noe lavere moment enn halvsteg. Motoren bør heller ikke holdes stasjonært i posisjoner som ikke kan holdes i halve steg, ettersom disse ekstra posisjonene ikke er stabile.

Energiforbruket til en steppermotor er heller ikke noe å skryte av. Motorene trekker mye strøm, og kan bruke mye energi på ingenting ved resonans. Dette gjør at steppermotorer kanskje ikke er de beste motorene om man har en dårlig strømforsyning, eller er begrenset av et batteri. Motorene kan også bråke. Dette kan minimeres av mikrostepping, men det lavere støynivået medfører dessverre mer høyfrekvent støy. Dette kan oppleves som mer ubehagelig, og det er derfor ikke sikkert at mikrostepping oppleves som mer behagelig.

5. Servomotor

Den siste motortypen vi anser som realistisk er servomotorer. Disse motorene er egentlig en slags pakkøløsning. Den inneholder en motor, giring, posisjonssensor og reguleringskrets. Dette er i mange tilfeller en stor fordel, men som vi skal se har det også visse ulemper.

En stor fordel med servomotorer er at de har et konstant moment over et stort spenn med rotasjonshastigheter. Dette gjør dem at de er veldig forutsigbare, og kan akselerere raskt med mindre påvirkning av last. De er også veldig enkle å styre til bestemte posisjoner,

ettersom både reguleringen og sensorene er plassert inni motoren. Dette gjør at man fraskriver seg en del ansvar. Den innebygde sensoren gjør også at dette er den eneste motortypen som slipper å ha en egen rotasjonsenkoder for å lese av posisjonen til akslingen.

Servomotoren har ofte et veldig effektivt energiforbruk. Den kan oppnå inntil 90% effektivt energiforbruk i store deler av momentkurven. Dette varierer med hastighet og moment, men er generelt sett bedre enn både DC-motoren og servomotoren. Servoer har dessuten ikke ubegrenset oppløsning som en DC-motor, ettersom de er begrenset av en rotasjonssensor, men oppløsningen er som regel mye bedre enn en steppermotor uten mikrostepping.

Det er dessverre visse ting som gjør at servoer ikke er den optimale løsningen i alle tilfeller. Det virker som om servoer er delt i to klasser: hobby servoer og industrielle servoer. Hobby servoer er veldig billige servoer og har ofte begrenset rotasjonshastighet og vinkelmengde. Det er med andre ord ikke alle servoer som kan rotere kontinuerlig. En vanlig begrensning er 180°. Industrielle servoer kan oppnå høyere turtall enn servomotorer og egner seg bra til formål hvor dette er nødvendig på grunn av sitt høye moment og oppløsning. Skillet på disse to klassene med servoer framkommer dessverre markant i prisene. Det er et gap, hvor hobby servoene ofte ligger rundt hundrelappen, mens de bedre servoene ofte kommer på over tusen kroner.

To servoer som styres likt vil ikke nødvendigvis prestere likt. Alle motorer har selvfølgelig små forskjeller, men dette merkes ekstra godt med servomotorer. Reguleringskretsene må stilles inn for å oppnå optimal ytelse, noe som kan være en tidkrevende og vanskelig prosess. Servoer er dessuten uforutsigbare om noe skulle ryke, og det er ikke like lett å bytte ut enkelte deler som det ville vært om delene var separate komponenter.

På grunn av det tidligere nevnte klasses skillet kan det være vanskelig å få tak i servoer som passer både budsjettet og kravene til prosjektet man har. I vårt tilfelle har jeg lett etter servoer med litt over 100 Nmm i moment. Dette virker dessverre som punktet hvor skillet er, ettersom jeg kun fant hobby servoer med veldig lavt turtall, eller industrielle servoer med høy pris. Det er dermed vanskeligere å få tak i servoer som egner seg til enkelte formål.

6. Konklusjon

De forskjellige motorene har forskjellige styrker og svakheter som gjør at de bør brukes i forskjellige anledninger. Veldig enkelt kan motorene oppsummeres ved å si at DC-motoren kan oppnå et høyere turtall og er lettere å styre, servomotoren har bedre holdemoment og er noe vanskeligere å styre, og servomotoren har bra moment og turtall, men er dyr og noe uforutsigbar.

Vi har valgt å bruke en DC-motor til elevasjonsmekanismen. Dette er fordi vi har valgt å bruke snekkedrift for å heve toppelementet. Ettersom snekkedriften er selvlåsende så er ikke denne funksjonaliteten nødvendig fra steppermotoren. DC-motoren er i tillegg slankere og vil egne seg bedre i toppelementet hvor det er lite plass. Den kan også levere et høyt moment, samtidig som den har et høyt turtall. Turtallet er viktig for at toppelementet skal kunne heves raskt nok til tross for den store utvekslingen i giret.

Til rotasjonsmekanismen har vi valgt å bruke en steppermotor. Dette er fordi vi ønsker presis kontroll over rotasjonsvinkelen, og på grunn av den låsende funksjonaliteten til motoren. Dette ser vi på som spesielt gunstig om toppelementet skulle vise seg å ha høy rekyl. Begrensningen i turtall er uviktig til denne mekanismen ettersom vi ønsker en mer direkte overføring mellom motoren og rotasjonselementet, med lav utveksling. Dimensjonene til motoren fungerer også i vår favør ettersom lengden vil være en begrensning når vi ønsker lite drivverk.

Grunnen til at servomotoren ikke har blitt valgt til noen av mekanismene er den lave rotasjonshastigheten til hobby servoer og den høye prisen til de bedre industrielle servoene. Det gjør også at vi fraskriver oss mye av ansvaret for reguleringen og må bruke en del tid på tuning, noe som ikke er ønskelig. Spesielt i rotasjonsmekanismen er det ønskelig å ha lite rykk. Rykk er den tidsderiverte av akselerasjon. Det er vanskeligere for oss å regulere rykket uten å ha direkte tilgang til alle parametere, altså moment eller strøm, posisjon og hastighet.

En servomotor kunne egnet seg til elevasjonsmekanismen på grunn av sitt høye moment og innebygde rotasjonsenkoder. Den ble valgt bort på grunn av sitt lave turtall, noe som ikke egnet seg med den høye utvekslingen til snekkedriften. Elevasjonsmekanismen opererer kun mellom 0 og 40 grader. Det ble beregnet at en servomotor i verste fall kunne bruke over fem sekunder på denne bevegelsen, noe vi anser som for tregt.

Disse motorvalgene begrunnes numerisk i tabell 1 og 2. Tabell 1 viser et vektet valg av motor til elevasjonsmekanismen. Her er hastigheten viktigere enn i rotasjonsmekanismen, ettersom det benyttes snekkedrift. Tabell 2 viser valget av motor til rotasjonsmekanismen. Her er nøyaktigheten kraftig vektlagt, som igjen fører til et annet motorvalg. Alle kriterier er vektlagt i prosent, slik at summen blir 100 %. Motorene gis poeng fra null til ti for hvert kriterium.

Tabell 1: Valg av motor for elevasjonsmekanisme.

		Børstet DC-motor		Steppermotor		Servomotor	
Kriterier	Vekting	Beskrivelse	Poeng	Beskrivelse	Poeng	Beskrivelse	Poeng
Nøyaktighet	15%	Bra nøyaktighet, men kan begrenses noe av startmoment.	3	Bra nøyaktighet, kan økes ytterligere med mikrostepping.	5	Bra nøyaktighet. Begrenset av enkoderen.	4
Hastighet	20%	Høy hastighet. Trappes ofte ned med giring for å øke moment.	5	Middels hastighet. Kan møte på problemer med resonans og kan hoppe over steg.	3	Høy hastighet. Gires ofte ned for å øke moment. De billige er ofte veldig trege.	4
Moment	15%	Godt moment ved lavt turtall. Minker omtrent lineært.	3	Høyest moment ved lavt turtall. Kan låses i én posisjon.	4	Konstant bra moment fram til høyt turtall, hvor det minker.	3
Styring	10%	Enkel å styre med H-bro. Lett å styre i kode.	5	Enkel å styre med dobbel H-bro. Ganske lett å styre i kode.	4	Enkel å styre med servodriver. Veldig enkel å styre i kode.	5
Størrelse	15%	Smal, største målet er lengden.	4	Typisk 42 x 42. Noe større enn en DC-motor. Finnes i forskjellige lengder.	3	Smal, største målet er i lengden. Ofte noe større enn DC-motor pga. enkoder.	3
Effektivitet	5%	God effektivitet. Børsten sørger for noe friksjon.	3	Middels effektivitet. Trekker mye strøm for å låse posisjonen.	2	Høy effektivitet. Børste sørger for noe friksjon.	4
Tilgjengelighet	10%	Lett tilgjengelig.	5	Lett tilgjengelig.	5	Kan være vanskelig å få tak i til visse formål.	3
Pris	10%	Populær og dermed relativt billig.	4	Billig, noe dyrere enn en DC-motor.	4	Dyr til våre formål.	2
Vektet sum	100%	Best valg.	4,05	Bra valg.	3,8	OK valg.	3,5

Tabell 2: Valg av motor for rotasjonsmekanisme.

		Børstet DC-motor		Steppermotor		Servomotor	
Kriterier	Vekting	Beskrivelse	Poeng	Beskrivelse	Poeng	Beskrivelse	Poeng
Nøyaktighet	30%	Bra nøyaktighet, men kan begrenses noe av startmoment.	3	Bra nøyaktighet, kan økes ytterligere med mikrostepping.	5	Bra nøyaktighet. Begrenset av enkoderen.	4
Hastighet	10%	Høy hastighet. Trappes ofte ned med giring for å øke moment.	5	Middels hastighet. Kan møte på problemer med resonans og kan hoppe over steg.	3	Høy hastighet. Gires ofte ned for å øke moment. De billige er ofte veldig trege.	4
Moment	15%	Godt moment ved lavt turtall. Minker omtrent lineært.	3	Høyest moment ved lavt turtall. Kan låses i én posisjon.	4	Konstant bra moment fram til høyt turtall, hvor det minker.	3
Styring	10%	Enkel å styre med H-bro. Lett å styre i kode.	5	Enkel å styre med dobbel H-bro. Ganske lett å styre i kode.	4	Enkel å styre med servodriver. Veldig enkel å styre i kode.	5
Størrelse	10%	Smal, største målet er lengden.	4	Typisk 42 x 42. Noe større enn en DC-motor. Finnes i forskjellige lengder.	3	Smal, største målet er i lengden. Ofte noe større enn DC-motor pga. enkoder.	3
Effektivitet	5%	God effektivitet. Børsten sørger for noe friksjon.	3	Middels effektivitet. Trekker mye strøm for å låse posisjonen.	2	Høy effektivitet. Børste sørger for noe friksjon.	4
Tilgjengelighet	10%	Lett tilgjengelig.	5	Lett tilgjengelig.	5	Kan være vanskelig å få tak i til visse formål.	3
Pris	10%	Populær og dermed relativt billig.	4	Billig, noe dyrere enn DC-motor.	4	Dyr til våre formål.	2
Vektet sum	100%	Godt valg	3,8	Best valg.	4,1	Godt valg.	3,55

EL005 – Rapport, simulering av steppermotor

Dokumentbeskrivelse

Dokumentet går gjennom modellering av steppermotoren i Simulink, og simulering av motormodellen med forskjellige drivere.

Revisjon	Skrevet av	Dato	Godkjent av
A	Christoffer Mehren	04.04.2022	John Kristiansen

Innhold

1. Introduksjon	2
2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter	2
2.1 Dokumenthistorie	2
2.2 Refererte dokumenter	2
3. Modellering av steppermotoren	3
4. Simulering av motormodellen	4
Referanser	7
Figur 1: Simulink-modell for steppermotor.	3
Figur 2: Spenningskurve til spolene ved full-step.	4
Figur 3: Oppsett for styring av posisjon ved full-step.	4
Figur 4: Spenningskurve til spolene ved ¼-mikrostep.	5
Figur 5: Oppsett for styring av posisjon ved ¼-mikrostep.	5
Figur 6: Posisjonskurve til spolene ved full-step og ¼-mikrostep.	6

1. Introduksjon

For å få bedre innblikk i steppermotorens virkemåte, er det gunstig og simulerer motoren som skal brukes i systemet. Dette dokumentet tar for seg oppførselen til steppermotoren, og hvordan det oppnås en presis styring av motoren gjennom tilbakekobling.

2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter

2.1 Dokumenthistorie

Revisjon	Beskrivelse	Dato
A	Dokumentet ble opprettet.	04.04.2022

2.2 Refererte dokumenter

Tittel	Revisjon	Utgiver

3. Modellering av steppermotoren

En steppermotor består av to sett med spoler, og ingen børste, noe som gjør den mer komplisert å modellere enn en vanlig DC-motor. Vi har valgt å representere motoren ved hjelp av fire differensiallikninger (1-4), hvor hver differensiallikning beskriver den deriverte til en av variablene i motoren, uttrykt med de tre andre variablene. Disse likningene er utledet med utgangspunkt i elektromagnetiske formler og er hentet fra [1].

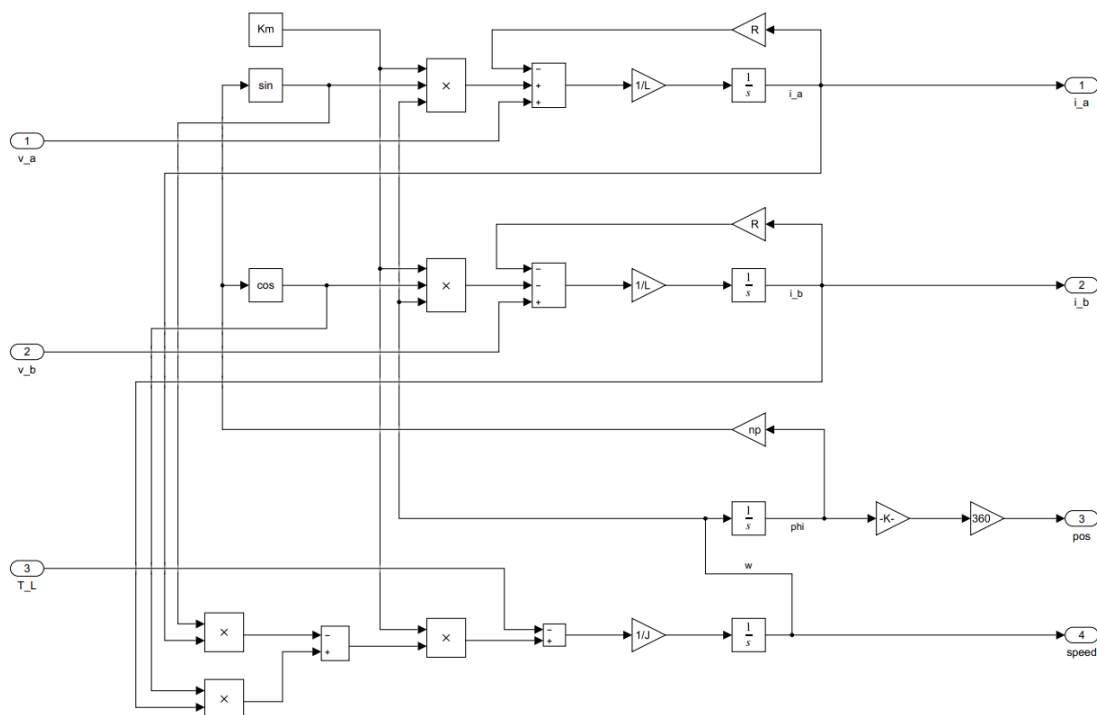
$$L \frac{di_a}{dt} = -Ri_a + K_m \omega \sin(n_p \theta) + u_a \quad (1)$$

$$L \frac{di_b}{dt} = -Ri_b + K_m \omega \cos(n_p \theta) + u_b \quad (2)$$

$$J \frac{d\omega}{dt} = -i_a K_m \sin(n_p \theta) + i_b K_m \cos(n_p \theta) - \tau_L \quad (3)$$

$$\frac{d\theta}{dt} = \omega \quad (4)$$

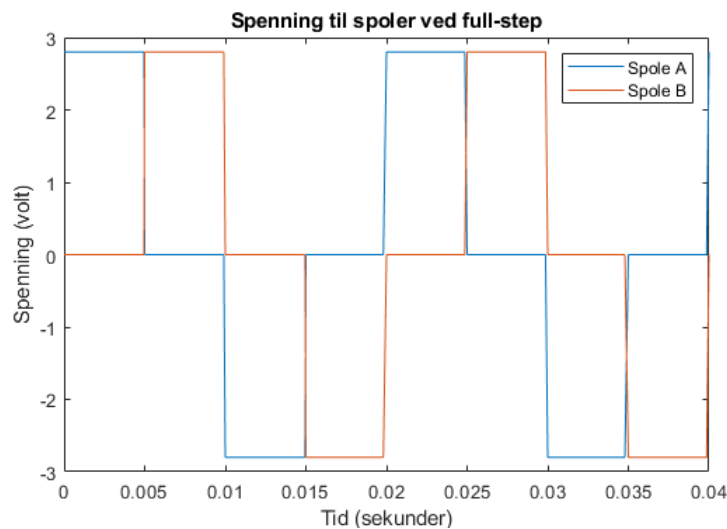
Systemet er ulineært ettersom det avhenger av trigonometriske funksjoner av systemvariablene. Det er heller ikke mulig å lage en god linearisering av systemet ettersom vinkelvariablen vil operere langt utenfor størrelsen på én periode. Differensiallikningene er implementert i Simulink, som sett i fig. 1. Variablene u_a og u_b tilsvarer v_a og v_b i modellen.



Figur 1: Simulink-modell for steppermotor.

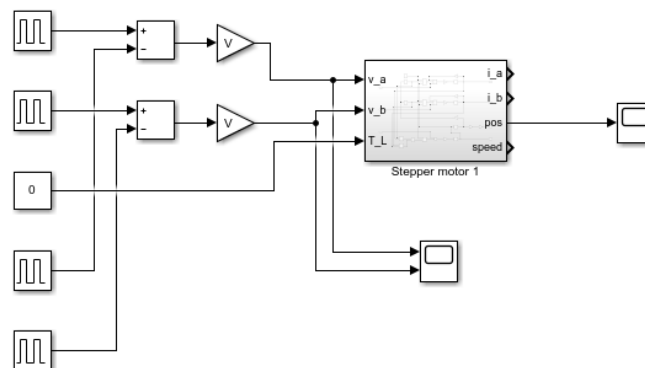
4. Simulering av motormodellen

Tilstandsvariablene v_a og v_b styres i et mønster som gjør at spolene er aktivert med en tidsforskyvning på en kvart periode fra hverandre. I første omgang tester vi motoren ved å kjøre spenningsinngangene med full-step drift. Dette betyr at spolene aktiveres én av gangen i et sekvensielt mønster. Spenningsutgangene vises i fig. 2 med en periode på 20 ms, som tilsvarer en rotasjonshastighet på én omdreining i sekundet.



Figur 2: Spenningskurve til spolene ved full-step.

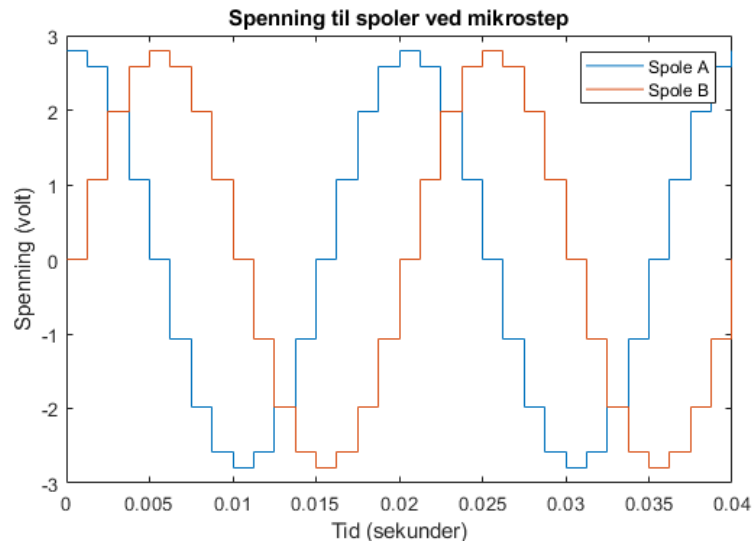
Modellen for motoren kan kombineres til én blokk, som inneholder hele den fysiske steppermotoren. Denne kan da styres med ekstern logikk som vist i figur 3. Spenningskurvene er implementert ved bruk av fire pulsbreddesignaler med en driftssyklus på 25% som er forskjøvet en kvart periode fra hverandre. Signalene som er en halv periode unna hverandre kombineres slik at én av dem får negativt fortegn. Deretter skaleres utgangen slik at vi kan justere hvilken spenning vi ønsker å drive motoren med.



Figur 3: Oppsett for styring av posisjon ved full-step.

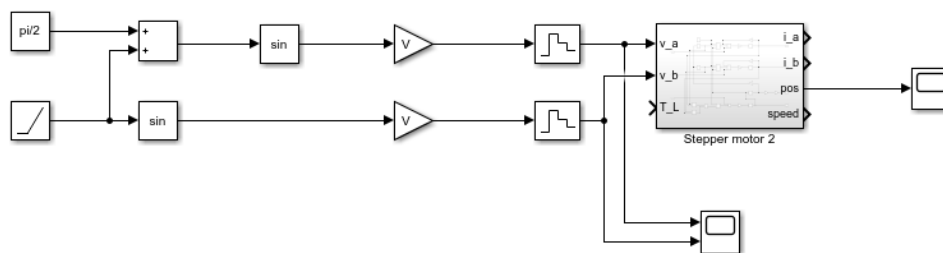
Det finnes en mer sofistikert måte å drive motoren på kalt mikrostepping. Motoren drives fortsatt med to signaler med en faseforskyvning på en kvart periode, men i dette tilfellet tilføres det varierende spenningsnivåer. Nivåene er valgt på en slik måte at signalene skal likne på sinusbølger. Figur 4 viser spenningskurvene tilført spolene med 1/4-mikrostep. Dette

vil si at hvor hvert steg i full-step drift kjører en $\frac{1}{4}$ -mikrostep fire små steg. Avstanden og hastigheten skal være lik i begge tilfellene, men mikrostepping gir muligheten til å stoppe akselen i flere posisjoner, og gir også en mer lineær økning i vinkel over tid.



Figur 4: Spenningskurve til spolene ved $\frac{1}{4}$ -mikrostep.

Oppsettet for simulering av mikrostepping er vist i figur 5. Her brukes det et gradvis stigende signal som brukes som vinkelen til sinusfunksjonen. Utgangssignalet skaleres deretter slik at toppnivået stemmer med tilførselspenningen. Det siste leddet er en sample-and-hold blokk, som gjør sinussignalet om til en diskret variant. Den eneste endringen som gjøres for å oppnå en faseforskyvning på en kvart periode er at det legges til $\pi/2$ radianer til vinkelen i starten. Denne forskyvningen kunne også vært gjort ved bruk av en cosinusfunksjon.

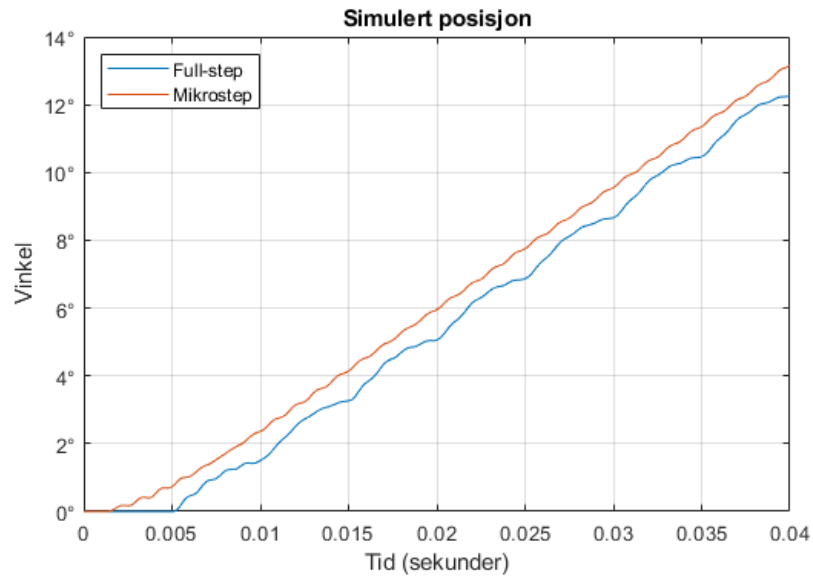


Figur 5: Oppsett for styring av posisjon ved $\frac{1}{4}$ -mikrostep.

De to forskjellige måtene å drive motoren på fører naturligvis til forskjellige posisjonskurver. Dette reflekteres i simuleringresultatene som vist i figur 6. Her ser vi tydelig flere av de tidligere diskuterte egenskapene. Det er nå veldig tydelig hva som menes med at $\frac{1}{4}$ -mikrostep har fire steg for hvert steg i full-steg, og man ser at begge har lik stigning i posisjon tross deres forskjeller.

En ting som var uventet med simuleringen var at posisjonsgrafen til full-step drift virker forskjøvet i forhold til mikrostep. Dette kommer av at den første posisjonen de forskjellige driverene prøver å kjøre motoren til er posisjonen den allerede står til. Altså vil det første steget ikke gjøre noen ting, og posisjonen vil holde seg på null grader. Vi ser dermed at den

mikrosteppede motoren rekker å ta tre steg før full-step rekker å begynne å bevege seg. Denne forskyvningen skjer i hovedsak som en konsekvens av hvordan vi har valgt å sette opp simuleringen, og det er mulig å få en bedre overlapp om det trengs.



Figur 6: Posisjonskurve til spolene ved full-step og ¼-mikrostep.

Referanser

- [1] Chiasson, J. (2005), *Modeling and High-Performance Control of Electric Machines*. John Wiley & Sons, Inc.

EL006 – Rapport, målbrikke

Dokumentbeskrivelse

Dokumentet går igjennom de forskjellige metodene vi har sett på for en målbrikke og eventuelle alternativer.

Revisjon	Skrevet av	Dato	Godkjent av
A	John Kristiansen	07.05.2022	Christoffer Mehren

Innhold

1. Introduksjon	3
2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter	3
2.1 Dokumenthistorie	3
2.2 Refererte dokumenter	3
3. Målbrikke	4
4. Flyttbar målbrikke med IMU	4
5. WPS.....	5
6. Fjernkontroll	6
7. Konklusjon	7
8. Referanser	8

Figurliste

Figur 1: Visualisering flyttbar målbrikke med IMU.....	4
Figur 2: Akselerasjonen, farten og posisjonen direkte etter flytting.	5
Figur 3: Akselerasjonen, farten og posisjonen fem sekunder etter flytting.	5
Figur 4: Visualisering av WPS metoden for målbrikke.	5
Figur 5: Arduino Nano 33 BLE og Arduino Mega 2560 med HC-05 Bluetooth modul.	6
Figur 6: To stykk Arduino Nano 33 BLE.	7
Figur 7: Visualisering av fjernkontroll-løsningen.....	7

1. Introduksjon

I dette dokumentet blir det forklart de metodene som er testet for å lage en målbrikke for systemet. Målbrikkens hensikt er å kunne enkelt finne fram til en posisjon, ved hjelp av å kunne flytte på en gjenstand. Dette vil gjøre det er enkelt for andre personer enn operatøren å kunne velge og verifisere målene de ønsker å treffe.

2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter

2.1 Dokumenthistorie

Revisjon	Beskrivelse	Dato
A	Dokumentet ble opprettet	07.05.2022

2.2 Refererte dokumenter

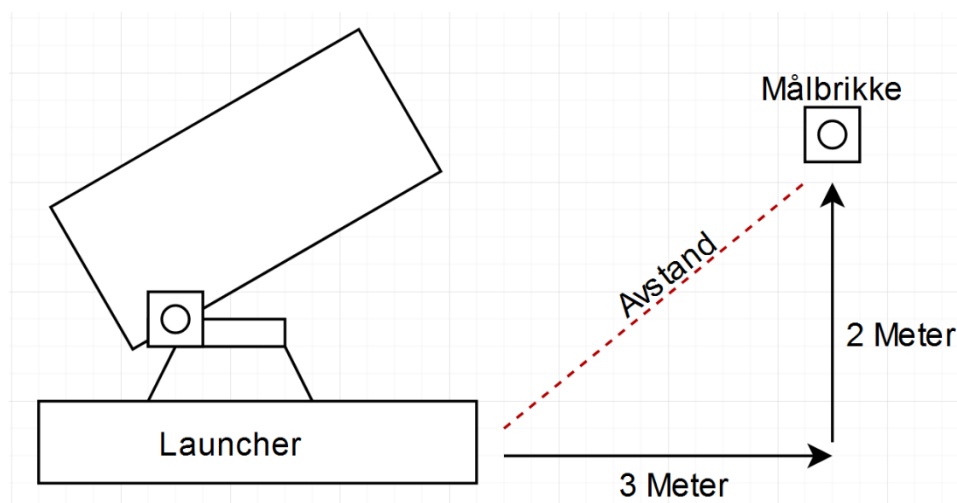
Tittel	Revisjon	Utgiver

3. Målbrikke

Funksjonen til målbrikken er å kunne fysisk flytte et objekt til en viss lokasjon innenfor en rekkevidde på 10 meter og få launcheren til å avfyre mot dette objektet. Hensikten med dette var å skape en enkel måte å velge posisjonen man ville treffe. Det finnes noen måter å gjøre dette på, og vi skal se på noen av dem.

4. Flyttbar målbrikke med IMU

Første metoden var å bruke en Arduino Nano 33 BLE som et flyttbart objekt, som visualisert i figur 1. Nanoen har en innebygd 9-akse treghetsmålingsenhet (IMU) og inkluderer et akselerometer, gyroskop og magnetometer med 3-akser hver. Idéen med dette var å flytte Arduinoen rundt i et rom ved hjelp av akselerometeret, og dobbelt-integrere akselerasjonen for å få posisjonen.



Figur 1: Visualisering flyttbar målbrikke med IMU.

Når metoden ble testet var resultatet varierende. Om målbrikken ble flyttet i en ganske høy hastighet og stoppet brått ble resultatet greit, men med noe feil. Om den ble flyttet sakte, ble hele avlesningen feil og resultatet ble ubrukelig. Uansett om den ble flyttet fort eller sakte kom hovedproblemet fort fram. Figur 2 viser posisjonen etter at målbrikken er flyttet til en posisjon, og i figur 3 ser vi posisjonen etter noen sekunder. Et kjent problem med billigere IMU-er er at de fort drifter, og avlesningen blir helt feil. For å fikse et sånt problem må et Kalman-filter implementeres. Et Kalman-filter bruker flere målinger fra forskjellige sensorer over en tidsperiode og estimerer en mer nøyaktig måling. Selv med støy og unøyaktighet kan et Kalman-filter beregne et nøyaktig estimat ut ifra målingene. Når det ble testet med et Kalman-filter på Nano 33 BLE, fikk vi enda noe drifting. Uansett hvor bra Kalman-filteret som blir brukt, kan det ikke kompensere for en dårlig IMU. Det var derfor nødt til å finne en annen metode.

a: -0.10	v: -0.02	p: 2.34
a: -0.09	v: -0.03	p: 2.32
a: -0.08	v: -0.03	p: 2.29
a: -0.08	v: -0.03	p: 2.27
a: -0.08	v: -0.03	p: 2.24
a: -0.07	v: -0.03	p: 2.21
a: -0.07	v: -0.03	p: 2.18
a: -0.06	v: -0.03	p: 2.15
a: -0.06	v: -0.03	p: 2.12

Figur 2: Akselerasjonen, farten og posisjonen direkte etter flytting.

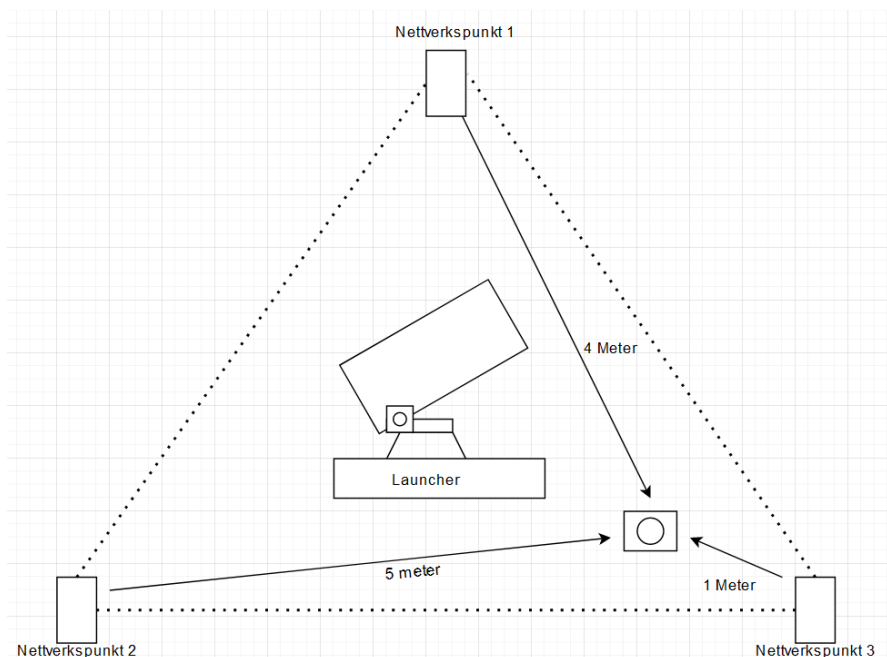
a: 0.03	v: -0.03	p: -3.44
a: 0.03	v: -0.03	p: -3.47
a: 0.03	v: -0.03	p: -3.50
a: 0.03	v: -0.03	p: -3.52
a: 0.03	v: -0.02	p: -3.55
a: 0.03	v: -0.02	p: -3.57
a: 0.03	v: -0.02	p: -3.59
a: 0.03	v: -0.02	p: -3.62
a: 0.03	v: -0.02	p: -3.64
a: 0.03	v: -0.02	p: -3.67

Figur 3: Akselerasjonen, farten og posisjonen fem sekunder etter flytting.

5. WPS

Neste metode var å bruke en WPS (Wi-Fi based positioning system) løsning. WPS bruker Wi-Fi nettverktilgangspunkter for å spore lokasjoner som er tilkoblet disse. Lokasjonen blir sendt tilbake til nettverkspunktet og brukes i forskjellige applikasjoner for å spore hvor langt unna nettverkspunktet en enhet befinner seg. Denne type sporing kalles RSSI (Received signal strength indicator) og måler styrken på radio signalet den mottar for å regne ut hvor langt unna enheten befinner seg [1].

WPS bruker da RSSI fra flere nettverkspunkter samtidig for å måle distansen til enheten fra flere posisjoner. Denne posisjonsdataen er da sendt tilbake til et sanntidslokaliseringsystem som bruker multilaterasjonsalgoritmer for å basere plasseringer av enheten [2]. Ved å bruke minst tre nettverkspunkter vil du da oppnå en triangulering av posisjonen. Som sett i figur 4 vil da launcheren befinne seg i midten av område vi skal spore. Ved å flytte målbrikken innenfor området til punktene vil vi da kunne vite hele tiden hvor den befinner seg.



Figur 4: Visualisering av WPS metoden for målbrikke.

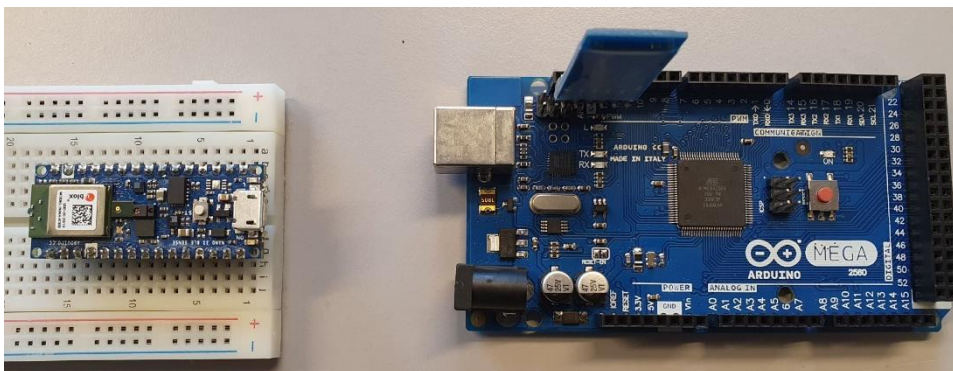
Problemet med dette er at det er veldig upålitelig på grunn av støy fra omgivelsene. Telefoner, andre nettverk og generelle signaler vil påvirke nøyaktigheten drastisk. Det vil da trenge å filtrere signalet for at det skal kunne bli brukbart. Samtidig vil det trenge tre nettverkspunkter for å teste denne metoden noe som gjør den til en dyr løsning, og hver gang launcheren settes i et nytt lokale vil den trenge å kalibrere posisjonen på nytt for å fungere optimalt. Plasseringsnøyaktigheten er også ikke veldig presis og kan variere med opp til 10 meter basere på hvor bra nettverkspunktene er.

Det finn samtidig også andre løsninger som er mer nøyaktig som fungerer på samme prinsipp som BLE (Bluetooth Low Energy) og UWB (Ultra-Wideband), men disse er mye dyrere enn Wi-Fi og blir derfor ikke en ideell metode.

6. Fjernkontroll

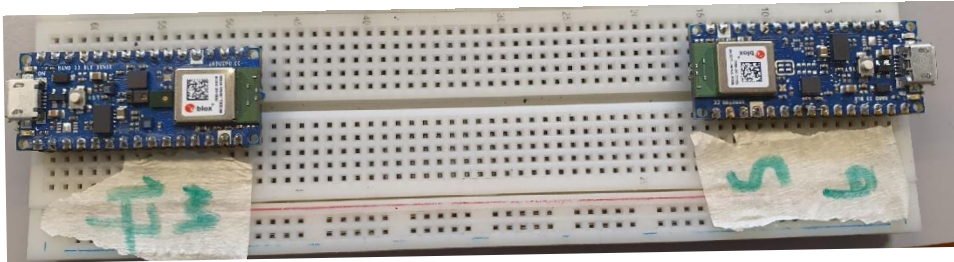
Siden ingen av løsningene ville fungere bra i forhold til vårt prosjekt ble det tenkt at vi kan enda kan bruke Arduino Nano BLE 33 til noe som vil kunne komme til nytte for systemet. Det ble da tenkt ut å bruke Arduinoen som en trådløs fjernkontroll som bruker Bluetooth til å sende styringsinformasjonen direkte inn til Arduinoen som styrer launcheren. Siden Nano BLE 33 har en innebygd metode for å detektere når den blir rotert, var tanken å bruke dette som styring. I tillegg vil det også bli lagt til en funksjon for å avfyre et prosjektil.

Arduino Mega har ingen innebygd Bluetooth, så det ble brukt en HC-05 Bluetooth-modul for å kommunisere med Nano 33 BLE som vist i figur 5. Når det først ble testet kommunikasjon mellom Nano 33 BLE og Megaen, oppnådde vi ingen forbindelse. Senere viste det seg at det var umulig å kommunisere med klassisk Bluetooth og BLE. Forskjellen som gjør at de ikke kan dette er at BLE forblir i en sovemodus til den får kontakt, og denne kontakten varer bare i noen millisekunder. I motsetning til klassisk Bluetooth som kan være i kontakt i flere timer.

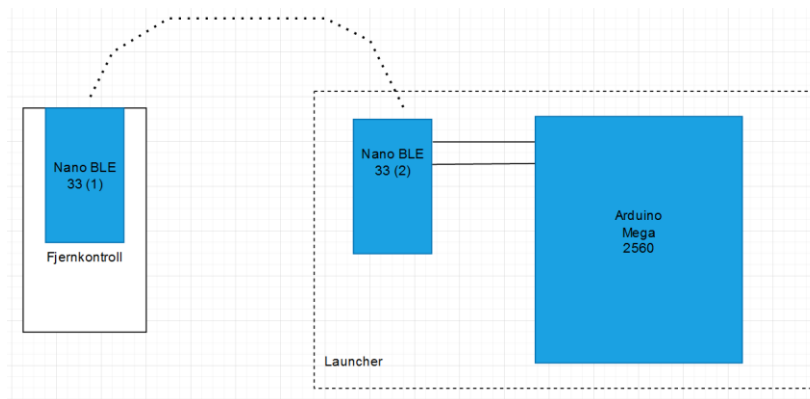


Figur 5: Arduino Nano 33 BLE og Arduino Mega 2560 med HC-05 Bluetooth modul.

Neste mulighet var å bruke to Arduino Nano 33 BLE for å kommunisere som vist i figur 3. En av Nano BLE-ene vil bli brukt til å sende signaler som en fjernkontroll, og den andre vil motta og gi informasjonen videre til Arduino Megaen i launcheren som visualisert i figur 7. Kommunikasjonen mellom Nano BLE fungerte ganske bra, men begynte å miste data med lenger over fem meter.



Figur 6: To stykk Arduino Nano 33 BLE.



Figur 7: Visualisering av fjernkontroll-løsningen.

7. Konklusjon

For nå har denne fjernkontrollen blitt nedprioritert for å få launcheren til å fungere i forhold til kravene, men om det finnes tid etter rapporten er levert vil denne utvidelsesdelen være mulig å implementere i systemet.

8. Referanser

- [1] J. Xiong, Q. Qin and K. Zeng, "A Distance Measurement Wireless Localization Correction Algorithm Based on RSSI," in 2014 Seventh International Symposium on Computational Intelligence and Design, Hangzhou, China, 2015.
- [2] Yang Li, Jianhua Zhang, Qiong Wu, Adaptive Sliding Mode Neural Network Control for Nonlinear Systems," in 2019 "Adaptive Sliding Mode Neural Network Control for Nonlinear Systems," China 2015

EL007 – Rapport, prosjektildeteksjon

Dokumentbeskrivelse

Dokumentet går gjennom de forskjellige metodene vi har sett på for prosjektildeteksjon. Metodene veies opp mot hverandre og det trekkes en konklusjon om hvilken metode som er best for vårt prosjekt.

Revisjon	Skrevet av	Dato	Godkjent av
A	Christoffer Mehren	19.04.2022	John Kristiansen

Innhold

1. Introduksjon	3
2. Dokumenthistorie og referanser	3
2.1 Dokumenthistorie	3
2.2 Refererte dokumenter	3
3. Mikrobryter	4
4. Infrarød deteksjon	5
5. Kapasitiv deteksjon.....	6
6. Konklusjon	9
7. Referanseliste	10

Figurliste

Figur 1: Canister med mikrobryter, uten prosjektil.....	4
Figur 2: Canister med mikrobryter, med prosjektil.....	4
Figur 3: Canister med IR-sensor, uten prosjektil.....	5
Figur 4: Canister med IR-sensor, med prosjektil.	5
Figur 5: Canister med hylse til måling av kapasitans, uten prosjektil.	6
Figur 6: Canister med hylse til måling av kapasitans, med prosjektil.	6
Figur 7: Eksempel på en målebro.	7
Figur 8: Eksempel på målebro med differensialforsterker.	8

1. Introduksjon

Prosjektet har et behov for å detektere om det er prosjektiler i canister. For dette formål finnes det mange løsninger, og vi ønsker å undersøke og analysere mulighetene vi anser som mest realistiske. Det er viktig at løsningen ikke tar større plass enn canister, og at detektoren vi velger aldri kolliderer med prosjektilet.

2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter

2.1 Dokumenthistorie

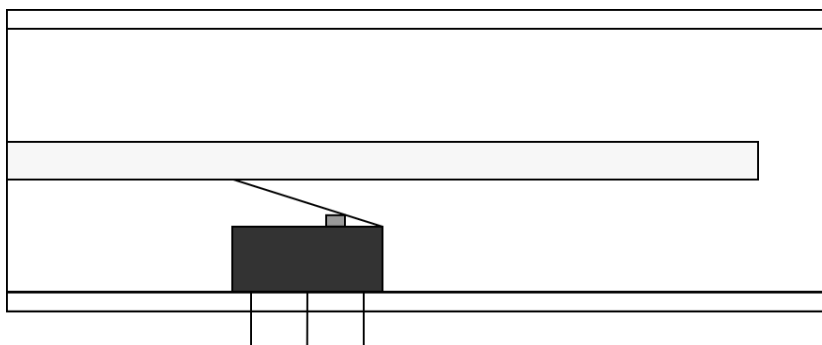
Revisjon	Beskrivelse	Dato
A	Dokumentet ble opprettet	19.04.2022

2.2 Refererte dokumenter

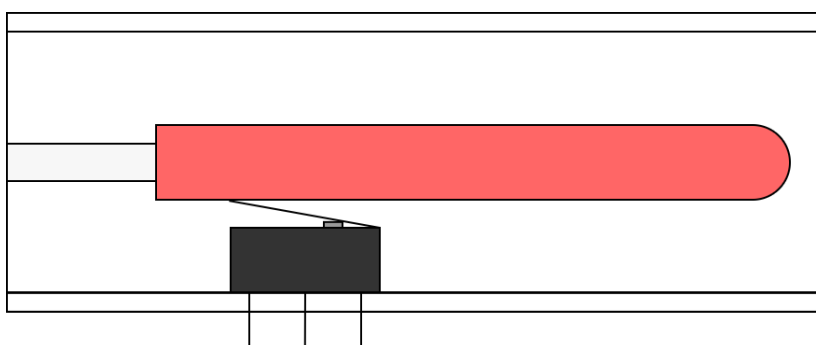
Tittel	Revisjon	Utgiver

3. Mikrobryter

Den første deteksjonsmetoden vi så på var mikrobrytere. Dette er, som navnet tilsier, små brytere og fungerer dermed på samme vis. Vanligvis har disse bryterne én felles kontakt (COM), én normalt åpen kontakt (NO) og én normalt lukket kontakt (NC). Disse kalles respektivt COM, NO og NC. Det finnes forskjellige aktuatorer til forskjellige bruksområder. De vanligste er knapp, spak og spak med hjul.



Figur 1: Canister med mikrobryter, uten prosjektil.



Figur 2: Canister med mikrobryter, med prosjektil.

Et grovt konsept for hvordan en mikrobryter kan monteres er vist i figur 1. Figuren viser innsiden av en canister sett fra siden. Mikrobryteren er montert på veggen slik at bryterspaken er i kontakt med avfyringsrøret uten å lukke bryteren. I figur 2 ser man at når prosjektilet tres på avfyringsrøret vil spaken trykke inn bryteren og dermed slutte NO kontakten og bryte NC kontakten. Dette kan enkelt kobles opp mot en Arduino og brukes for å detektere prosjekttilstatus.

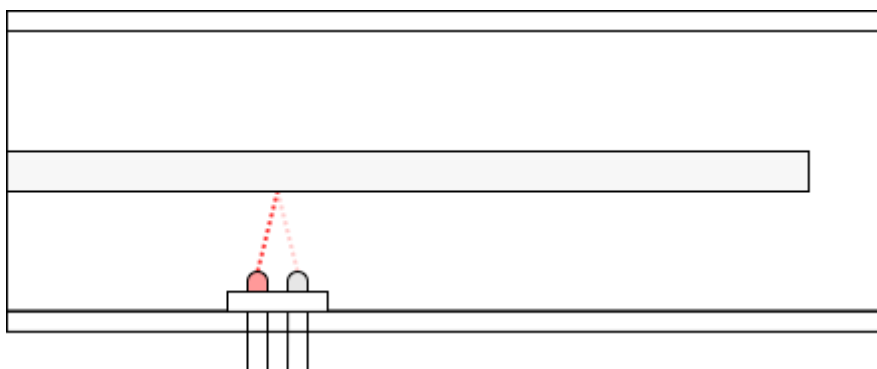
Det finnes i hovedsak to ulemper med dette konseptet. Først og fremst er ikke løsningen kontaktløs. Dette betyr at det må en viss normalkraft til fra prosjektilet for å aktivere bryteren. Glidfriksjonen til prosjektilet er direkte proporsjonalt med denne kraften, og prosjektilet vil kunne holdes tilbake ved utskytning. Dette kan påvirke hvilken fart

prosjektilet avfyres med og kan slite på prosjektilet, spesielt om det er laget av et mykt materiale som skum.

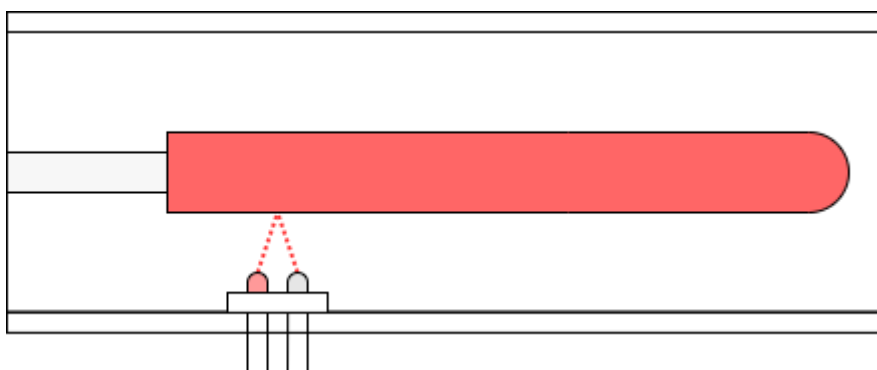
Den andre ulempen er at prosjektilet bestemmer plasseringen av bryteren. Med andre ord vil en gitt plassering av mikrobryteren kun kunne brukes med prosjektiler av en viss tykkelse. Dette betyr at endringer i prosjektilets design kan medføre at bryteren ikke lenger klarer å detektere prosjektilet på ordentlig vis. Det er imidlertid mulig å feste bryteren i noe som gjør at posisjonen kan justeres.

4. Infrarød deteksjon

Et annet konsept for å detektere prosjektiler er å bruke en infrarød lyskilde og en infrarød detektor. Disse kan i hovedsak monteres på to forskjellige måter. En mulighet er å ha lyskilden foran detektoren, slik at et objekt kan passere mellom dem og gjøre at lyset ikke kommer fram til detektoren. Den andre muligheten er å ha kilden og detektoren montert ved siden av hverandre, slik at et objekt foran vil reflektere lys fra kilden inn på detektoren. For at dette skal fungere er det viktig at kilden og detektoren kun sender ut og plukker opp lys i en viss vinkel, slik at lyset ikke kan gå direkte fra kilden til detektoren.



Figur 3: Canister med IR-sensor, uten prosjektil.



Figur 4: Canister med IR-sensor, med prosjektil.

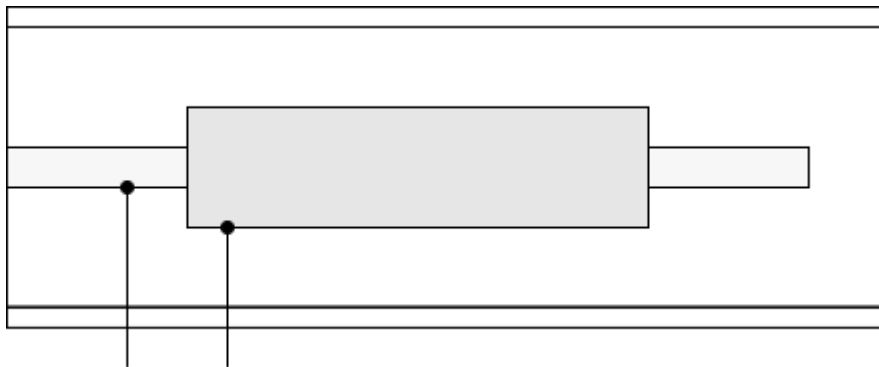
Figur 3 viser en illustrasjon av en canister uten prosjektil. Den infrarøde lyskilden sender da ut lys som reflekteres av avfyrringsrøret. Det reflekterte lyset er derimot for svakt til at

detektoren aktiverer utgangen til kretsen. Når prosjektilet tres på, som vist i figur 4, reflekteres lyset sterkere ettersom avstanden er lavere. Dette aktiverer detektoren og sender et signal på utgangen.

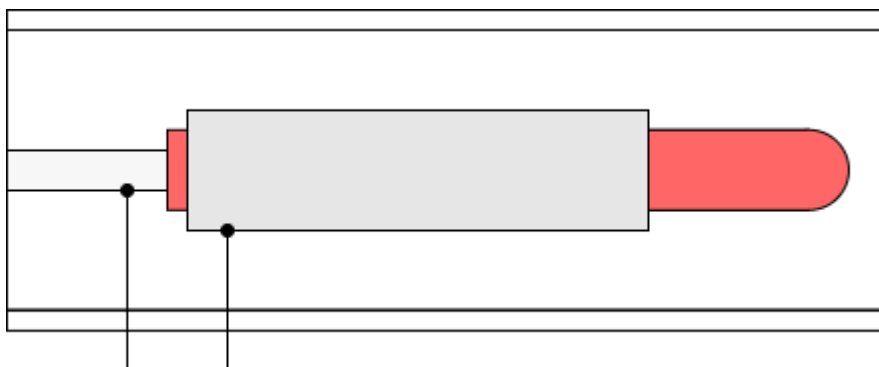
Vi har også sett at det er mulig å montere IR-sensoren med kun noen millimeters klaring for prosjektilet. I dette tilfellet vil sensoren aktiveres av avfyringsrøret og sette utgangen høy som om det var et prosjektil der. Et sort prosjektil kan da brukes for å absorbere det infrarøde lyset slik at sensoren ikke lenger detekterer et objekt. Dette fører da til motsatt virkemåte av det forrige forslaget, men dette har ikke noe å si for mikrokontrolleren som mottar signalene. Fordelen med dette designet er at det kan være enklere å plassere detektoren riktig, ettersom man ikke trenger å forholde seg til ytterkanten av deteksjonsområdet. Ulempen er at prosjektiler med finner kan treffe sensoren og muligens dra med seg deler ved avfyring.

5. Kapasitiv deteksjon

Det siste deteksjonskonseptet vi har vurdert baserer seg på måling av endring i kapasitans. Konseptet går ut på å bruke prosjektilet som dielektrikum i en sylindrisk kondensator, slik at kapasitansen vil være avhengig av hvor langt prosjektilet er tredd inn i canisteren. Dette kan måles ved å måle amplituden til en strøm når det settes høyfrekvent alternerende spenning på canister og hylsen rundt.



Figur 5: Canister med hylse til måling av kapasitans, uten prosjektil.



Figur 6: Canister med hylse til måling av kapasitans, med prosjektil.

Kapasitansen kan regnes ut ved følgende formel

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_r l}{\ln(b/a)}, \quad (1)$$

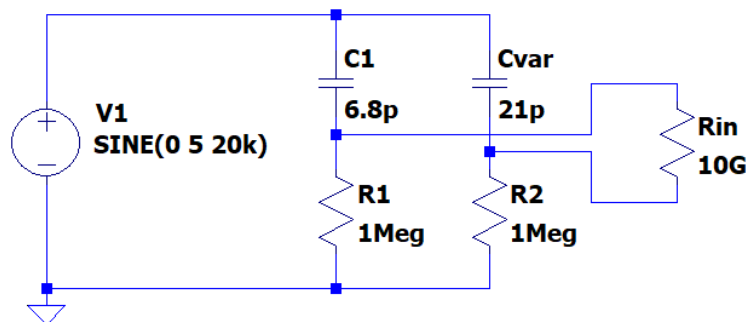
hvor ϵ_0 er permittiviteten i vakuum, ϵ_r er den relative permittiviteten til materialet vi bruker som dielektrikum, l er lengden på hylsa, og b og a er den ytre og indre diameteren til kondensatoren. Dette blir den indre diameteren til hylsa og den ytre diameteren til avfyringsrøret. Med relativ permittivitet $\epsilon_r = 1.00059$ for luft [1] og $\epsilon_r = 3.11$ for PLA [2], en hylselengde på 5 cm, et ytre rørdiameter på 6 mm og en indre hylsediameter på 9 mm får vi kapasitansene

$$C_{luft} = \frac{2\pi \cdot 8.85418782 \frac{\text{pF}}{\text{m}} \cdot 1.00059 \cdot 5 \text{ cm}}{\ln\left(\frac{9 \text{ mm}}{6 \text{ mm}}\right)} = 6.86 \text{ pF}, \quad (2)$$

og

$$C_{PLA} = \frac{2\pi \cdot 8.85418782 \frac{\text{pF}}{\text{m}} \cdot 3.11 \cdot 5 \text{ cm}}{\ln\left(\frac{9 \text{ mm}}{6 \text{ mm}}\right)} = 21.34 \text{ pF}. \quad (3)$$

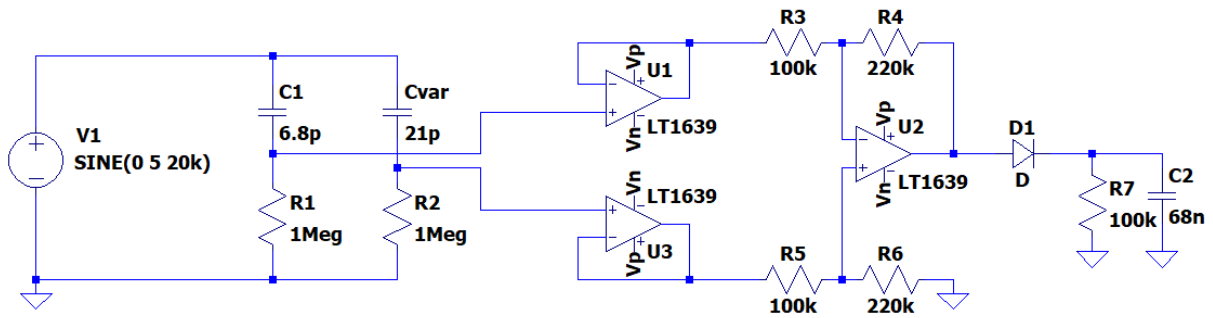
Denne kapasitansen kan måles ved å sammenlikne den med en kondensator vi allerede vet verdien til. Figur 7 viser en måte å gjøre dette på, hvor vi satt kapasitansen i serie med en stor motstand. Verdien til C1 er valgt slik at den skal være nær C_{luft} . Dette gjør at spenningsforskjellen mellom de to grenene i broen blir veldig liten når det er luft i canister, og stor når kapasitansen nærmer seg C_{PLA} . Rin skal representere inngangsimpedansen til en differensialforsterker.



Figur 7: Eksempel på en målebro.

Utgangen fra differensialforsterkeren vil trenge ekstra elektronikk for å måle amplituden til signalet. Ulempen med dette designet er at vi trenger en differensialforsterker med veldig høy inngangsimpedans. Dette kan for eksempel oppnås ved å bruke en instrumenteringsforsterker. Disse kan fort bli dyre, så den kan være gunstig å heller lage en buffer til hver bro, og deretter en alminnelig differensialforsterker med lavere inngangsimpedans. Signalet kan deretter gå gjennom en halvbrolikeretter og gattes for å få et spenningsnivå som utgang. Denne utgangen kan deretter leses av med en Arduino.

Amplituden på denne spenningsutgangen kan brukes til å regne ut hvor langt prosjektilet er ført inn i canister.



Figur 8: Eksempel på målebro med differensialforsterker.

6. Konklusjon

For å veie valgene opp mot hverandre har vi valgt å bruke en Pugh-matrise. Her kommer det tydelig fram at metoden med infrarød deteksjon er best for våre behov.

		Mikrobryter		Infrarød deteksjon		Kapazitiv deteksjon	
Kriterium	Vekt	Beskrivelse	P	Beskrivelse	P	Beskrivelse	P
Kompleksitet	10%	Krever kun en bryter.	5	Krever et fåtall lett tilgjengelige deler.	4	Krever mange deler. Må spesiallages.	2
Størrelse	20%	Kun en liten bryter i hver canister.	5	Kun en liten krets i hver canister.	5	Stor hylse i hver canister, i tillegg til ekstra elektronikk.	1
Deteksjonsavstand	30%	Må være i fysisk kontakt med prosjektilet.	1	Kan detektere noen centimeter.	5	Målehylsen kan ikke være langt unna. Ikke fysisk kontakt.	2
Teknisk usikkerhet	30%	Funker garantert.	5	Funker garantert.	5	Mye nytt må utvikles.	1
Justerbarhet	10%	Kan justeres med en tillagd brakett.	3	Kan justeres med potensiometer.	5	Kan ikke justeres.	1
Sum	100%	God på alt annet enn deteksjonsavstand.	3,6	God på alt vi bryr oss om.	4,9	Generelt en dårlig og usikker løsning.	1,4

7. Referanseliste

- [1] L. G. Hector and H. L. Schultz, "*The Dielectric Constant of Air at Radiofrequencies*", *Physics* 7, 133-136 (1936) <https://doi.org/10.1063/1.1745374>
- [2] E. Huber, M. Mirzaee, J. Bjorgaard, M. Hoyack, S. Noghianian and I. Chang, "*Dielectric property measurement of PLA*," *2016 IEEE International Conference on Electro Information Technology (EIT)*, 2016, pp. 0788-0792, doi: 10.1109/EIT.2016.7535340.

EL009 – Rapport, trykkregulering

Dokumentbeskrivelse

Dokumentet går gjennom de forskjellige metodene vi har sett på for trykkregulering. Metodene veies opp mot hverandre og det trekkes en konklusjon om hvilken metode som er best for vårt prosjekt.

Revisjon	Skrevet av	Dato	Godkjent av
A	Christoffer Mehren	09.05.2022	John Kristiansen

Innhold

1. Introduksjon	3
2. Dokumenthistorie og referanser	3
2.1 Dokumenthistorie	3
2.2 Refererte dokumenter	3
3. Strømspeil	4
4.1 Standard strømspeil	4
4.2 Wilson-strømspeil	5
4. Operasjonsforsterker	6
5. Shuntmotstand	6
4.1 Konsept med Arduino og reguleringsløyfe	6
4.2 Konsept med operasjonsforsterker	7
6. Direkte styring med spenning	8
6.1 Direkte styring	8
6.2 Glatting av PWM	9
7. Konklusjon	10

Figurliste

Figur 1: Kretstegning for et vanlig strømspeil med PNP-transistorer	4
Figur 2: Kretstegning for et Wilson-strømspeil med PNP-transistorer	5
Figur 3: Enkel operasjonsforsterkerstyring.	6
Figur 4: Enkel krets for tilbakekobling med shunt-motstand.	7
Figur 5: Operasjonsforsterkerkrets med shunt-motstand	8
Figur 6: Krets for direkte styring.	9
Figur 7: Lavpassfilter med buffer.	9
Figur 8: Avvik fra ønsket verdi	10

1. Introduksjon

Prosjektet har en trykkregulator som skal brukes til å variere trykket som brukes til avfiring. Det er derfor viktig å ha en stabil og pålitelig metode for å styre trykkregulatoren. Problematikken stammer fra at Arduinoen kun har utganger på 5 V som pulsbreddemoduleres slik at snittspenningen kan varieres, mens trykkregulatoren styres med et signal på 4-20 mA. Vi må derfor designe et mellomledd som kan gjøre om spenningen fra Arduinoen til en styrbar strøm.

2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter

2.1 Dokumenthistorie

Revisjon	Beskrivelse	Dato
A	Dokumentet ble opprettet	09.05.2022

2.2 Refererte dokumenter

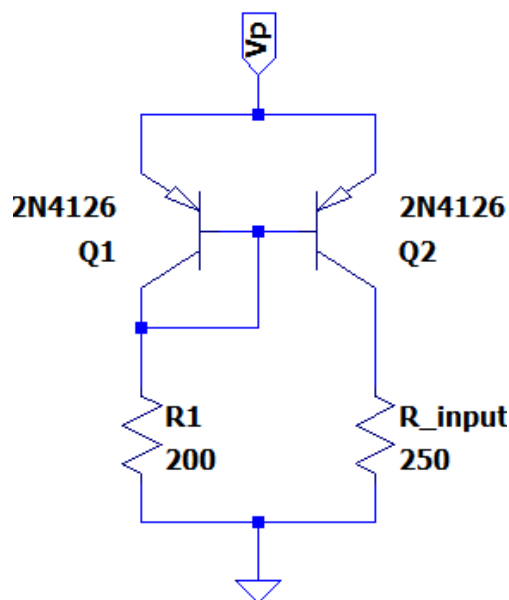
Tittel	Rev./Dato	Utgiver

3. Strømspeil

Det første konseptet vi prøvde var et enkelt strømspeil med variabel tilførselspenning. Den tiltenkte virkemåten er å bruke en styrbar strømkilde, og speile strømmen fra denne over til trykkregulatoren slik at denne kan styres med en Arduino. Vi går ut ifra at det er et konstant spenningsfall over base-emitter, slik at en motstand kan brukes til å begrense strømmen ved forskjellige spenninger. Dette betyr at spenningsfallet over, og dermed strømmen gjennom motstanden kan styres direkte. Siden denne strømmen speiles inn på trykkregulatoren av strømspeilet, ender vi opp med en krets som lett kan styre strømmen mellom 4 og 20 mA.

4.1 Standard strømspeil

Strømspeilet i figur 1 har en inngang V_p som styres av en PWM utgang på Arduinoen. Denne utgangen vil trenge å glattes for å få en stabil utgangsstrøm gjennom R input, som representerer inngangsimpedansen til trykkregulatoren.



Figur 1: Kretstegning for et vanlig strømspeil med PNP-transistorer.

Hvis vi går ut ifra et konstant spenningsfall over base-emitter på $-0,7\text{ V}$ kan vi skrive strømmen gjennom R1 som

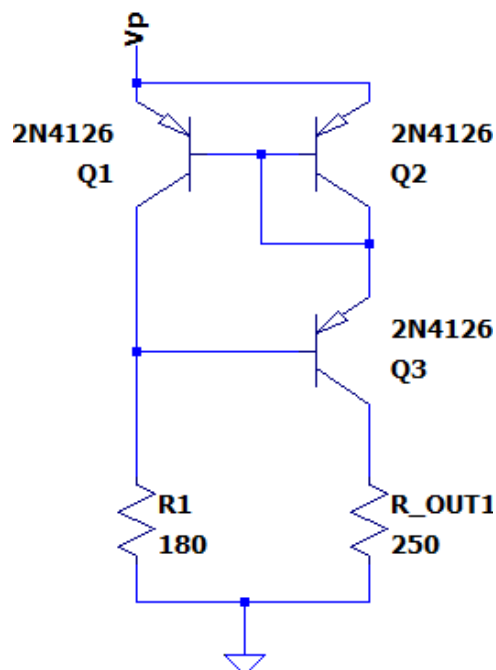
$$I_{R1} = \frac{V_p - 0,7\text{ V}}{200\ \Omega}. \quad (1)$$

Vi ser da at om V_p er på 5 V , så vil strømmen være $21,50\text{ mA}$. Dette stemmer godt overens med en simulering av kretsen, som kommer fram til en strøm på $21,04\text{ mA}$. Ettersom det vil være et lite spenningsfall over base-collector på Q2, så vil ikke strømmen speiles perfekt til R_input. Samme simuleringen viser imidlertid at strømmen gjennom R_input blir $19,35\text{ mA}$. Dette tilsvarer et signal som er 96% av den maksimale verdien, altså et trykk på $5,76\text{ Bar}$ med trykkregulatoren vår.

Motstandsverdien til R1 kan minkes for å øke strømmen gjennom R_input, dersom man skulle trenge helt opp til 6 Bar. Verdien til R1 er på 200 Ω siden dette er den laveste standardverdiensom gjør at det ikke går over 20 mA gjennom R_input [1]. Dette er gjort for å ikke begrense oppløsningen på trykkstyringen ytterligere, ettersom Arduinoen kun kan produsere 256 forskjellige spenningsnivåer (etter glatting av PWM).

4.2 Wilson-strømspeil

Et Wilson-strømspeil er et annet design som i utgangspunktet har samme funksjonalitet som et vanlig strømspeil. Fordelen med denne implementasjonen er at det statiske avviket mellom den originale og speilede strømmen skal være lavere. I et vanlig strømspeil vil collector-strømmene være like, men den ene grenen vil i tillegg få den kombinerte base-strømmen. I dette designet derimot, vil base-strømmene fra Q1 og Q2 samles og gå til emitter på Q3. Denne transistoren vil kompensere for forskjellen mellom grenene og gjøre at avvik primært stammer fra små ulikheter mellom transistorene.

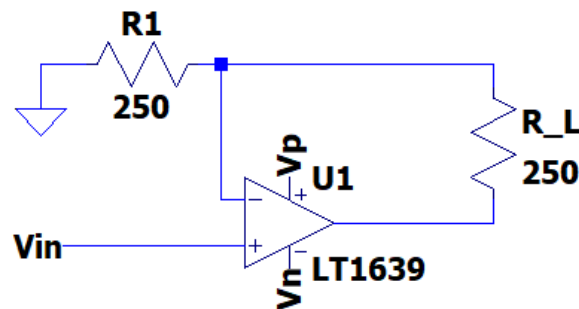


Figur 2: Kretstegning for et Wilson-strømspeil med PNP-transistorer.

Ulempen med denne kretsen er at det er vanskelig å få den til å funke med en så lav inngangsspenning. Dette betyr igjen at den ikke er et realistisk alternativ til styring med en Arduino, ettersom denne kun kan levere 5 V. Spenningsnivået kan imidlertid forsterkes av for eksempel en operasjonsforsterker, men dette øker kompleksiteten til kretsen.

4. Operasjonsforsterker

En enkel krets som kan brukes for å produsere et 4-20 mA signal fra et 1-5 V signal kan ses i figur 3. Kretsen benytter seg av en operasjonsforsterker som forsøker å utlikne potensialforskjellen mellom den inverterende og ikke-inverterende inngangen. Dette vil føre til at det legger seg en spenning lik V_{in} over R_1 . Ettersom denne spenningen styres til å være 1-5 V, vil det gå en strøm på 4-20 mA gjennom R_1 . Strømmen inn på den inverterende inngangen er neglisjerbar ettersom inngangsimpedansen er utrolig stor. Dette betyr at det strømmen gjennom R_1 også går gjennom R_L , som er inngangsimpedansen til kretsen vi ønsker å styre.



Figur 3: Enkel operasjonsforsterkerstyring.

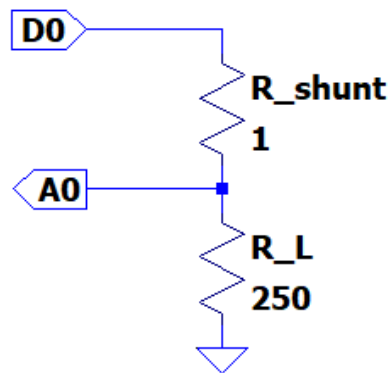
Denne løsningen fungerer ikke til vårt bruk til tross for hvor enkel og elegant den er. Dette er fordi kretsen kun fungerer dersom man har tilgang på en positiv og negativ terminal som ikke er tilsluttet noe annet. I vårt tilfelle har vi kun tilgang på en positiv terminal, med den andre siden tilsluttet jord. Med denne kretsen fører det enten til en stor strøm, eller i verste fall kortslutning.

5. Shuntmotstand

En shuntmotstand er en motstand med lav verdi som skal ha liten innvirkning på kretsen. Ofte brukes slike motstander til å måle strømmer, ettersom spenningsfallet over shuntmotstanden vil være direkte proporsjonalt med strømmen gjennom den. Ettersom det er strøm vi er interessert i å styre, kan en shuntmotstand i serie med lasten være et naturlig valg.

4.1 Konsept med Arduino og reguleringsløyfe

Konseptet som vises i figur 4 bruker en shuntmotstand, R_{shunt} , i serie med inngangsimpedansen, R_L . Spenningsnivået over motstandene styres med en av pulsbreddeutgangene på en Arduino, i dette tilfellet D0. Omtrent 0,4% av spenningen vil legge seg over shuntmotstanden. Denne spenningsforskjellen måles på den analoge inngangen, A0, på Arduinoen. Med denne informasjonen kan Arduinoen regulere seg inn mot et pådrag som gjør at strømmen gjennom lastmotstanden holder seg stabilt på den verdien vi ønsker. Et eksempel på kontrollmetode er en digital PID-kontroller.



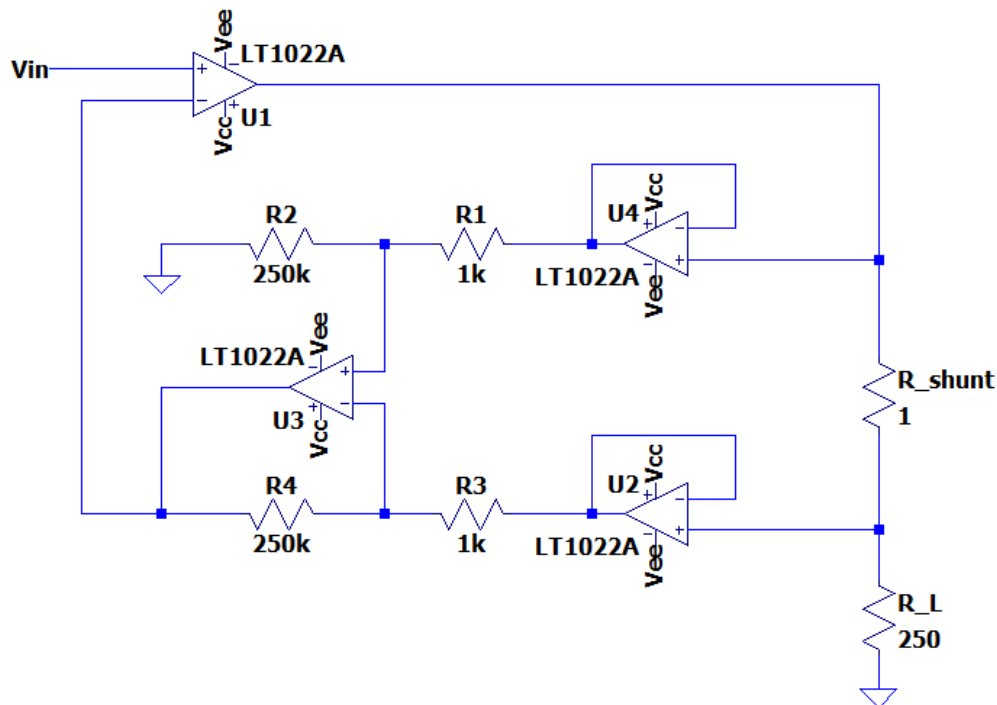
Figur 4: Enkel krets for tilbakekobling med shunt-motstand.

Ideelt sett ville dette designet funket bra, men det er noen begrensinger. Først og fremst vil D0 trenge en glattekrets før den går til spenningsdeleren, men dette er også felles for de fleste andre styringskretsene. En stor ulempe er at man er begrenset av oppløsningen til analog-digital-omformeren til Arduinoen. Ettersom vi ønsker å regulere mellom 4-20 mA vil det kun være et spenningsfall over shuntmotstanden på 4-20 mV om vi velger en motstand på én ohm. Dette kan forbedres ved å øke motstandsverdien, men dette går på bekostning av den maksimale strømmen gjennom lastmotstanden.

Designet kan forbedres ved å endre verdien på shuntmotstanden til det samme som lastmotstanden, og forsterke signalet fra D0 med en faktor på to. Dette fører til at den maksimale strømmen fortsatt er 20 mA, samtidig som inngangen A0 får brukt hele rekkevidden sin. En annen løsning kan være å bruke en differensialforsterker som har innganger koblet på hver side av shuntmotstanden, med utgangen koblet inn på A0. Med denne løsningen eliminerer man avlesningsstøy fra rippel, siden man ikke lenger trenger å gå ut ifra et perfekt glatt spenningsnivå dra D0. Signalet bør forsterkes 250 ganger slik at analog-digital-omformeren får brukt hele rekkevidden sin.

4.2 Konsept med operasjonsforsterker

Det er også mulig å la en operasjonsforsterker styre kretsen. I dette tilfellet trenger man ikke å tenke på noe komplisert styringslogikk, ettersom op-ampen tar seg av dette. Prinsippet bak dette designet er det samme som tidligere. Shuntmotstanden vil få et spenningsfall over seg som er proporsjonalt med strømmen gjennom motstanden. Potensialet før og etter motstanden går til to buffere, slik at målingen ikke skal påvirke strømmen gjennom lastmotstanden noe vesentlig. Spenningsnivåene etter bufferene går til en differensialforsterker som forsterker signalet 250 ganger. Ved 4-20 mA vil motstanden ha et spenningsfall på 4-20 mV. Etter forsterkning tilsvarer dette 1-5 V. Dette er også signalet som skal sendes på Vin, slik at Arduinoen får utnyttet mest mulig av spenningsutgangen sin.



Figur 5: Operasjonsforsterkerkrets med shunt-motstand.

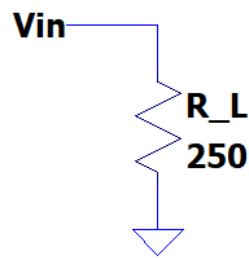
Ved simulering er det tydelig at designet har meget god ytelse, ettersom det har en feilmargin på under 0,3%. Dette er riktignok med eksakte motstandsverdier. I praksis er det vanlig med motstander som har en feilmargin på $\pm 1\%$. Med den dårligste kombinasjonen av feilmarginer på motstandene kan systemet ha en feilmargin på nærmere 4%. Skulle dette vise seg å være et problem, så er det mulig å få tak i mer presise motstander.

6. Direkte styring med spenning

Når man kjenner inngangsimpedansen til en last, er det enkelt å styre strømmen gjennom den ved å endre spenningen over den. Med en direkte styring er den største utfordringen å få et fint, glatt signal fra Arduinoen.

6.1 Direkte styring

Kretsen i figur 6 viser hvordan styringen er koblet opp. Signalet V_{in} representerer det pulsbreddemodulerte signalet fra Arduinoen etter glatting. For at det skal gå 4-20 mA gjennom lasten må V_{in} være på 1-5 V. Dette egner seg bra ettersom 5 V er den høyeste spenningen Arduinoen selv kan levere.

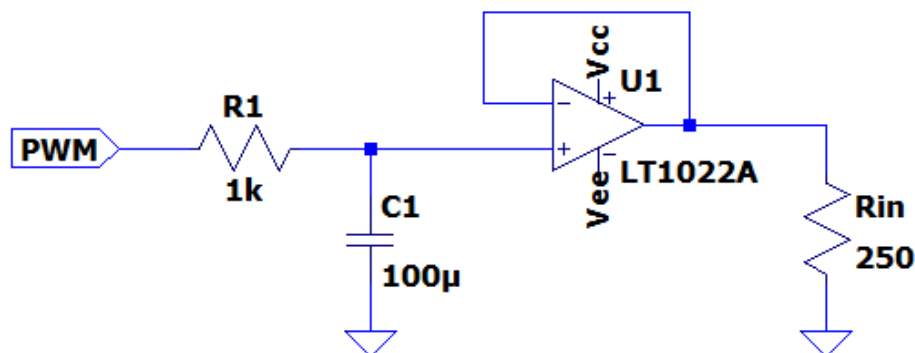


Figur 6: Krets for direkte styring.

6.2 Glatting av PWM

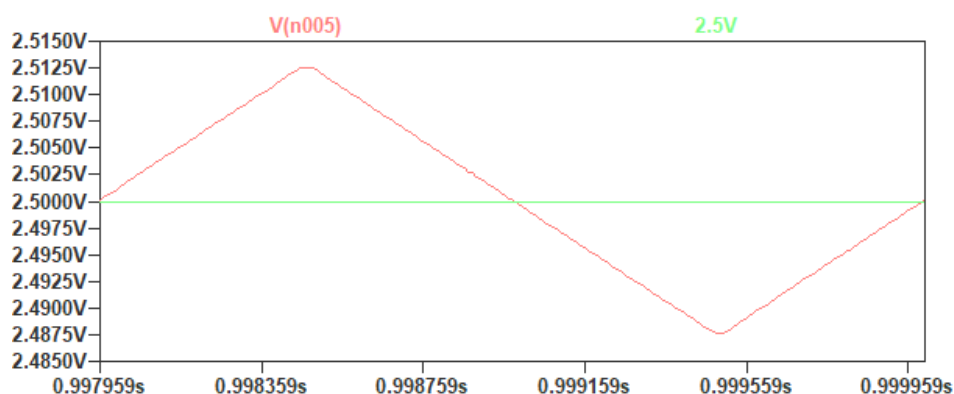
Arduinen sender ut et pulsbreddemodulert signal. Dette signalet ser ut som periodiske firkantpulser med varierende pulsbredde. Om man tar Fourier-transformen til signalet ser man at signalet kan bygges opp av mange sinuskurver med forskjellige amplituder og frekvenser. Ettersom det er snittspenningen til signalet vi er ute etter kan vi ta integralet over én periode. Ettersom alle frekvenskomponentene har perioder som er harmoniske med grunnfrekvensen, i dette tilfellet 490 Hz, vil alle integralene til kurvene bli null. Vi sitter dermed kun igjen med et ledd som har null frekvens, altså en fast verdi. Denne vil dukke opp som 0 Hz i en Fourier-transform.

Ønsket er å lage et lavpassfilter som filtrerer ut de høyere frekvensene og kun etterlater konstantleddet. Dette kan enkelt gjøres med et RC-filter, som vist i figur 7. Filteret har en tidskonstant på 100 ms. Dette kan virke høyt i forhold til perioden på signalet, men det er nødvendig for å minimere rippel på utgangen.



Figur 7: Lavpassfilter med buffer.

Et simuleringsresultat vises i figur 8. Figuren viser spenningsverdien over motstanden R_{in} i rødt når signalets arbeidssyklus er på 50%. Den grønne linjen er den ideelle utgangsverdien på nøyaktig 2.5 V. Som man ser på grafen, har dette designet en feilmargin på under 12.5 mV så lenge signalet får stabilisert seg. Dette tilsvarer en feil på $\pm 0.5\%$.



Figur 8: Avvik fra ønsket verdi.

Ulempen med dette simple designet er somt nevnt at det har en viss rippel-spenning. I tillegg bruker systemet tid på å stabilisere seg. Det tar systemet 525 ms før spenningsverdien alltid holder seg innenfor 1% av ønsket verdi. Utfordringen med å bruke dette designet er at man må balansere rippel med stabiliseringstid. Lavere rippel betyr høyere responstid og motsatt. Vil man slippe unna denne problematikken kan man bruke en digital-analog-omformer.

7. Konklusjon

De forskjellige designene vi har ansett som mulige har blitt testet underveis, og den eneste vi har fått til å fungere pålitelig er direkte styring med spenning. Ettersom resultatene dette designet gir er tilstrekkelige ser vi ingen grunn til å utforske ytterligere.

8. Referanser

- [1] International Electrotechnical Commission (2015). *Preferred number series for resistors and capacitors* (IEC 60063:2015).
<https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=742500>

EL010 – Rapport, kabling og sikkerhet

Dokumentbeskrivelse

Dokumentet går igjennom hvordan systemet er kablet og sikkerhetstiltak som er gjort for å holde systemet og bruker sikkert under brukt

Revisjon	Skrevet av	Dato	Godkjent av
A	John Kristiansen	07.05.2022	Christoffer Mehren

Innhold

1. Introduksjon	4
2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter	4
2.1 Dokumenthistorie	4
2.2 Refererte dokumenter	4
3. Kabling av systemet.....	5
3.1 Kabelstørrelse.....	5
3.2 Pluggløsning.....	5
4 Kabling i toppstruktur	6
4.1 Prosjektildeteksjon	6
4.2 Magnetventilene.....	6
4.3 Motor og enkoder for elevasjon.....	7
4.4 Arduino Nano og prosjektilavfyingskrets	7
5 Kabling i midtstrukturen	8
6 Kabling i bunnstrukturen	9
6.1 Motor og enkoder for rotasjon.....	9
6.2 Motordrivere	9
6.3 Arduino Mega 2560	10
7 Kabling i FDC boksen (Sideboksen).....	10
8 Sikkerhetstiltak	11
9 Referanser	12

Figurliste

Figur 1: American Wire Gauge (AWG) tabell for kabelstørrelse [1].....	5
Figur 2: Strømpluggene til systemet.	5
Figur 3: Prosjektildeteksjonskretsen i kamrene.	6
Figur 4: Hull til prosjektildeteksjonskretskablene fra kamrene.	6
Figur 5: Kretstegning av prosjektildeteksjons-oppsettet.	6
Figur 6: Kablingen til magnetventilene.	7
Figur 7: Kretskobling for alle mangeventilene til prosjektilavfyringskretsen.	7
Figur 9: Kretstegning for motor og enkoder i toppstruktur.	7
Figur 8: Motor og enkoder i toppstruktur.	7
Figur 10: Arduino Nano og avfyringskretsen i toppstrukturen.	8
Figur 11: Kretstegningen for Arduino Nano og avfyringskretsen i toppstrukturen.	8
Figur 12: Kablingen i midstrukturen.	8
Figur 13: Kablingen gjennom hullet i midstrukturen.	8
Figur 14: Kablingen under midstrukturen for motor og enkoder til rotasjon.	9
Figur 15: Kabling over midstrukturen for motor og enkoder til rotasjon.	9
Figur 16: Kretstegning for motor og enkoder til rotasjon.	9
Figur 17: Motordriverne montert i bunnstrukturen.	10
Figur 18: Kretstegning for motordriverne.	10
Figur 19: Arduino Mega montert i bunnstrukturen.	10
Figur 20: Loddingen under Arduino Mega.	10
Figur 21: Strømstøpsel, bryter, DIN 5 plugg og trykkluft plugg i FDC boksen.	11
Figur 22: Kretstegning for FDC boksen.	11
Figur 23 Bryteren for elektrisk sikring av prosjektilene i toppstrukturen.	11
Figur 24 Kretstegning for bryteren for elektrisk sikring av prosjektilene i toppstrukturen.	11

1. Introduksjon

I dette dokumentet blir det gått igjennom kablingsmetoden gjort på de forskjellige apparatene i systemet. Hensikten med dette er å få et overblikk i hvordan launcheren er kablet sammen, og hva slags sikkerhetstiltak som er gjort for å sikre brukeren og systemet.

2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter

2.1 Dokumenthistorie

Revisjon	Beskrivelse	Dato
A	Dokumentet ble opprettet	07.05.2022

2.2 Refererte dokumenter

Tittel	Revisjon	Utgiver
KS001 - Kravspesifikasjon	B	Project Mini Launcher

3. Kabling av systemet

3.1 Kabelstørrelse

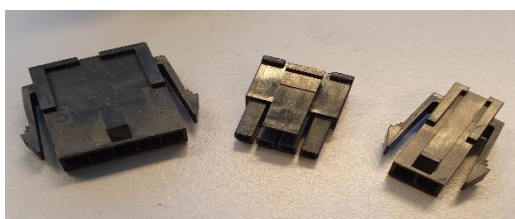
Fra strømforsyningen til systemet vil det maksimalt komme 6,5 A maksimalt. I utgangspunktet vil aldri en motor trekke mer enn 3,2 A, men for å sikre at systemet vil kunne tåle det meste strømforsyningen kan gi ble det valgt å gå for en AWG 22 kabelstandard. I figur 1 ser vi at AWG 22, som tilsvarer et 0,65 mm tverrsnitt på kabelen, vil kunne tåle opptil 7 A. Om vi gikk en størrelse mindre, ville kunne tåle maksimalt 4,7 A som er mindre enn hva strømforsyningen kan levere fullt. Det ble derfor valgt at kablene vi bruker i systemet må være på en AWG 22 standard eller høyere.

AWG gauge	Conductor Diameter inches	Conductor Diameter mm	Conductor cross section in mm ²	Ohms per 1000 ft.	Ohms per km	Maximum amps for chassis wiring	Maximum amps for power transmission	Maximum frequency for 100% skin depth for solid conductor copper	Breaking force Soft Annealed Cu 37000 PSI
0000	0.46	11.684	107	0.049	0.16072	380	302	125 Hz	6120 lbs
000	0.4096	10.40384	84.9	0.0618	0.202704	328	239	160 Hz	4860 lbs
00	0.3648	9.26592	67.4	0.0779	0.255512	283	190	200 Hz	3860 lbs
0	0.3249	8.25246	53.5	0.0983	0.322424	245	150	250 Hz	3060 lbs
1	0.2893	7.34822	42.4	0.1239	0.406392	211	119	325 Hz	2430 lbs
2	0.2576	6.54304	33.6	0.1563	0.512664	181	94	410 Hz	1930 lbs
3	0.2294	5.82676	26.7	0.197	0.64616	158	75	500 Hz	1530 lbs
4	0.2043	5.18922	21.1	0.2485	0.81508	135	60	650 Hz	1210 lbs
5	0.1819	4.62026	16.8	0.3133	1.027624	118	47	810 Hz	960 lbs
6	0.162	4.1148	13.3	0.3951	1.295928	101	37	1100 Hz	760 lbs
7	0.1443	3.66522	10.6	0.4982	1.634096	89	30	1300 Hz	605 lbs
8	0.1285	3.2639	8.37	0.6282	2.060496	73	24	1650 Hz	480 lbs
9	0.1144	2.90576	6.63	0.7921	2.598088	64	19	2050 Hz	380 lbs
10	0.1019	2.58826	5.26	0.9989	3.276392	55	15	2600 Hz	314 lbs
11	0.0907	2.30378	4.17	1.26	4.1328	47	12	3200 Hz	249 lbs
12	0.0808	2.05232	3.31	1.588	5.20864	41	9.3	4150 Hz	197 lbs
13	0.072	1.8288	2.63	2.003	6.56984	35	7.4	5300 Hz	150 lbs
14	0.0641	1.62814	2.08	2.525	8.282	32	5.9	6700 Hz	119 lbs
15	0.0571	1.45034	1.65	3.184	10.44352	28	4.7	8250 Hz	94 lbs
16	0.0508	1.29032	1.31	4.016	13.17248	22	3.7	11 k Hz	75 lbs
17	0.0453	1.15062	1.04	5.064	16.60992	19	2.9	13 k Hz	59 lbs
18	0.0403	1.02362	0.823	6.385	20.9428	16	2.3	17 kHz	47 lbs
19	0.0359	0.91186	0.653	8.051	26.40728	14	1.8	21 kHz	37 lbs
20	0.032	0.8128	0.519	10.15	33.292	11	1.5	27 kHz	29 lbs
21	0.0285	0.7239	0.412	12.8	41.984	9	1.2	33 kHz	23 lbs
22	0.0253	0.64516	0.327	16.14	52.9392	7	0.92	42 kHz	18 lbs
23	0.0226	0.57404	0.259	20.36	66.7808	4.7	0.729	53 kHz	14.5 lbs
24	0.0201	0.51054	0.205	25.67	84.1976	3.5	0.577	68 kHz	11.5 lbs
25	0.0179	0.45466	0.162	32.37	106.1736	2.7	0.457	85 kHz	9 lbs
26	0.0159	0.40386	0.128	40.81	133.8568	2.2	0.361	107 kHz	7.2 lbs
27	0.0142	0.36068	0.102	51.47	168.8216	1.7	0.288	130 kHz	5.5 lbs

Figur 1: American Wire Gauge (AWG) tabell for kabelstørrelse [1].

3.2 Pluggløsning

For at systemet skal kunne være helt demonterbart så ble det valgt å lage en pluggløsning for alle kabler i systemet. Dette gjør at det blir enkelt å plugge ut en komponent når den skal byttes eller hjelpe til med feilsøking av komponenter. I figur 2 vises noen av pluggene brukt i systemet.



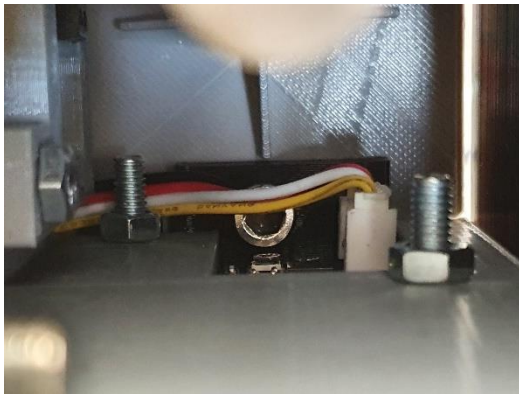
Figur 2: Strømpluggene til systemet.

4 Kabling i toppstruktur

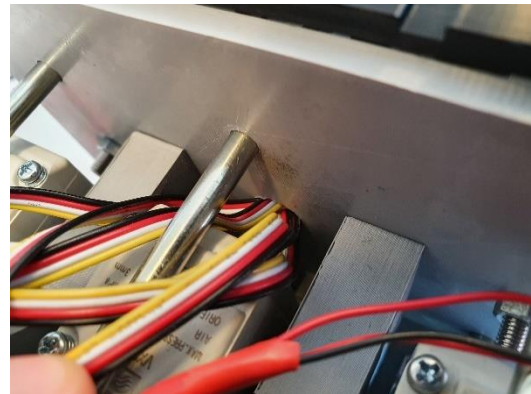
4.1 Prosjektildeteksjon

Prosjektildeteksjonskretsen sitter bakerst i hvert avfyingskammer. Det er totalt seks kretser i hele toppstrukturen. Det går fire ledere hvor to er til strøm med rød og sort ledning, en er til signalet til Arduinoen i toppstrukturen med gul ledning, og den siste hvite kabelen er ikke koblet til. I hvert kammer vil kablene ligge langs bunnen så de ikke kommer i veien for prosjektilet som sett i figur 3. Kablene møtes deretter i et hull som er lagd i bakdekselet i kammeret som sett i figur 4 og blir plagget til Arduino Nanoen bakerst i strukturen.

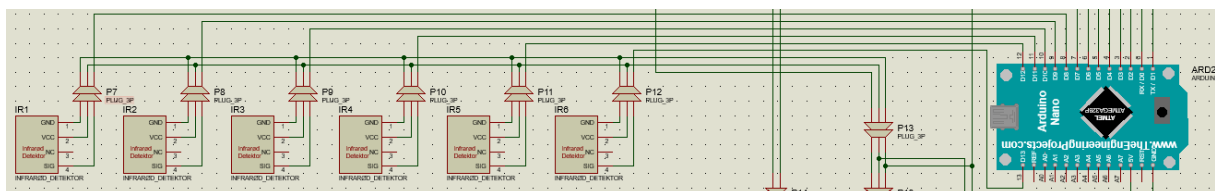
Prosjektildeteksjonen bruker pinne 8 – 13 på Arduinoen som sett i kretstegningen i figur 5.



Figur 3: Prosjektildeteksjonskretsen i kamrene.



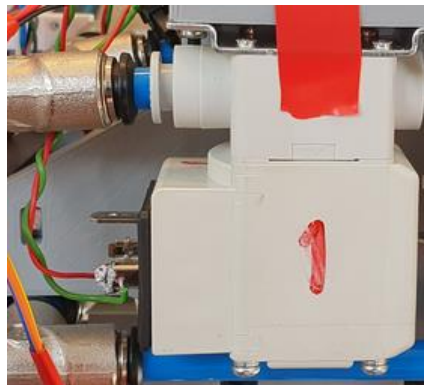
Figur 4: Hull til prosjektildeteksjonskretskablene fra kamrene.



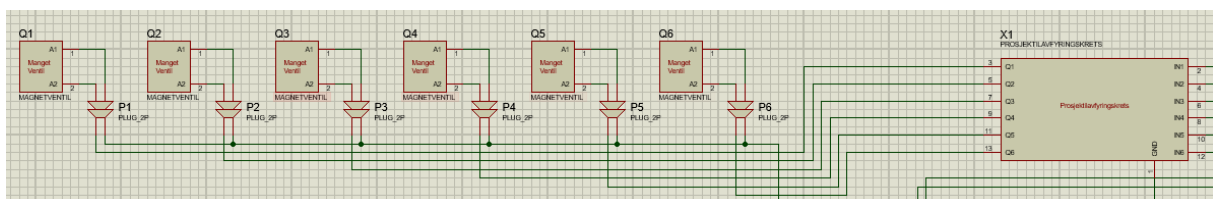
Figur 5: Kretstegning av prosjektildeteksjons-oppsettet.

4.2 Magnetventilene

Magnetventilene til prosjektilavfyringen styres av et 24 V signal. Den har to innganger, men hvem av disse som er 24 V og jord har ikke noe å si. Grønn kabel er brukt for jord, og rød til 24 V som sett i figur 6. Grønn jordkabel er koblet til prosjektilavfyingskretsen som styres av Arduinoen sett i figur 7. Når Arduinoen gir et høyt signal ut, vil prosjektilavfyingskretsen jorde magnetventilen som da vil lede 24 V og magnetventilen vil åpne for trykkluften.



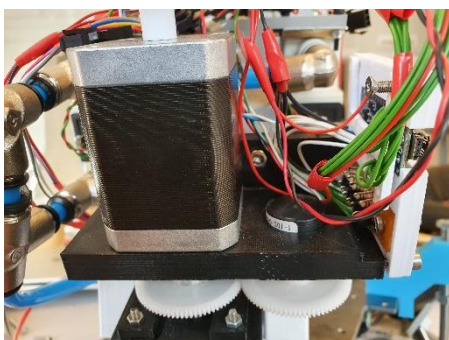
Figur 6: Kablingen til magnetventilene.



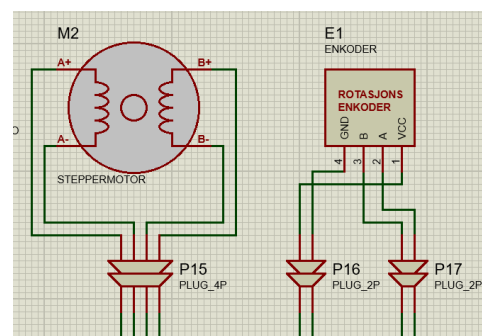
Figur 7: Kretskobling for alle mangeventilene til prosjektilavfyingskretsen.

4.3 Motor og enkoder for elevasjon

Motoren og enkoderen i toppstrukturen brukes til å styre elevasjonsmekanismen og er festet helt bakerst i toppstrukturen som sett i figur 8. Hver har fire ledninger som går til bunnstrukturen. Motoren i toppstrukturen er koblet til motordriverne som sitter i bunnstrukturen, og enkoderen er koblet direkte til Arduino Mega i bunnstrukturen. Motoren har fire ledere, to for hver fase. Enkoderen har to kabler markert med A og B. Disse kablene hjelper med å indikere når det forekommer en bevegelse, og i hvilken retning den beveger seg i. I tillegg har den også to kabler for strøm, med rød og sort ledning som sett i figur 9.



Figur 9: Motor og enkoder i toppstruktur.

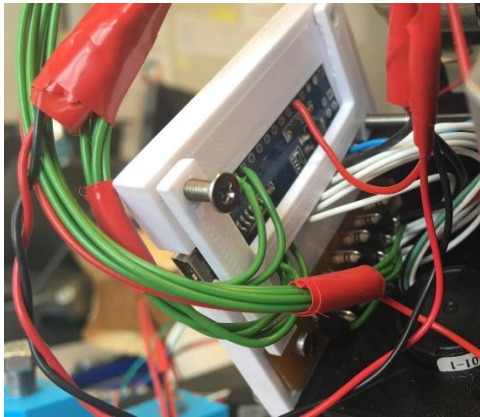


Figur 8: Kretstegning for motor og enkoder i toppstruktur.

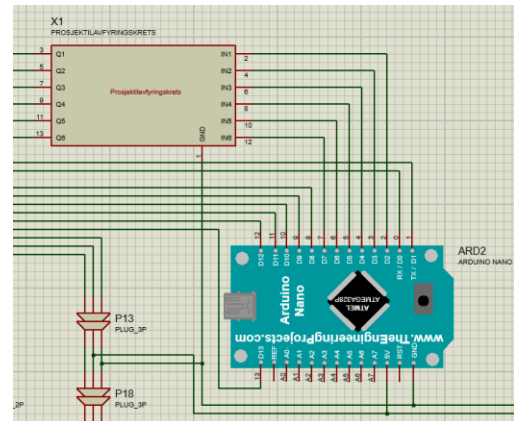
4.4 Arduino Nano og prosjektilavfyingskrets

For å minimere antall kabler som skal gå til toppstrukturen ble det valgt å bruke en Arduino Nano i toppstrukturen. Nanoen kommuniserer med Arduino Megaen i bunnstrukturen gjennom seriellkommunikasjon fra TX og RX pinnene til Arduinoene. Dette har kuttet totalt 11 ledninger til toppstrukturen. Arduinoen får også levert 5 V, fra samme punkt som Megaen i bunnstrukturen, noe som gjør at selv om systemet ikke er tilkoblet strøm, vil man enda

kunne kommunisere med begge Arduinoene hvis de er tilkoblet en PC. Avfyriingskretsen er konstruert med seks transistorer, som når de får et signal inn på base-inngangen vil da gjøre at magnetventilene leder, og åpner for trykkluft. Disse seks avfyriingslederne er direkte koblet til Nanoen med hvite kabler som sett i figur 10, og bruker pinne 7 - 2 som sett i figur 11.



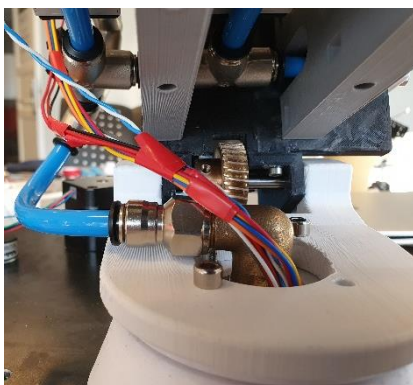
Figur 10: Arduino Nano og avfyriingskretsen i toppstrukturen.



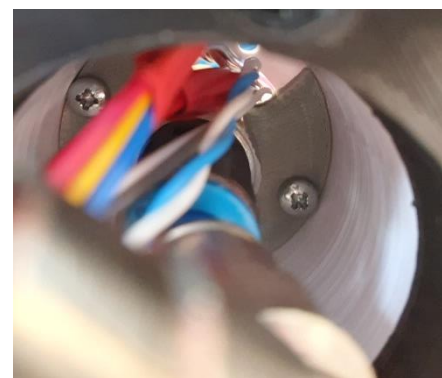
Figur 11: Kretstegningen for Arduino Nano og avfyriingskretsen i toppstrukturen.

5 Kabling i midtstrukturen

En av de største utfordringene med den elektriske delen var hvordan man skal håndtere kablene som skal opp til toppstruktur og samtidig kunne rotere launcheren. Det ble først tenkt å bruke en slepering. Dette ville gjøre at launcheren kan rotere uendelig uten noe form for kabelproblem. Det som ble problemet med denne løsningen, var at prisen for en slepering med et hull i midten stort nok til trykkluften som skal til toppstrukturen ble altfor høy. Det ble derfor bestemt å la kablene rotere med toppstrukturen. Dette vil si at kablene vil dras med retningen av toppstrukturen når den roterer. Dette gjør at det ikke er mulig å rotere uendelig mange ganger, men etter testing vil det holde til over tre fulle rotasjoner. I figur 12 og 13 vises det hvordan kablene kommer opp fra bunnstrukturen og videre oppover til toppstrukturen. Åpningen har begrenset klaring, men har nok plass til alle ledningene.



Figur 12: Kablingen i midtstrukturen.

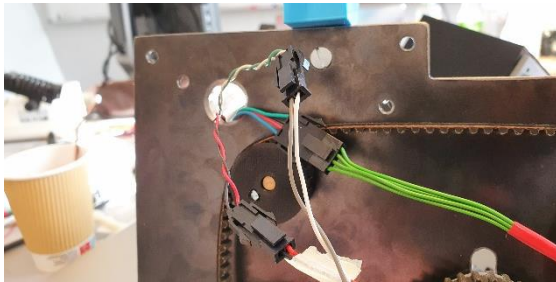


Figur 13: Kablingen gjennom hullet i midtstrukturen.

6 Kabling i bunnstrukturen

6.1 Motor og enkoder for rotasjon

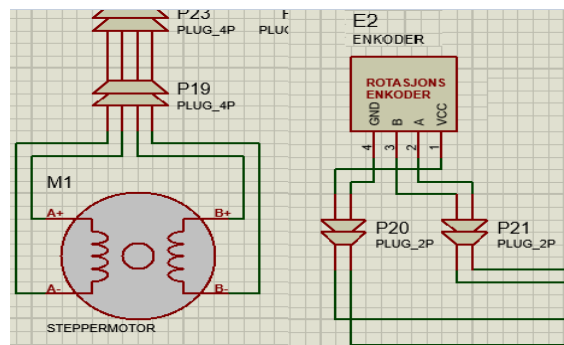
Motoren og enkoderen for rotasjon sitter på bakre halvdel av bunnstrukturen sett i figur 15. De har de samme type kabler som elevasjonen og går til Arduino Megaen og den andre motordriverne sett i figur 16. Det som kan bli et problem for kablingen fra bakdelen av launcheren er at kablene må gå ganske nærme beltet, noe som kan skape problemer om de kommer i kontakt som sett i figur 14. For å løse dette vil kablene bli festet stramt langs kanten av dekslene for å unngå kontakt mellom kablene og belte.



Figur 14: Kablingen under midstrukturen for motor og enkoder til rotasjon.



Figur 15: Kabling over midstrukturen for motor og enkoder til rotasjon.



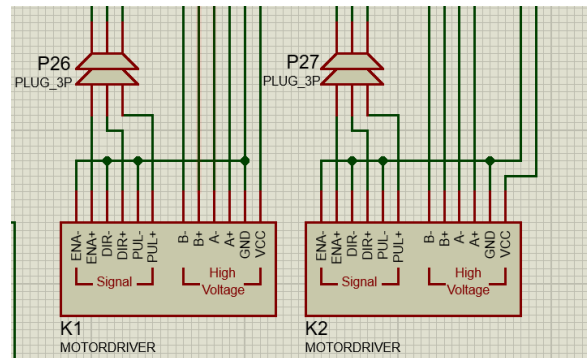
Figur 16: Kretstegning for motor og enkoder til rotasjon.

6.2 Motordrivere

Motordriverne brukes til å gi nok elektrisk kraft til motorene og samtidig kunne bli styrt av en mikrokontroller. Motordriveren gjør vekslingen, timingen av sykluser, og pulsbreddemodulasjon for mikrostepping mulig. Tidligere i prosjektet ble det brukt noen mindre motordrivere, men etter testing ble det funnet ut at de ikke var kraftig nok til å styre motorene, og samtidig ble veldig fort varm. Motordriverne er festet på undersiden av bunnstrukturen som sett i figur 17. Alle kablene som skal til Arduino Megaen går igjennom et skåret hull i bunnsiden. Motordriverne går både til motorene og Arduino Megaen, og har en tilførselspenning på 24 V. A+, A-, B+ og B- går til motoren for styring mens ENA+, DIR+, og PUL+ går til Arduinoen, vist i figur 18. ENA-, DIR-, og PUL- er tilkoblet jord fordi vi kun bruker én spenningskilde. Det ville vært mulig å bruke tre forskjellige spenningskilder på signalinngangene, men det vil ikke trengs i dette prosjektet.



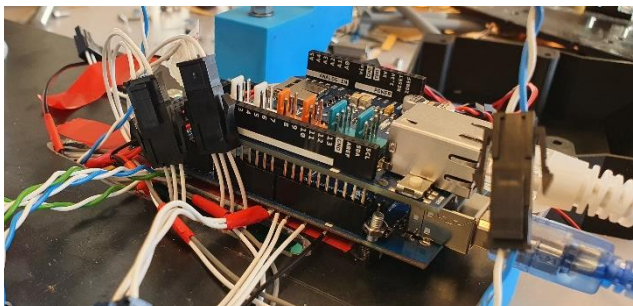
Figur 17: Motordriverne montert i bunnstrukturen.



Figur 18: Kretstegning for motordriverne.

6.3 Arduino Mega 2560

Arduino Megaen er selve hovedprosessen i launcheren. Den er festet i bunnstrukturen og alt som skal styres av den kommer opp igjennom bunnstrukturplata gjennom et skåret hull. Megaen kan lett demonteres om den skal byttes ut. Arduino Megaen er også plassert sånn at nettverkspluggen stikker ut dekselet som kommer over Arduinoen for enkel tilkobling sett i figur 19. I figur 20 ser man at selve kablene og pluggene er loddet direkte under på Arduinoen for å spare plass for dekselet over. Siden metallplaten under Arduinoen kan potensielt kortslutte alt, ble det da satt på elektrisk teip direkte under for å forhindre kontakt med metallplaten. I tillegg er det lagd noen knotter som gir Arduinoen litt ekstra avstand fra bunnplaten, slik at det er nok klaring til pinnene.



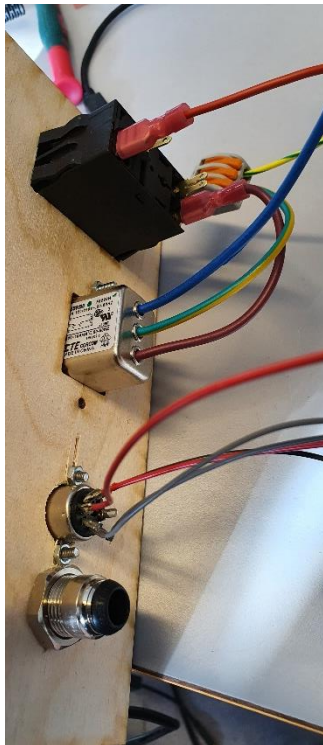
Figur 19: Arduino Mega montert i bunnstrukturen.



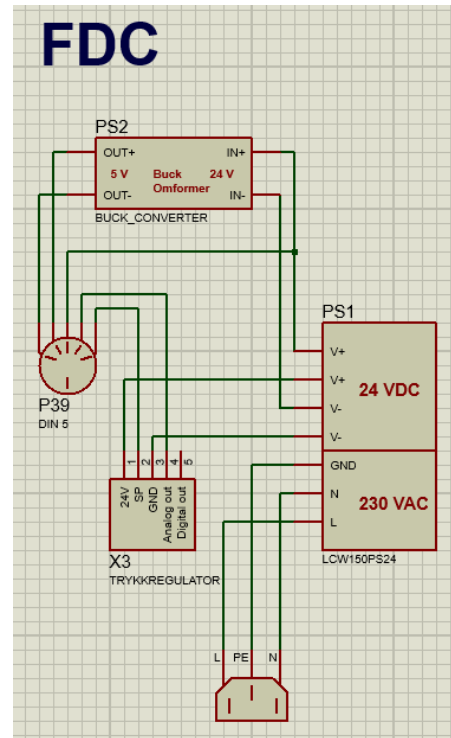
Figur 20: Loddingen under Arduino Mega.

7 Kabling i FDC boksen (Sideboksen)

Sideboksen inneholder trykktanken som brukes til prosjekttilavfyring, strømforsyningen for 5 og 24 V og trykkreguleringsenheten. Figur 21 viser pluggene brukt i FDC-en. Strømstøpselet til 230 V er direkte koblet til en bryter. Denne bryteren går deretter til strømforsyningen for å omformes ned til 24 V. Buck-regulatoren er koblet til 24 V og stepper ned spenningen til 5 V. Trykkregulatoren styres av Arduino Megaen i launcheren, og trenger to kabler for kommunikasjon med den. DIN 5 pluggen sender derfor 5 V, 24 V, GND, og to pinner for styring av trykkregulatoren til launcheren. Figur 22 viser kablingen i FDC boksen.



Figur 21: Strømstøpsel, bryter, DIN 5 plugg og trykkluft plugg i FDC boksen.



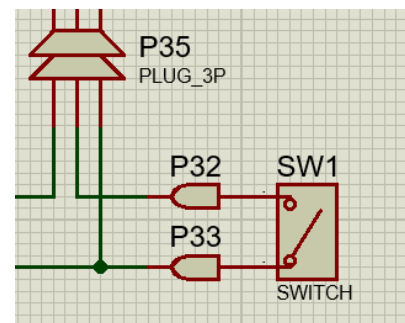
Figur 22: Kretstegning for FDC boksen.

8 Sikkerhetstiltak

For å sikre bruker og systemet ble det gjort noen ekstra sikkerhetstiltak. Krav FK7-1 sier at «Systemet skal ha en elektrisk bryter for sikring av prosjektiler». For å innfri dette kravet så går 24 V gjennom en bryter opp til toppstrukturen sett i figur 23 og vist i kretstegning i figur 24. I tillegg er det lagt til sikringer før strømforsyningen til motordriverene for å forhindre overbelastning og kortslutning. Dette hindrer også at det kan potensielt oppstå overoppheting og brann.



Figur 23 Bryteren for elektrisk sikring av prosjektilene i toppstrukturen



Figur 24 Kretstegning for bryteren for elektrisk sikring av prosjektilene i toppstrukturen

9 Referanser

- [1] PowerStream Technology, «Wire Gauge and Current Limits Including Skin Depth and Strength», "https://www.powerstream.com/Wire_Size.htm", 3 Mai 2022, USA.

EL011 – Rapport, avfyringskrets

Dokumentbeskrivelse

Dokumentet går igjennom konsepter og virkemåten ti avfyringskretsen brukt til prosjektilavfyring

Revisjon	Skrevet av	Dato	Godkjent av
A	John Kristiansen	07.05.2022	Christoffer Mehren

Innhold

1. Introduksjon	3
2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter	3
2.1 Dokumenthistorie	3
2.2 Refererte dokumenter	3
3 Avfyringskretsen	4
3.1 Konsepter	4
3.2 Valgt konsept	4
3.2 Testing av avfyringskretsen	6

Figurliste

Figur 1: Kretstegning for én prosjektilavfyringskrets	4
Figur 2: Kretstegning for én prosjektilavfyringskrets	5
Figur 3: Arduino og avfyringskrets montert i toppstruktur.	6

1. Introduksjon

For å kunne styre magnetventilene til prosjektilavfyringen med en Arduino, må det installeres en tilleggskrets. Denne kretsen skal gjøre at Arduinoen kan styre en mye større strøm enn den selv kan håndtere. Dette dokumentet tar for seg konseptene, oppbyggingen og testing av avfyringskretsen

2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter

2.1 Dokumenthistorie

Revisjon	Beskrivelse	Dato
A	Dokumentet ble opprettet	07.05.2022

2.2 Refererte dokumenter

Tittel	Revisjon	Utgiver

3 Avfyringskretsen

Magnetventilene i toppstrukturen er styrt med et 24 V signal, noe som Arduinoen i toppstrukturen ikke klarer å styre på egenhånd. Den vil trenge en krets som kan styre 24 V med et 5 V signal fra Arduinoen. I tillegg vil denne avfyringskretsen måtte stå i toppstrukturen som allerede har lite plass.

3.1 Konsepter

Første metode var å kjøpe inn en ferdiglaget sekskanals relémodul bygd for å styres av en Arduino. Problemet med disse ferdiglaga modulene er at den minste modulen er enda over 10 cm lang, noe som gjør at den er umulig å montere i toppstrukturen. Dette ble derfor ikke et godt konsept.

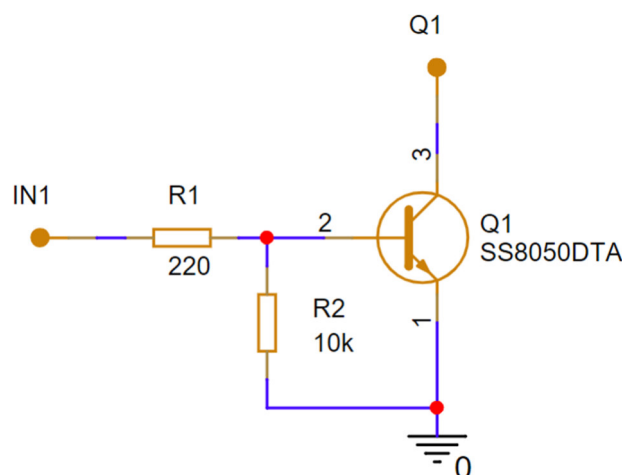
Neste metode var å bygge en egen relémodul på et kretskort, men igjen kom problemet med størrelse inn i bilde. Størrelsen på reléene tar opp mye plass, og trenger også sin egen type styring for å operere.

Etter å ha sett på metoden med å bygge eget relémodul, ble det oppdaget en metode for å bruke transistorer som en bryter.

3.2 Valgt konsept

Kretskortet som styrer magnetventilene, består av seks NPN-transistorer som skal skru magnetventilene av og på. Transistorene er utstyrt med en liten motstand (220 Ω) som begrenser strømmen inn på basen, og en stor motstand (10 k Ω) mellom base og jord som fungerer som en referanse til jord.

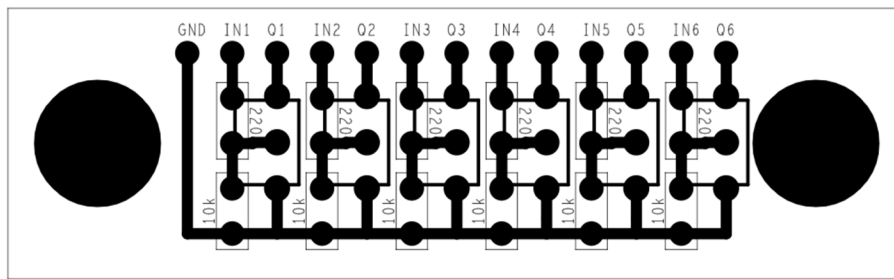
Inngangen IN1 som sett i figur 1 er koblet til en digital utgang på Arduinoen, og styres med et 5V-signal. Dette signalet gjør at det går en liten strøm gjennom base-emitter på transistoren, som gjør at den trekker en større strøm fra Q1. Fordelen med dette oppsettet er at en liten strøm kan brukes til å styre en større strøm. Dette er nødvendig ettersom utgangene på Arduinoen kun kan levere strømmer på noen milliampere, og ventilene trekker over 100 mA hver.



Figur 1: Kretstegning for én prosjektavfyringskrets.

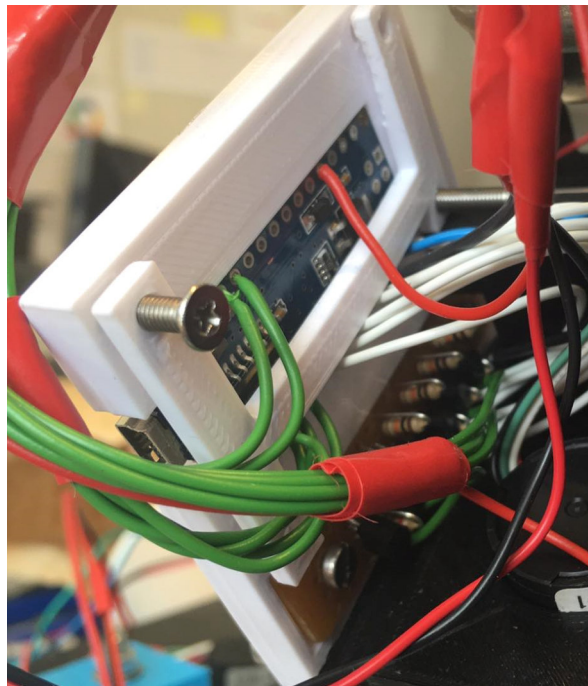
Ettersom det er dårlig plass i toppstrukturen, er kretskortet designet for å ta minst mulig plass. Den ene enden på hver motstand er bøyd slik at endene kan monteres så nært hverandre som mulig. Kroppene på motstandene er også montert slik at de er minst mulig i veien for transistorene. Som man ser i figur 2, brukes det en ekstra rad til GND. Dette er slik at alle terminaler er tilgjengelige på samme side.

De to store sirklene på hver side av tegningen av kretskortet representerer plassen som er satt av til monteringskruene. Hver mindre sirkel representerer en loddeforbindelse, enten mellom komponenter, eller med ledninger som skal ut fra kretskortet. De avlange rektanglene som dekker to sirklere representerer motstandene, med motstandsverdien på siden. De store rektanglene representerer transistorene, med kollektor øverst, base i midten og emitter nederst. Kretskortet er avbildet som sett ovenfra, med alle loddeforbindelser på undersiden.



Figur 2: Kretstegning for én prosjektilavfyriingskrets.

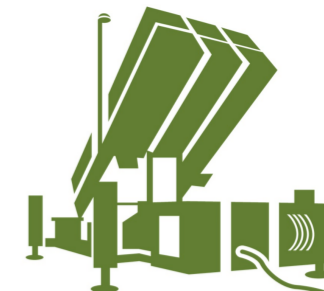
Figur 3 viser kretsen montert på en brakett sammen med en Arduino Nano. Denne Arduinoen er dedikert til avfiring og deteksjon av prosjektiler. Arduinoen og avfyriingskretsen anses som én enhet med tanke på kabling og plugg, og har dermed interne koblinger som er direkte loddet. Alle terminalene på avfyriingskretsen er montert på én side slik at den enklest mulig kan kobles til Arduinoen, samtidig som ledningene vil være mest mulig samlet.



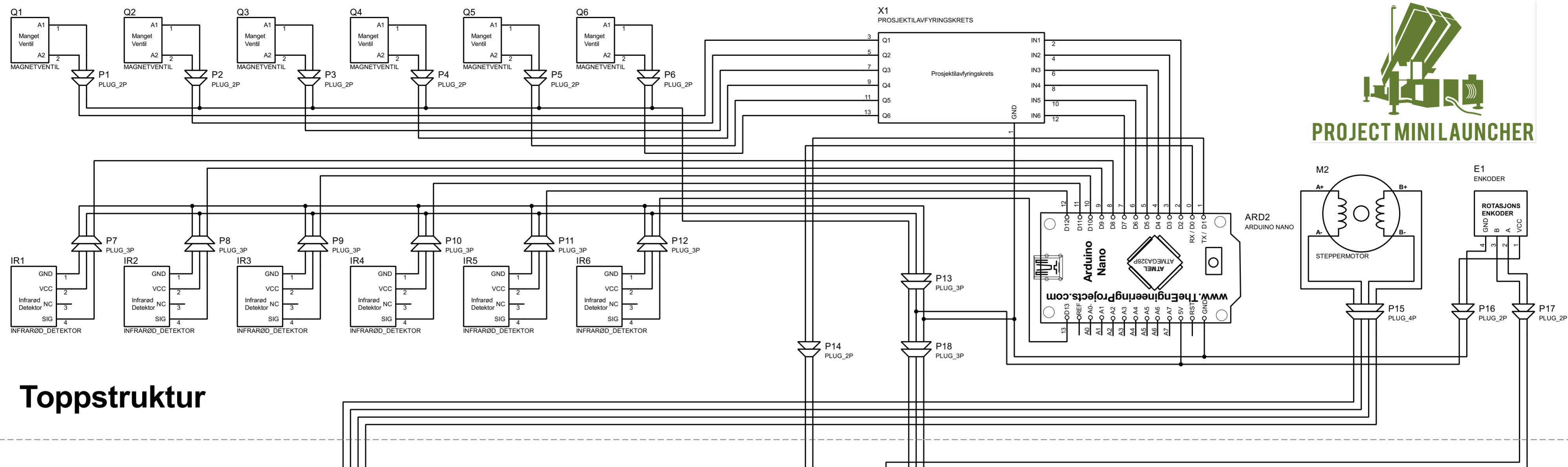
Figur 3: Arduino og avfyringskrets montert i toppstruktur.

3.2 Testing av avfyringskretsen

Når avfyringskretsen ble testet ble det ikke observert noe varmeutvikling i kretsen etter over ti pulser. Magnetventilen er ikke oppe i mer enn 100 ms av gangen og vil aldri være åpen i lengere perioder så kretsen rekker ikke bygge opp varme. Ved testing var det mulig å styre avfyring fra GUI med lite forsinkelse.

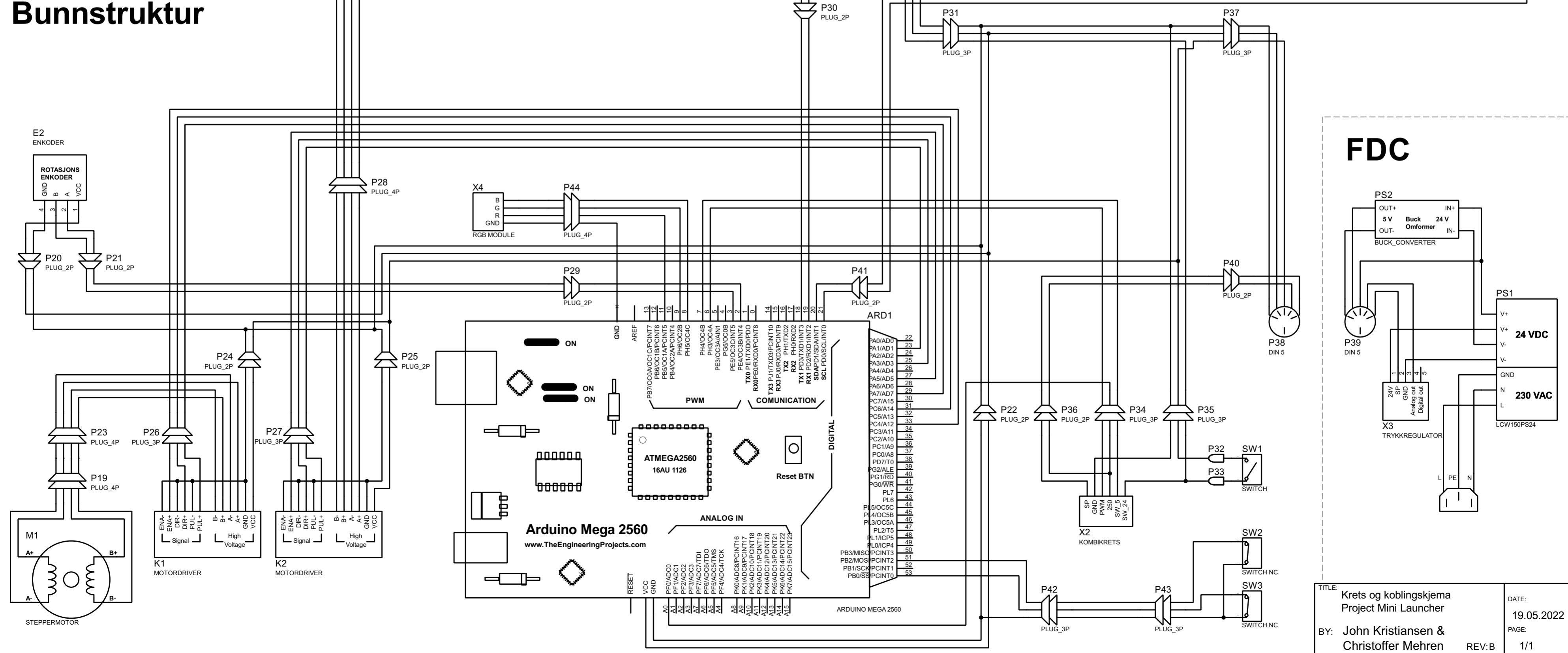


PROJECT MINILAUNCHER

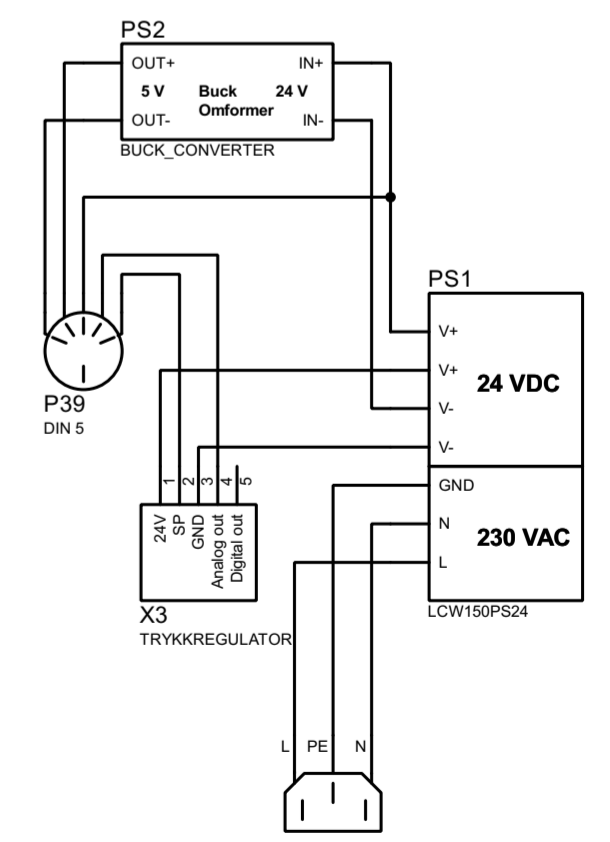


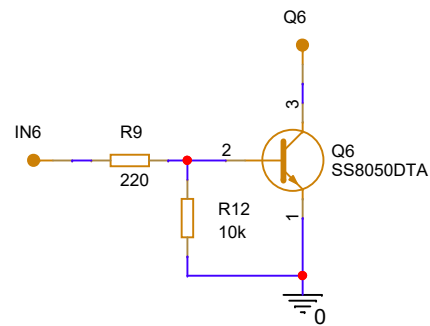
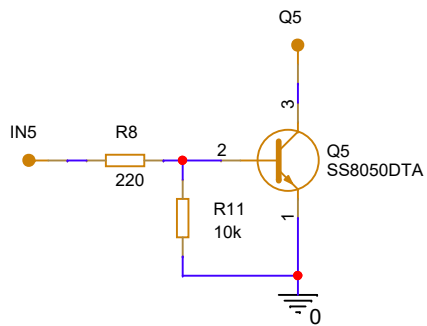
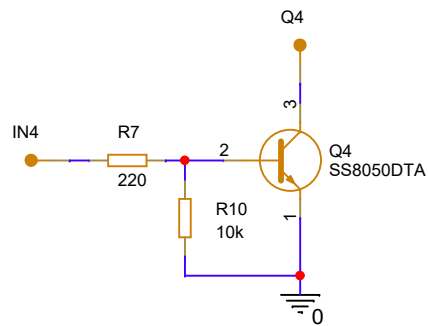
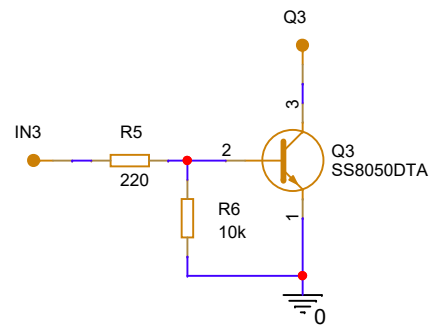
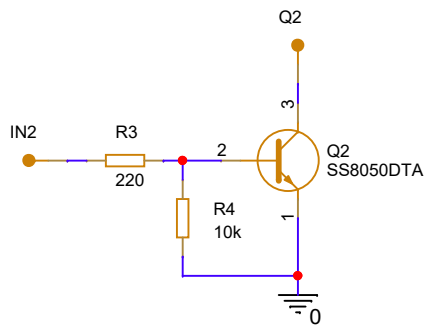
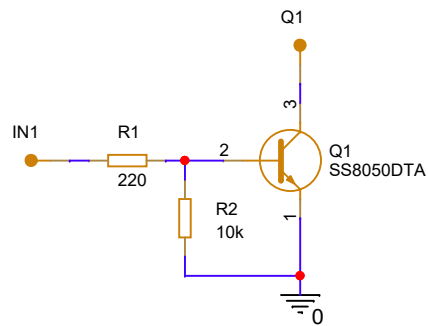
Toppstruktur

Bunnstruktur




FDC



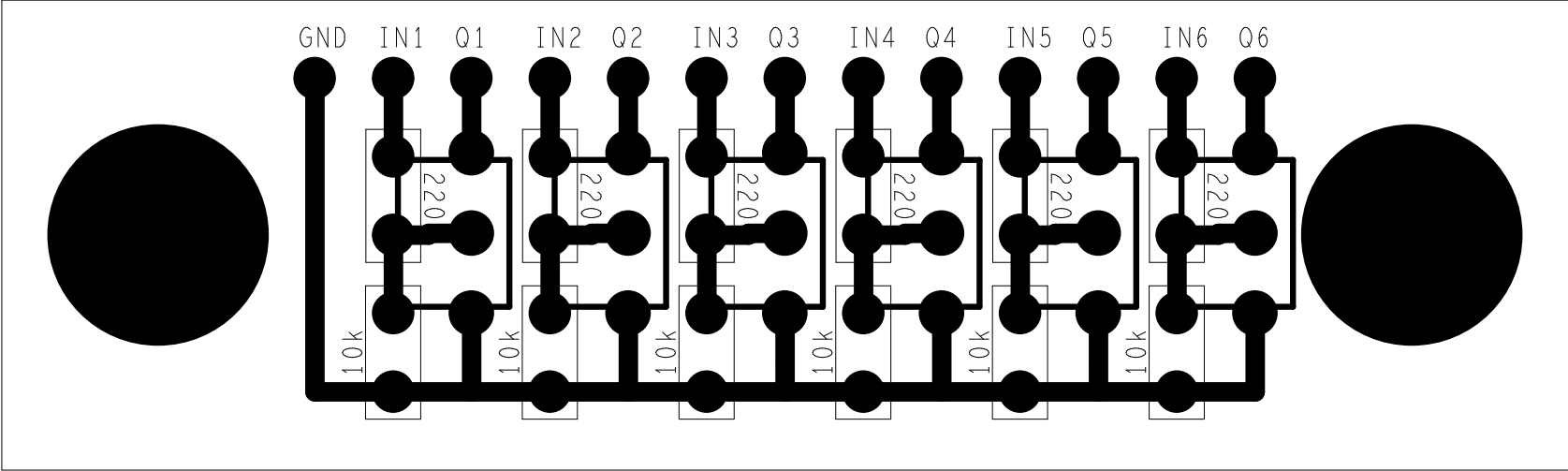


University of South-Eastern Norway

Christoffer Mehren
Austadgata 26
3043 Drammen
Norway



Title		Prosjekttilavfyingskrets	
Size	Document Number	Rev	
A4	<Doc>	CM	
Date:	Wednesday, April 06, 2022	Sheet	1 of 1



ML002- Utviklingsrapport, elevasjon og midtstruktur

Dokumentbeskrivelse

Dette dokumentet beskriver utviklingsprosessen til elevasjonsmekanismen og begrunner konsept- og designvalg.

Revisjon	Skrevet av	Dato	Godkjent av
A	Tobias Nilsen	22.05.2022	

Innhold

Figurliste	3
tabelliste	4
1. Introduksjon	5
2. Dokumenthistorie og referanser	5
2.1 Dokumenthistorie	5
2.2 Refererte dokumenter	5
3. Innledning og utdypning 1	5
3.1 Elevasjonsmekanismer	5
4. Utdypning 2	8
4.1 Mål for iterasjonen	8
4.2 Konsepter i utdypning 2	8
4.3 Utarbeiding av valgt konsept	11
4.4 Backlash	11
5. Konstruksjon 1	13
5.1 Mål for iterasjonen	13
5.2 Beregning av snekkedriftmekanisme	13
5.3 Sammenlikne tilgjengelige komponenter	15
6. Kraftoverføring	17
5. Konstruksjon 2	20
5.1 Mål for iterasjonen	20
5.2 Endring av design	20
5.3 Sammenlikning av plasseringer for konsepter	21
5.4 Utarbeiding av valgt design	24
6. Konstruksjon 3	30
6.1 Klargjøring av innkjøpte deler.	31
6.2 Montering og testing	37
7. Referanser:	49

Figurliste

Figur 1: Rack and Pinion.	7
Figur 2: To sylindriske gir.....	7
Figur 3: Implementert i Mini Launcher.	7
Figur 4: Snekkedriftkonsept.	8
Figur 5: Løfteskruer.....	9
Figur 6: Valgt konsept for snekkedrift.	11
Figur 7: Illustrering av backlash i form av to sirkulære tannhjul.....	12
Figur 8: Forkortelser for dimensjoner.	12
Figur 9: Shell av toppstruktur.	13
Figur 10: Momentarm fra massesenter til punkt A.....	14
Figur 11: Graf over snekkens virkningsgrad. [1].....	15
Figur 12: Illustrering av mengden gods igjen etter boring i dreiebenk av aksel.....	17
Figur 13: 12 mm aksel. [5]	17
Figur 14: Låsepinne. [3]	18
Figur 15: Rørpinne. [3].....	18
Figur 16: Akselkobling. [4]	19
Figur 17: To-dels akselkobling. [6].....	19
Figur 18: Illustrasjon av DC-motorens aksel.....	20
Figur 19: Første iterasjon av elevasjonsmekanismen.	21
Figur 20: Konsept 1: elmotor er i midtstruktur.	22
Figur 21: Konsept 2: elmotor plassert i bunnen av toppstruktur.	22
Figur 22: Elmotor plassert bak i toppstruktur.	22
Figur 23: Første utkast til festepunkter.....	25
Figur 24: Nærbilde av utkast til festepunkter.	25
Figur 25: Endring av bunnbrakett.....	26
Figur 26: Rotasjonsenkoder plassert aksielt.	26
Figur 27: Designet bukk for elevasjon.	27
Figur 28: Justert bukk.	27
Figur 29: Ferdig design av bukk.	27
Figur 30: Brakett for steppermotor og enkoder.	28
Figur 31: Tannhjul for enkoder. [9]	29
Figur 32: Oppsett for enkoder og opplagring.....	30
Figur 33: Sammenstilling 0083 Assy Brakett elevasjonsmotor toppstruktur	30
Figur 34: Settskruedesign.....	31
Figur 35: Akselkobling i chuck.	32
Figur 36: Bor i dreiebenk.	32
Figur 37: Brotsj til venstre og metallbor til høyre.	33
Figur 38: Forskjell på bor og brotsj.....	33
Figur 39: Kappet ned snekkeskruer.	34

Figur 40: Filt og forsenket snekkeskrue.	34
Figur 41: Gjengetapp i snekkeskrue.	35
Figur 42: Hull for settskrue i POM-tannhjul	35
Figur 43: Kutt med vinkelsliper.	36
Figur 44: Boret ut hull til aksel for 0099 Bukk topp.	36
Figur 45: Forlenget bukk.....	37
Figur 46: Limt sammenstilling 0083 Assy Brakett elevasjonsmotor toppstruktur.....	38
Figur 47: Gammel steppermotor til elevasjon. [8].....	38
Figur 48: Ny stepper motor til elevasjon. [12]	39
Figur 49: Hulldiameter for festemetode.	40
Figur 50: Redesign av bukk for montering.	40
Figur 51: Brudd i 0078 bunn for midt.....	41
Figur 52: Innvendig mønster i brakett.....	41
Figur 53: Brudd i brakett.	42
Figur 54: Punkter for brudd i bunnbrakett.....	42
Figur 55: Utbedret bunnbrakett.....	43
Figur 56: Standard metode for komponent	43
Figur 57: Egendefinert metode for komponent.....	44
Figur 58: Standard metode for komponent.	45
Figur 59: Egendefinert metode for komponent.....	45
Figur 60: Manuelt elevasjonshjul.	46
Figur 61: Testing av elevasjonsmekanisme.	46
Figur 62: Settskrue med aksel og snekkehjul.	47
Figur 63: 0078 bunn for elevasjon. Oppgradert brakett.	48
Figur 64: 0090 Mikrokontroller og kretskortholder	48

Tabelliste

Tabell 1: Sammenlikning av konsepter for elevasjon.	6
Tabell 2: Sammenlikningskriterier.....	9
Tabell 3: PUGH-matrise for konsepter for elevasjon.	10
Tabell 4: Begreper for figur 9, snekkeskrue.	12
Tabell 5: Informasjon om snekkedrift fra RS Components.[2].....	16
Tabell 6: Informasjon om snekkedrift.[3].....	16
Tabell 7: Sammenlikning av snekkeskruer og deres rotasjonsmoment.	16
Tabell 8: Kriterier for sammenlikning av konseptplasseringer.	21
Tabell 9: Sammenlikning av konseptplassering for elevasjonsmekanisme.	23
Tabell 10: Sammenlikning av materiale for tannhjul.	29

1. Introduksjon

Dette dokumentet inneholder utviklingsloggen for elevasjon. Loggen er basert på hva vi utvikler og kommer frem til av konsepter og løsninger. Hensikten med dette dokumentet er å beskrive utviklingsprosessen til elevasjonsmekanismen. Loggen beskriver og begrunner valg av konsepter og design, og oppdateres jevnlig gjennom flere iterasjoner. Elevasjon er en av hovedfunksjonene i systemet i bacheloroppgaven vår, og vårt valg av mekanisme er derfor sentralt.

2. Dokumenthistorie og referanser

2.1 Dokumenthistorie

Revisjon	Beskrivelse	Dato
A	Nyopprettet	04.03.2022

2.2 Refererte dokumenter

Tittel	Rev./Dato	Utgiver
EL002 – Utviklingslogg, motorer og regulering	14.03.2022	Gruppen
RM001 – Rapport, prosjektilbaner	A	Gruppen
KP002 - Innkjøpsliste	13.03.2022	Gruppen

3. Innledning og utdypning 1

Når vi startet prosjektet, hadde hele gruppen noen muntlige diskusjoner rundt elevasjon for launcheren. Vi fant ut at forskjellige konsepter for elevasjon hadde fordeler og ulemper. Dette vil bli diskutert senere i denne utviklingsloggen. Vi tenkte tidlig i utdypning 1 at en elevasjonsmekanisme som består av mekanisk girutveksling ville vært mest foretrukket, men dette ble bare diskutert og ingen beregninger ble gjort.

3.1 Elevasjonsmekanismer

Det finnes mange metoder å skape elevasjon på. Det som er generelt sett likt for alle er å skape løft via et system eller mekanisme. Man må også kunne skape dette løftet på relativt kort tid. Tabellen nedenfor viser hvordan forskjellige elevasjonsmekanismer kan skape dette.

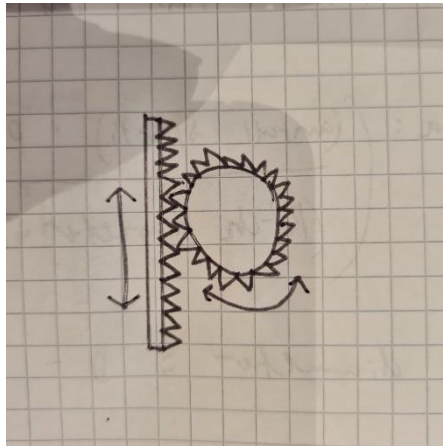
Tabell 1: Sammenlikning av konsepter for elevasjon.

Hvordan skape løft	Beskrivelse	Eksempler
Hydraulisk væske	Overføring av energi gjennom rør eller slanger.	Anleggsmaskiner, verktøymaskiner og robotteknikk.
Lufttrykk	Overføring av energi gjennom slanger og ventiler.	Håndholdte verktøy og luftfjæring på kjøretøy.
Mekaniske gir	Overfører rotasjon og kraft fra en aksel til en annen. Girenes tenner har ansvaret for å gripe i hverandre slik at girene roterer.	Kjøretøymotorer

Største problemet med lufttrykk er uforutsigbarheten av hvor mye som skal presses inn i systemet for å oppnå en viss høyde. Luft er komprimerbart og dette blir uforutsigbart å gjøre repeterbart. Hydraulisk væske er interessant og største fordelen er at hydrauliske systemer er i stand til å flytte tyngre laster og i tillegg gi større kraft enn de mekaniske eller elektriske motparter i samme størrelse. Dette konseptet har også gode akselerasjonsegenskaper. Ulempe med dette konseptet er at dette kan begynne å lekke hydraulikkolje og komponentene til den størrelsen vi trenger tror vi at ikke vil være enkelt å finne. Det vil i tillegg ta mye plass med tanke på at en pumpe må monteres med for å få konseptet til å fungere.

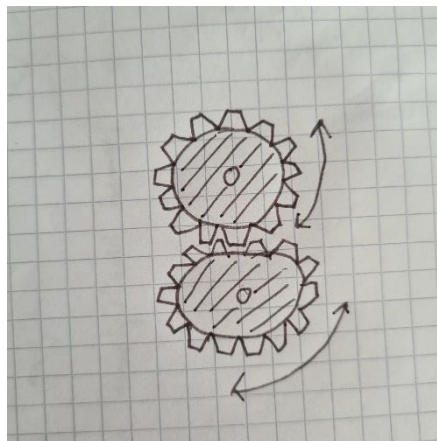
Vi valgte å gå for tannhjul som vår elevasjonsmetode, med tanke på presisjonen man kan få ut av tannhjulenes utveksling. Vi fant også ut at en selvlåsende mekanisme hadde vært det mest ideelle, så vi kan låse elevasjonen i den høyden vi ønsker og motorens holdemoment slipper å brukes til å holde samme posisjon til en hver tid.

Et av konseptene som vi kikket på var *rack and pinion* som består av et sirkulært gir (*pinion*) og en tannstang (*rack*). Konseptet i figur 1 får en rotasjonsbevegelse til å konverteres til en lineærbevegelse. Vi gjorde noen grove skisser av denne mekanismen og fant ut at dette ikke lot seg ikke gjøre som elevasjonsmetode. Dette var primært fordi dette konseptet har mangel på bevegeligheten som trengs i en mekanisme som skal elevere mellom ett gitt vinkelmål.

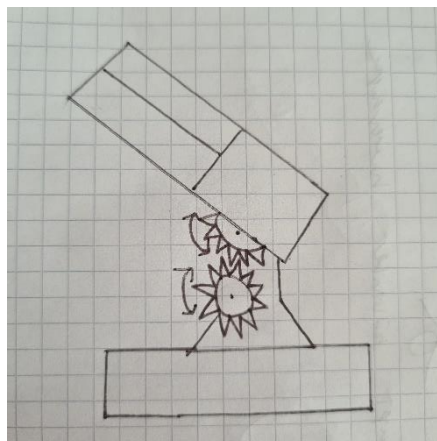


Figur 1: Rack and Pinion.

Det andre konseptet vi diskuterte i utdypning 1 var et sylindrisk gir mot et annet sylindrisk gir. Da ville det ene tannhjulet være fastmontert i øverste delen av Mini Launcher og det nederste tannhjulet bli drevet av en motor, dette kan illustreres i figur 2 og 3.



Figur 2: To sylindriske gir.



Figur 3: Implementert i Mini Launcher.

Fordelen med dette konseptet er at vi får kraftoverføring kontinuerlig gjennom hele elevasjonen til Mini Launcher. Her kan vi velge hva slags girutveksling vi ønsker ved å kjøpe forskjellige størrelser på tannhjul. Dette igjen manipulerer hastigheten på elevasjonen. Dette gjør et innkjøp av en elevasjonsmotor kan være mer fleksibelt med tanke på hastighetsendringen vi kan manipulere med girutveksling.

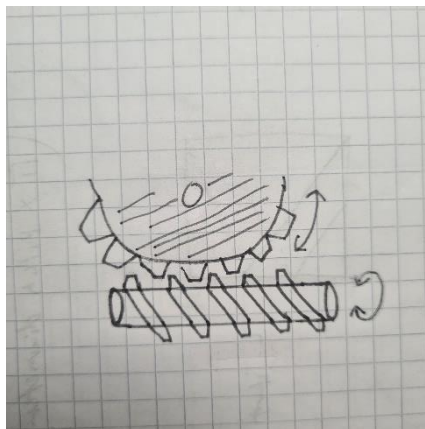
4. Utdypning 2

4.1 Mål for iterasjonen

I denne iterasjonen så er målet å diskutere ulike konsepter knyttet opp til noe som kunne vært implementert i vårt prosjekt. Vi velger da et konsept vi er fornøyde med og skal senere i Konstruksjonsfasen konstruere, bestille og implementere dette i en prototype for å se at det vi har kjøpt inn faktisk fungerer.

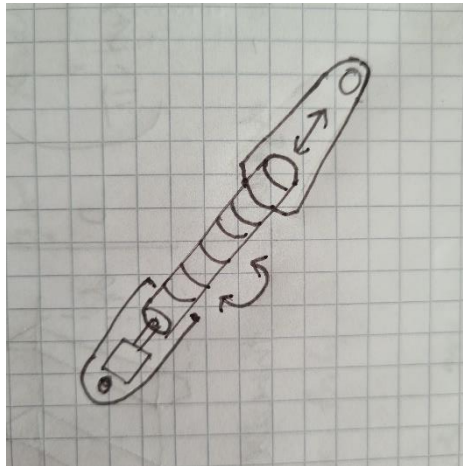
4.2 Konsepter i utdypning 2

Etter iterasjonene innledning og utdypning 1, har vi kommet frem til at to sylindriske gir et konsept som er brukbart, men veies ned av to andre konsepter vi skal se litt nærmere på i denne iterasjonen. Det første konseptet er en snekkedrift som man kan se i figur 4. Dette konseptet består av et tannhjul og en aksel med en roterende spiralgjenge som gir kontakt mot- og driver tannhjulet.



Figur 4: Snekkedriftkonsept.

Det andre konsept er et liknende konsept som snekkedriften. I figur 5 kan vi se en løfteskruer. Her går skruen gå opp og ned som følge av høyden til toppstrukturen. Vi kan se at dette ser litt ut som *rack* i *rack and pinion*, men forskjellen her ble at problemstillingen ble løst ved å ha to festepunkter i hver sin ende, så denne mekanismen følger festepunktet i toppstrukturen når vinkelen endrer seg. Dette konseptet kan som helhet kan bevege seg fritt i alle retninger med tanke på at elmotoren kan plasseres i samme aksel som løfteskruen. Ulempene her er komponenter er mindre tilgjengelig på internett og ha høy kompleksitet. Dette gjør konseptet vanskelig å fullføre. I teorien kan en gjengestang og muttere være mulig å bruke, så dette burde sammenliknes med de to andre konseptene. Sammenlikningen kan man se i tabell 3.



Figur 5: Løfteskruer.

Vi valgte å sette opp en sammenlikning av de forskjellige konseptene for å få bedre oversikt over hvilke fordeler og ulemper de hadde. Dette er en utfordrende måte å sammenlikne på ettersom vi mangler kunnskap om hvordan disse vil se ut i sluttprosessen. Det er også en usikkerhet rundt hvor godt konseptene vil funke i praksis. Tabell 3 viser til en oppsummering av kriteriene i forbindelse med konseptene for mekanisk gir. Tabellen med kriteriene gitt en poengsum fra 1 til 5 der 5 er det beste.

Tabell 2: Sammenlikningskriterier.

Kriterium	Beskrivelse
Kompakthet	Hvor plasskrevende elevasjonsmekanismen er. Konsepter som krever færre og mindre komponenter får høyere poengsum. Vektet høyt ettersom det bruker mindre plass enn de andre konseptene for lik funksjon.
Teknisk usikkerhet	Usikkerhet/risiko knyttet til utvikling av design for konseptet. Løsninger som består av ferdige komponenter og som ligner løsninger som eksisterer allerede får høyere poengsum. Vektet høyt ettersom vi jobber innenfor en begrenset tidsramme og må ha en løsning som fungerer til slutt.
Formlikhet	Hvor formlik plasseringen av konseptet er. Vektes høyt fordi konsepter skal kunne brukes uten mye redesign med tanke på formlikhet til 3D-modell gitt fra KDA.
Kompleksitet	Hvor plasskrevende elevasjonsmekanismen er. Konsepter som krever færre og mindre komponenter inne får høyere poengsum. Vektet høyt ettersom det er nødvendig for å oppnå krav til formlikhet og maksimal størrelse.
Girooverføring	Små elmotoren kan få problemer for stort rotasjonsmoment. Dette kriteriet er beskrevet som hvor god fordel man kan ha med utveksling av mekanismen.

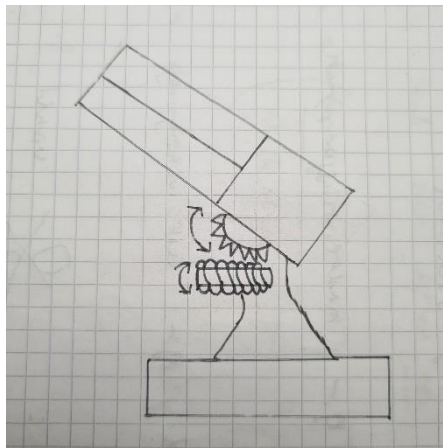
Tabell 3: PUGH-matrise for konsepter for elevasjon.

		Snekkedrift		Løfteskruer		Sirkulære tannhjul	
Kriterium	Vekt	Beskrivelse	P	Beskrivelse	P	Beskrivelse	P
Kompakthet	20%	Utnytter plass svært godt	5	Avlang, men tynn. Plass kan være et problem	2	For god utveksling trengs mange tannhjul	2
Teknisk usikkerhet	10%	Liknende systemer eksisterer	5	Liknende systemer eksisterer, men vanskelig å få tak i	4	Liknende systemer finnes, men mange komponenter	3
Formlikhet	30%	Avlang, men kan plasseres i forskjellige retninger.	3	Tynne løfteskruer kan gjemmes	5	Kan bli avlangt om mange gir brukes	3
Kompleksitet	20%	To bevegelige komponenter	5	To eller tre bevegelige deler	4	Mange tannhjul fører til mange komponenter	2
Girutveksling	20%	Snekkedrift kan ha veldig høy girutveksling.	5	Mulig mangel på selvlåsning. Vil ha lavere stigningsvinkel	4	Mange tannhjul kan føre til god giroverføring	5
Sum	100%	Kompakt og god utveksling. Kan ha problem med formlikhet	4,4	Mangel på selvlåsning og mindre tilgjengelig system.	3,9	Kompleks design med mange tannhjul	3,0

Vi ser i tabell 3 at snekkedriften gir best poengsum etter vektleggingen av de forskjellige kriteriene. Vi tar dette konseptet videre inn i utdypning 2 for beregninger.

4.3 Utarbeiding av valgt konsept

Vi valgte til slutt i utdypning 2 å gå for snekkedrift som konsept for vår elevasjonsmekanisme. Dette ga et veldig kompakt design som er veldig ideelt i prosjektet, dermed opprettholder vi kravet om formlikhet så mye som mulig. Tegningen i figur 6 er litt overdrevet med tanke på hvor lang snekkedriften trenger å være. Snekkeskruen trenger bare å være så lang som antall tenner i tannhjulet er i kontakt med snekkedriften. Dette igjen fører til det kompakte designet vi trenger.



Figur 6: Valgt konsept for snekkedrift.

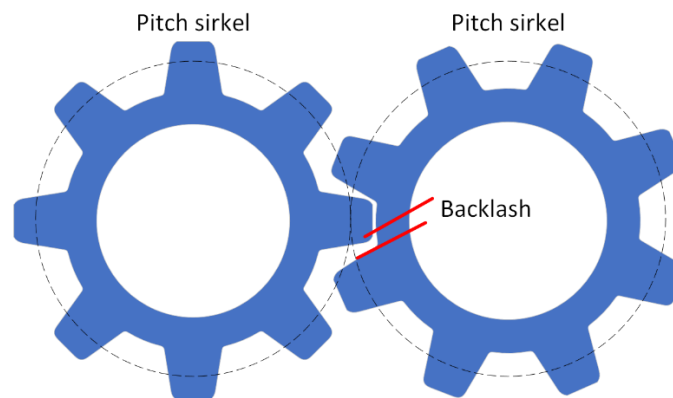
Vi skal se litt på hva som er viktig å tenke på med en snekkedrift. En snekkedriftmekanisme består som sagt av det sylinderveformede skruen (snekkeskruen) og et egnet tannhjul (snekkehjulet). Snekkehjulet oppgis i noe som kalles modul, M . Dette er matematisk beregnet som pitch diameter D_w delt på antall tenner N . Likningen for dette fremstår slik

$$M = \frac{D_w}{N} \quad (1)$$

og dette tallet må samsvare med modul på snekkeskruen slik at tennene i snekkehjulet og snekkeskruen skal gå sømløst i hverandre uten at det vil oppstå problemer.

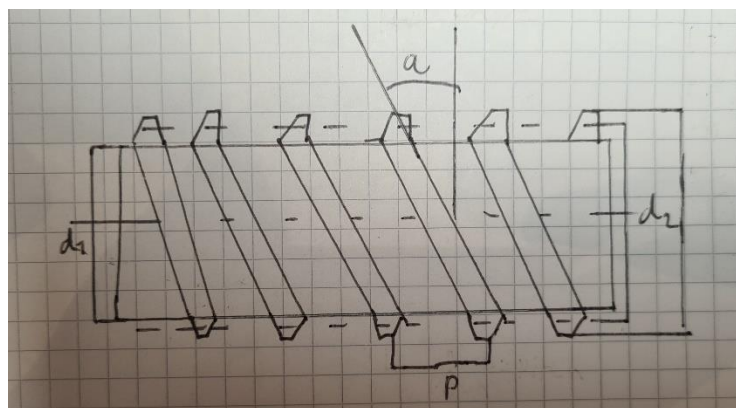
4.4 Backlash

Pitch diameter er diameteren hvor girets tenner har treffpunkt til det andre girets tenner, hvis begge har lik modul. Et begrep som heter *backlash*. Dette illustreres i figur 7 som et mellomrom mellom tennene som gir kraftoverføring i en girutveksling. Denne lengden skal i teorien være null, men i praksis er den ikke det. Det skal alltid være litt *backlash* for å unngå at tennene kiler seg fast, så mekanismen stopper. To vanlige grunner til at *backlash* er vanlig i tannhjulemekanismen er på grunn av toleranser i maskiniseringsprosessen og rom for termisk utvidelse. Det skal være rom for at disse toleransene ikke kiler fast mekanismen rett fra fabrikken. Termisk utvidelse kommer om tannhjulene skaper varme eller er satt i et varmt miljø. Det skal derfor være mulig for at dette skal kunne utvide seg uten at det kiler fast mekanismen.



Figur 7: Illustrering av backlash i form av to sirkulære tannhjul.

For å vite om en snekkedrift er selvåsende må man se på stigningsvinkelen a , vist i figur 8. Vi har kikket litt på hvordan dette utregnes og hvordan dette står i forhold til selvåsending. Vi ser at det er mer til beregning av selvåsending enn bare stigningsvinkelen, og vi vil fordype oss i dette i konstruksjonsfasen for å gi et bedre svar på hvilke andre faktorer som spiller inn. Begreper for figur 8 blir vist i tabell 4.



Figur 8: Forkortelser for dimensjoner.

Tabell 4: Begreper for figur 9, snekkeskrue.

Forkortelse	Beskrivelse
d_1	Akseldiameter
d_2	Pitch diameter
P	Pitch
a	Stigningsvinkel

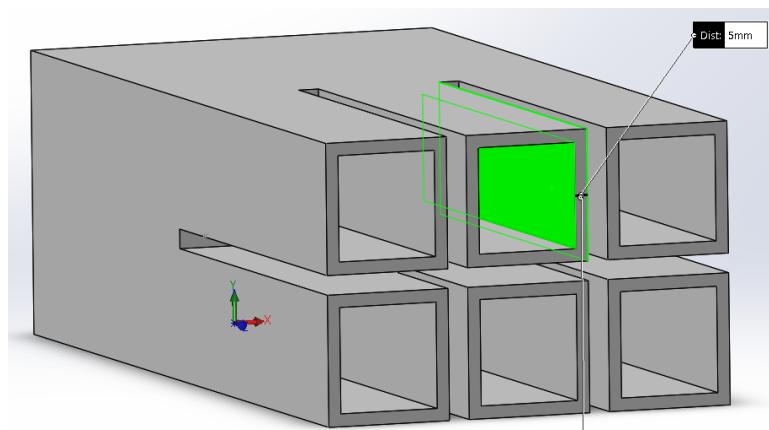
5. Konstruksjon 1

5.1 Mål for iterasjonen

Denne iterasjonen er basert på hva som skjedde i utdypning 2, der vi kikket overordnet på konsepter og til slutt konkluderte med et konsept som vi skal bygge i konstruksjonsfasen. Konstruksjon 1 er iterasjonen hvor vi gjør dypere beregninger på det valgte konseptet, gjør rede for størrelse av mekanisme og nødvendige avgjørelser for å sikre at et innkjøp av komponenter speiler hva vi har beregnet teoretisk. Løsninger på hvordan dette konseptet skal implementeres inn i launcheren er også noe som vil bli drøftet og redegjort for før et innkjøp.

5.2 Beregning av snekkedriftmekanisme

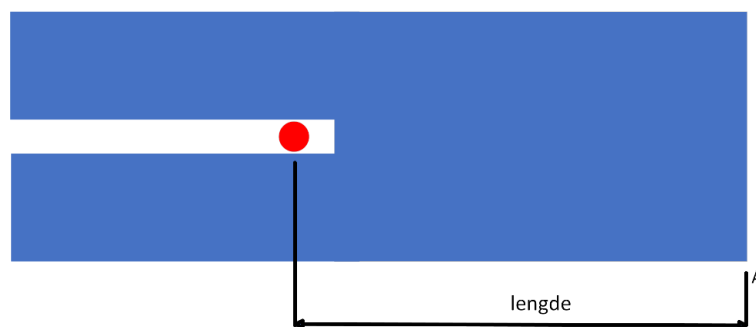
Før vi bestiller inn komponenter for snekkedriften, er det nødvendig å finne ut av hvordan launcheren er bygd opp. Det dannes et rotasjonsmoment på elevasjonsmekanismen på det punktet vi ønsker å plassere elevasjonsmekanismen. Vi ønsker å vite hva dette momentet er, og dette vil bli beregnet ut ifra vekten til launcheren. I konstruksjon 3 er det vanskelig å si eksakt hvor mye denne vil veie, men vi kan bruke den nedskalerte 3D-modellen vår som et utgangspunkt. 3D-modellen vår er nedskalert 1:12,5 og vi tenker at toppstrukturen og komponentene på innsiden er det eneste som vil lage et rotasjonsmoment rundt elevasjonsmekanismen. Vi hulet ut denne toppstrukturen med funksjonen *Shell* i Solid Works for å gi alt en viss tykkelse. Denne tykkelsen ga vi til 5 mm, som vi tenker er en veggtykkelse som er realistisk til toppstrukturen. Figur 9 viser hvordan launcheren vil se ut med denne Shell-funksjonen.



Figur 9: Shell av toppstruktur.

Herfra må vi finne ut hvor mye toppstrukturen veier. Vi ønsker trolig å 3D-printe dette i PLA plastikk, som vi kan velge som et material i Solid Works. Hvis vi bruker en funksjon som heter *mass properties* kan vi finne ut hva 3D-modellen veier etter å ha valgt materialet PLA plastikk. Dette ble cirka 1,7 kg. Vi har ikke modellert komponentene som skal plasseres inne i toppstrukturen, men vi kan gå ut ifra vekten til hver komponent og plassere dem i massesentrum på figur 1. Massesentrum fant vi gjennom *mass properties* i Solid Works. Det å plassere de interne komponentene i massesentrum gir en feil representasjon av hvordan massesentrum ser ut i figur 10 uten noen interne deler. Dette er fordi i praksis vil disse komponentene bli plassert nærmere punktet A enn det man har modellert her. Ved å ta en statisk analyse av momentarmen og plassere komponentene i massesentrum vil dette gi oss en sikkerhetsmargin på hva det faktiske rotasjonsmomentet blir. Vi har planer om å plassere hengslene i elevasjonsmekanismen lenger mot massesentrum enn punkt A i figur 11 viser, men dette gir oss enda en sikkerhetsmargin når vi er i dette stadiet av prosjektet.

Vi skal ha seks solenoid-ventiler som veier 80 gram hver, og en DC-motor som veier 255g. Disse tallene fant vi i databladene til komponentene.



Figur 10: Momentarm fra massesenter til punkt A.

Nå som vi vet massesentret og vekten til toppstrukturen kan vi sette dette inn i likning 2. begrepene er oppgitt i tabell 10. Vi målte i Solid Works at avstanden fra massesenter til punktet A var 190 mm. For å regne ut rotasjonsmomentet

$$T = mgr, \quad (2)$$

må vi fylle inn de verdiene vi har, g er lik 9.81 m/s^2 , lengden r er lik 190 mm fra massesenter til punktet A og masse m er på vekten av strukturen sammen med de oppgitte komponentene, dette gir 2,44 kg. Herfra kan vi fylle inn verdiene

$$T = 2,44 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 190 \text{ mm} = 4550 \text{ Nmm} \quad (3)$$

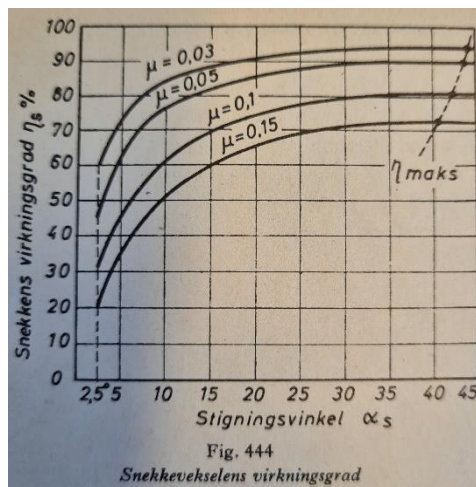
slik at vi får rotasjonsmomentet rundt punktet A. Rotasjonsmomentet vi må overkomme gjennom snekkedriftens utveksling er

$$T = T_m N n, \quad (4)$$

der T_m er rotasjonsmomentet til elmotoren, oppgitt Nmm. N er antall tenner på snekkehjulet og n er virkningsgraden til snekkedriften.

Snekkedriftens virkningsgrad

Før vi kan beregne noe i likning 4, må vi finne ut hva snekkedriftens virkningsgrad er. Dette oppgis gjerne i grafer der virkningsgraden er basert på stigningsvinkelen til snekkedriften og friksjonskoeffisienten.



Figur 11: Graf over snekkens virkningsgrad. [1]

Figur 11 viser graf over snekkens virkningsgrad. Vi må finne stigningsvinkelen til snekkeskruen, som vi så vidt snakket om i utdypning 2, denne er oppgitt som

$$\alpha_s = \tan^{-1} \left(\frac{mN}{D_w} \right). \quad (5)$$

Der m er modulen på snekkeskruen, N er antall startgjenger og D_w er pitch diameter. vinkelen brukes i figur 11 for å finne snekkedriftens virkningsgrad.

5.3 Sammenlikne tilgjengelige komponenter

Nå som vi har de rette likningene til å gjennomføre et valg for komponenter for snekkedriften, gikk vi til RS Components for å se hva de hadde på lager. Kravene vi satte for oss selv var at vi ønsket en snekkeskrue som hadde 1 start, dette er altså én gjenge som går rundt snekkeskruen. Dette gir minst mulig stigningsvinkel, som gir større sannsynlighet for selvlåsning. Ut ifra disse ga det oss to typer snekkeskruer. De ble sammenliknet i tabell 13 for

å finne stigningsvinkelen mellom de begge komponentene for å se hvem som hadde best egnet stigningsvinkel.

Vi kan se i tabell 13 og 14 at snekkedrift nr. 2 har lavest stigningsvinkel. Selv om snekkeskruen som tilhører denne snekkedriften hadde lavere stigningsvinkel, viste det seg at den hadde noe lavere virkningsgrad enn snekkedrift nr. 1. I boken Maskindeler 1 sto det at friksjonskoeffisienten til stål mot bronse var 0.15μ . [1] Dette var den eneste kombinasjonen av materialer for snekkedriftene vi sammenliknet hos RS Components, så det er denne verdien vi bruker videre i sammenlikningen av snekkedriftene. Ut ifra dette leste vi av grafen og fant virkningsgraden til snekkedriftene i tabell 5 og 6.

Tabell 5: Informasjon om snekkedrift fra RS Components.[2]

Snekkedrift nr. 1		
Modul	1	$\tan^{-1}\left(\frac{1 * 1}{16}\right) = 3,58^\circ$
Pitch Diameter (mm)	16	
Antall starter	1	
Virkningsgrad = 55 %		

Tabell 6: Informasjon om snekkedrift.[3]

Snekkedrift nr. 2		
Modul	0.8	$\tan^{-1}\left(\frac{0.8 * 1}{16}\right) = 3,27^\circ$
Pitch Diameter (mm)	16	
Antall starter	1	
Virkningsgrad = 52 %		

DC-motoren vår for elevasjonsmekanismen er oppgitt med 590 Nmm i databladet og når friksjonskoeffisienten er oppgitt er det bare å sammenlikne de forskjellige snekkedriftene. På RS Components fantes det snekkehjul med 20 og 30 tenner, og for å se hvem av dem vi trenger for å motvirke rotasjonsmomentet vårt fra toppstrukturen, må vi sammenlikne i tabell 7. Vi bruker likning 4 for å sammenlikne de forskjellige girutvekslingene med rotasjonsmoment T_m på 590 Nmm fra elmotoren, antall tenner fra snekkehjulet N og friksjonskoeffisienten mellom stål og bronse μ .

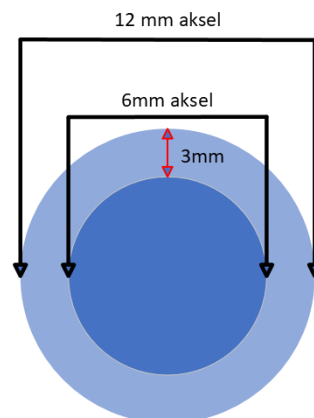
Tabell 7: Sammenlikning av snekkeskruer og deres rotasjonsmoment.

1. Snekkedrift med 0.8 modul og snekkehjul med 20 tenner	6136 Nmm
2. Snekkedrift med 1 modul og snekkehjul med 20 tenner	6490 Nmm
3. Snekkedrift med 0.8 modul og snekkehjul med 30 tenner	9204 Nmm
4. Snekkedrift med 1 modul og snekkehjul med 30 tenner	9735 Nmm

Vi ser at en snekkedrift med modul 1 og et snekkehjul med 30 tenner er det som gir høyest rotasjonsmoment. Vi kom frem til i likning 3 at rotasjonsmomentet for toppstrukturen om punktet A var 4550 Nmm. Vi kan tenke oss at alternativ nr. 1 gir oss akkurat nok til å motvirke rotasjonsmomentet, men vi må tenke oss at vi må ha litt sikkerhetsfaktor å gå på. Vi vet enda ikke hvor tung denne toppstrukturen blir, og om vi ønsker flere komponenter i denne delen av launcheren. Vi modellerte komponentene inn i 3D-modellen vår, og så at snekkehjul med 30 tenner tok forholdsvis liten plass i forhold til resten av 3D-modellen og den kostet ikke særlig mer enn de andre alternativene. Med modul på 1 og snekkehjul på 30 tenner får vi en sikkerhetsfaktor på 2,1, noe vi har nytte av til et senere tidspunkt når vi implementerer alle komponentene sammen og har litt rotasjonsmoment å gå på.

6. Kraftoverføring

Implementeringen av designet vårt vil skje ved å plassere mekanismen i en testrigg for å se at mekanismen fungerer. Dette vil få en egen rapport som vil beskrive hvordan dette er gjort. Før vi gjør noe av det må vi forsøke å finne ut hvordan vi skal få en kraftoverføring fra DC-motoren til snekkeskruen. Vi foreslo først å kjøpe en tjukkt aksling som vi borer et sentrert hull via et bor i en dreiebenk. Vi tenkte at 12 mm var ideelt, siden diameteren på akselen på DC-motoren og hulldiameter på snekkeskruen var begge 6 mm, se figur 13. Dette ville gitt 6 mm igjen å borre i, og 3 mm avstand fra den 6 mm akselen til ytterkanten av 12 mm akselen. Herfra måtte vi hatt en aksel på lik diameter som tres inn i snekkeskruen, dette kan illustreres i figur 12.

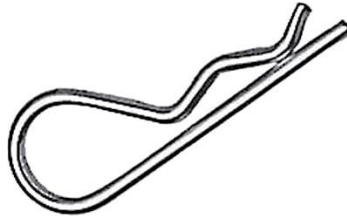


Figur 12: Illustrering av mengden gods igjen etter boring i dreiebenk av aksel.



Figur 13: 12 mm aksel. [5]

Derfra kan borre hull på tvers av akslingen på 12 mm og akslingen til DC-motoren slik at man kan feste denne med hverandre med en pin. Første ide var å ha en låsepinne.



Figur 14: Låsepinne. [3]

En låsepinne som vi ser i figur 14 ville låst akslene med hverandre slik at vi kunne overført rotasjon fra DC-motor til snekkeskrue. Videre fant vi ut at det var mye lettere å ha en rørpinne, se figur 15. Forskjellen på en rørpinne og en låsepinne er at rørpinnen kan klemmes inn med en tang og vil bli mindre enn den oppgitte diameteren til rørpinnen. Dette vil føre til at den får kommet seg gjennom hull av samme diameter. Herfra vil man ta ut tangen og banke rørpinnen lenger ned i hullet. Denne vil ikke skli ut, fordi den gir et konstant trykk mot innsiden av hullet.



Figur 15: Rørpinne. [3]

På et senere tidspunkt fant vi en enda bedre løsning; en akselkobling. På figur 16 ser man at denne løsningen trenger vi ikke å borre hull i akselen på tvers, eller dreie hull i en større aksel som tres utenpå. Slik den fungerer trenger vi bare to aksler av lik diameter, og skru dette sammen ved hjelp av akselkoblingen.

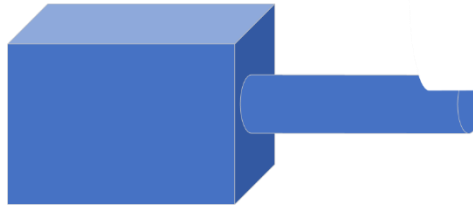


Figur 16: Akselkobling. [4]

Vi fant ikke ut om denne hadde med de oppgitte M3 skruene som sto i databladet, men vi tok sjansen på at dette er enkelt å få tak i en verkøybutikk, om dette skulle være tilfellet. Problemet her er at vi er usikre på om akselkoblingen vil få grep rundt DC-motorens aksel, siden det er maskinert ut en del av akselen, som gjerne brukes som låsemekanisme, dette er illustrert i figur 16. Det vi kikket på var en en-dels akselkobling hvor det er vanskeligere å stramme akslinger av forskjellig størrelse. Vi tenkte at selv om akslingene vi skal bruke er av samme diameter, vil en to-delt akselkobling gi en fordel der DC-motorens aksel er maskinert vekk overflaten, en slik akselkobling ser man i figur 17 og figur 18. RS Components hadde ikke en slik to-delt akselkobling tilgjengelig, og billigste vi fant var 2,5 ganger så dyr som en en-dels akselkobling. Så vi tok avgjørelsen om å gå for en en-dels akselkobling og eventuelt bruke sandpapir for å pusse den 6 mm akselen vi tenker å bruke, for mer friksjon for akselkoblingen.



Figur 17: To-dels akselkobling. [6]



Figur 18: Illustrasjon av DC-motorens aksel.

Vi valgte også å ha en reserveplan om å kjøpe en 12 mm aksel og rørpinner med diameter 2 mm. Dette gir nok gods igjen til å fortsatt ha en solid aksel om det skal borres et 2 mm hull gjennom begge akslingene. Vi fant alt vi trengte på RS Components, samt en 0.6 m lang 6 mm aksel som vi kan bruke. Dette kom 3 dager senere, noe som var til god hjelp nå presentasjon 2 er få dager unna. Prisene på dette kan du se i KP002 – Innkjøpsliste.

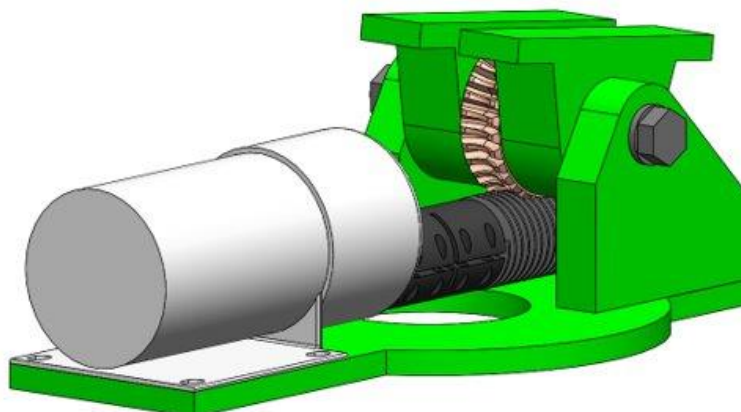
5. Konstruksjon 2

5.1 Mål for iterasjonen

Denne iterasjonen er basert på hva slags konsept vi hadde i konstruksjon 1 og det var iterasjonen hvor vi gjør dypere beregninger på det valgte konseptet, gjør rede for størrelse av mekanisme og nødvendige avgjørelser for å sikre at et innkjøp av komponenter spiller hva vi har beregnet teoretisk. Dette vil nå bli videreutviklet, hvor beregninger av valgte komponenter vil bli utført, kartlegging av hvilke design som passer konseptet best og Løsninger på hvordan dette konseptet skal implementeres inn i launcheren er også noe som vil bli drøftet og redegjort for før et innkjøp.

5.2 Endring av design

Etter presentasjon 2 revurderte vi designet for elevasjonsmekanismen. Dette designet var mulig å gjennomføre, men vi fant fort ut at designet burde gjøres noe med. Gruppen mente det gikk for mye utover formlikhet og generelt så lite gjennomtenkt ut hvor DC-motoren var plassert. I figur 19 ser man at det går utover formlikheten når vi har et konsept der elmotoren er plassert under toppstrukturen. Gruppen bestemte oss for å se på ulike plasser å plassere snekkedriften og elmotoren for å opprettholde formlikhet på en bedre måte. Det ble laget et design hvor man sammenlikning dette med det opprinnelige designet.



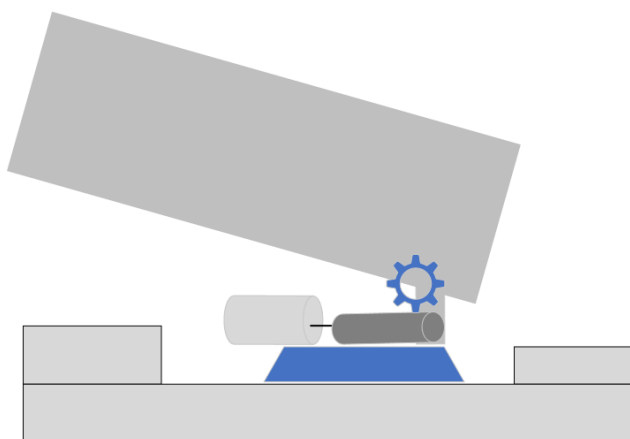
Figur 19: Første iterasjon av elevasjonsmekanismen.

5.3 Sammenlikning av plasseringer for konsepter

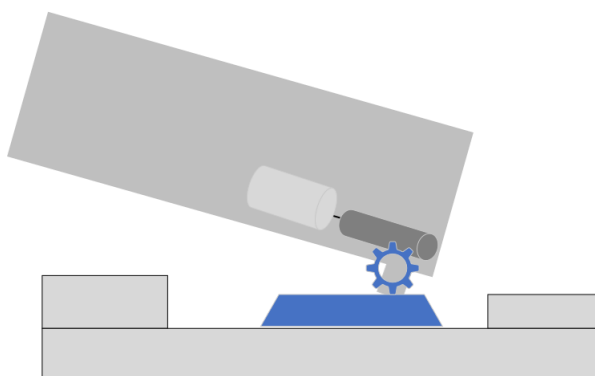
Under kan man se figur 20, 21 og 22. Disse var de konseptene gruppen så for seg hvordan elevasjonsmekanismen kunne se ut etter diskusjoner om utarbeiding av forrige konsept. Derfor er det valgt å sette opp kriterier på hvordan sammenlikningen skal foregå. Tabell 8 viser hvordan kriteriene blir brukt i sammenlikning. Beskrivelsen forklarer også kort hva som er grunnlaget for en høy og lav poengsum for hvert kriterium.

Tabell 8: Kriterier for sammenlikning av konseptplasseringer.

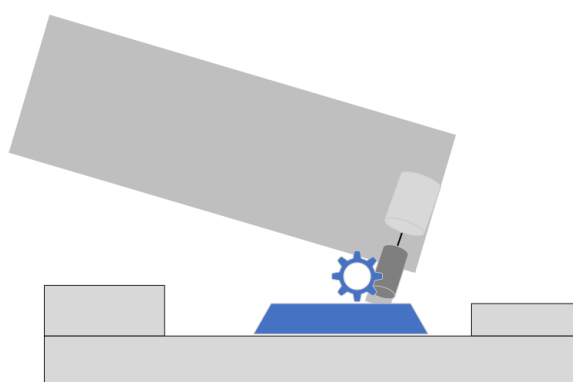
Kriterium	Beskrivelse
Plassering	Hvor plasseringen av elevasjonsmekanismen er. Konsepter som krever at det går utover andre komponenter sin plassering får lavere poengsum. Høyere poengsum gis ettersom konseptet holder seg selvstendig og ikke går utover andre komponenter sine områder.
Skjulbarhet	Hvor godt skjult mekanismen er i henhold til plassering. Jo mer synlig den er, jo mindre poengsum. Desto mer skjult plassering jo større poengsum.
Formlikhet	Hvor mye konseptet går utover formlikheten av Mini Launcher i henhold til 3D-modell gitt fra KDA. Vektes høyt ettersom dette er et av kravene.



Figur 20: Konsept 1: elmotor er i midtstruktur.



Figur 21: Konsept 2: elmotor plassert i bunnen av toppstruktur.



Figur 22: Elmotor plassert bak i toppstruktur.

Tabell 9: Sammenlikning av konseptplassering for elevasjonsmekanisme.

		Konsept 1		Konsept 2		Konsept 3	
Kriterium	Vekt	Beskrivelse	P	Beskrivelse	P	Beskrivelse	P
Plassering	30%	Går lite utover andre mekanismer.	4	Motor plasseres inn i avfyringsmekanismen.	2	Går ikke utover andre mekanismer	5
Skjulbarhet	30%	Mye av mekanisme er utenpå strukturen.	1	Syns ikke på utsiden av systemet.	5	Noe av mekanisme er utenfor, men resten skjules godt	4
Formlikhet	40%	Ikke formlik.	1	Holder formlikheten.	5	Holder formlikheten.	5
Sum	100%	Poeng for forhold til andre mekanismer, men ellers dårlig.	1,9	God skjulbarhet og formlikhet, men går utover andre mekanismer.	4,1	God på alt, trekker ned i skjulbarhet.	4,7

Som PUGH-matrisen i tabell 9 viser, har vi valgt hvilke konsept som man burde jobbe videre med. Konsept 3 som viser til plasseringen bak avfyringsmekanismen får en god utnyttelse av det eksisterende formen av toppstrukturen. Dette går heller ikke utover andre mekanismer. Dette ville da sette gruppen noe tilbake i progresjon med tanke på at et redesign var nødvendig for elevasjonsmekanismen.

5.4 Utarbeiding av valgt design

Ettersom vi allerede hadde kjøpt inn en DC-motor til mekanismen måtte vi se på hvor lang komponentene var i forhold til toppstrukturen. Vi fant fort ut at lengden av DC-motoren tok opp altfor stor plass i lengderetning. Det skal monteres en akselkobling på motorakselen, herfra må en videre aksel gjennom snekkeskruen. Dette fant vi ut absolutt ikke fungerte. Utfordringen her var å få et design som kan holde dette i bakre del av toppstrukturen uten at det gikk utover formlikheten. Vi så på forskjellige ting å kutte kortere, som for eksempel lengden av snekkeskruen. Denne er bare i kontakt med snekkehjulet i en viss lengde. Som gjorde det mulig å korte ned på noen få millimeter her. Etter å ha modellert dette i 3D modellen ble det funnet ut at dette ikke var i nærheten nok. Vi måtte ha en kortere motor.

Vi kikket på nye motorer som hadde likt eller tilsvarende dreiemoment, men dette var vanskelig å finne. Vi endte med å finne en steppermotor som hadde 360 Nmm i dreiemoment, noe som var 230 Nmm mindre enn DC-motoren vi hadde fra før. [7] Vi hadde også ikke tenkt tanken før i ettertid at dette ville skape mer vekt i toppstrukturen som igjen ville være mer vekt for snekkedriften. Vi vurderte å se på større snekkehjul som en kompensasjon for mangel på kraft fra den nye motoren. På dette tidspunktet hadde gruppen en idé på hvor tung toppstrukturen kom til å bli. Vi brukte Solid Works sin egen *Mass properties*-funksjon som kan kartlegge vekten på en sammenstilling. Dette kom på 4 kg. Dette var med steppermotoren, snekkedrift og et konsept av braketter påmontert. Herfra brukte vi

$$T = T_M \cdot N \cdot n = 360Nmm \cdot 30 \cdot 0,4 = 4320 Nmm \quad (6)$$

Til å finne hvor mye snekkedriften kan gi, der T_m er motorens dreiemoment, N er antall tenner på snekkehjulet og n er virkningsgraden til snekkedriften. Dette tallet må være større en rotasjonsmomentet generert av toppstrukturen. Likningen for dette kan skrives

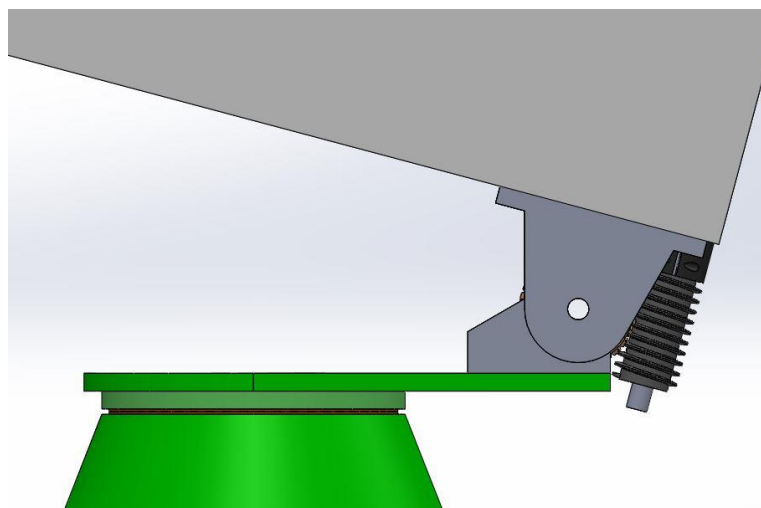
$$T = mgr = 4kg \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} \cdot 100mm = 3900Nmm \quad (7)$$

Der r er lengden fra massesenter. Dette tilsvarer nokså likt, og det ble tatt en avgjørelse på å kjøpe inn denne motoren og ta en test på dette oppsettet. Det ble også nevnt om man kunne sette på ett lodd som ville fungere som en motvekt. Dette ville da minsket momentarmen drastisk for å få likning 7 med en lavere verdi. Vi kikket på dette i Solid Works og lagde en kube av materialtypen jern, dette skulle representere loddet. Denne ble modellert til å ta opp resten av plassen som var igjen når toppstrukturens deksel var satt på. Uheldigvis endret dette på veldig lite. Siden momentarmen fra kuben til der snekkeskruen var hengslet var kort, ville dette gi svært lite utslag. Det ble bare et fåtall få centimeter forskjell i hvor massesenteret til toppstrukturen ble flyttet. Vi var da fullstendig avhengig å teste motoren for å se om den blir sterk nok til å motvirke rotasjonsmomentet til toppstrukturen.

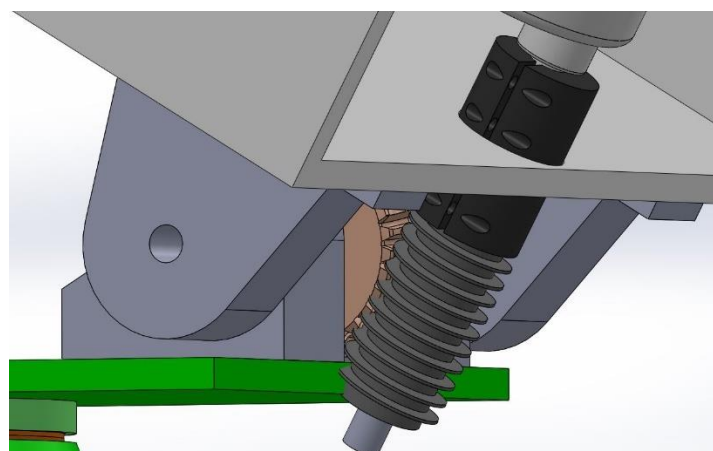
Etter vi hadde kjøpt den nye steppermotoren måtte vi løse en utfordring. Det måtte tas hensyn til steppermotoren sin indre hulldiameter som var mindre enn snekkeskruen sin. Førstnevnte hadde 5 mm hull og snekkeskruen hadde 6 mm hull. Vi sto ovenfor en utfordring. Etter mye betenkning fant man ut at det lureste var å kjøpe en ny akselkobling. Den som allerede var kjøpt hadde en 6 mm hulldiameter, og vurderingen var å kjøpe en på 5 mm og dreie opp halvparten av akselkoblingen. Dette må da blitt dreiet opp til 6 mm til få begge akslene som skal kobles sammen til å sitte presist i akselkoblingen. Dette endte vi med å gjøre i konstruksjon 3. Det fantes også en slik variant på internett men kostet fire ganger prisen av den første innkjøpte akselkoblingen.

Utkast til festepunkter

Herifra plasserte vi mekanismen med forlenget aksel inn i bakre del av toppstrukturen for å se hvilke muligheter for festepunkter ned mot bunnstrukturen vi hadde. Det første konseptet for festepunkter kan du se i figur 23 og 24. denne

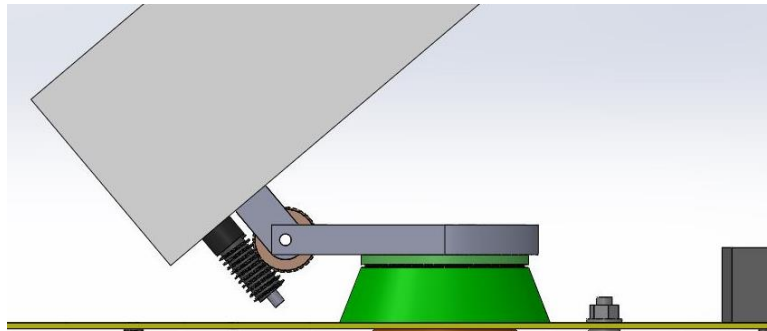


Figur 23: Første utkast til festepunkter.



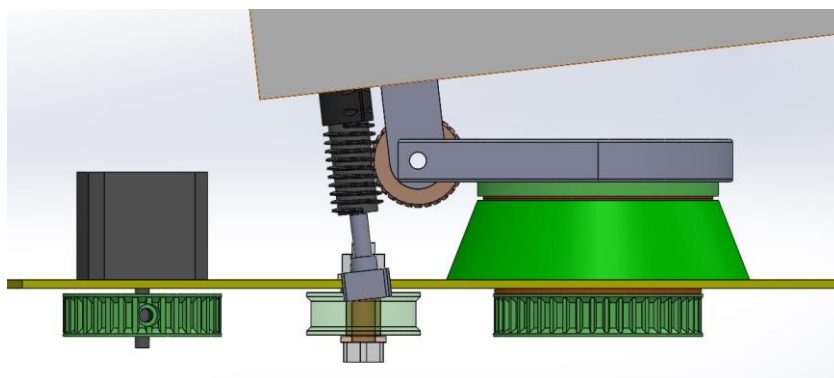
Figur 24: Nærbilde av utkast til festepunkter.

Som man kan se er dette fysisk umulig for mekanismen å elevere til 40° uten å treffe bunnplaten som fester bunnstrukturen og toppstrukturen sammen. Her trengs det en utarbeiding av designet for å få dette til. I figur 25 kan man se en endring av design i bunnbraketten. Der vi har hengslepunkter på siden, og tomrom i midten. Dette løste problemet med at snekkeskruen traff bunnstrukturen i 40° vinkel.



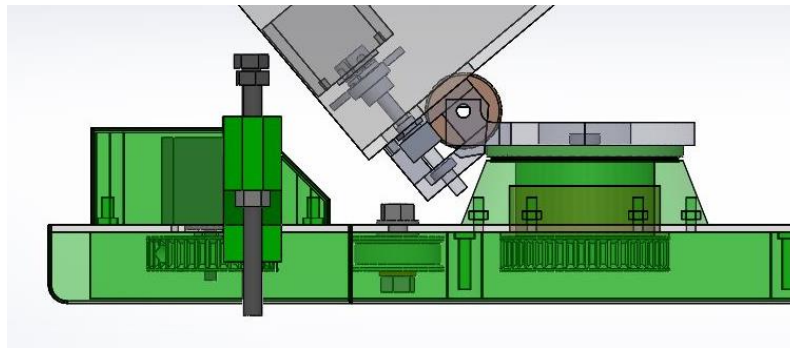
Figur 25: Endring av bunnbrakett.

I figur 26 kan man se at å plassere rotasjonsenkoderen i samme aksel som snekkeskruen fører til liten plass i aksial retning. Denne løsningen vil føre til kollisjon i bunnstrukturen og dette er ikke ideelt.



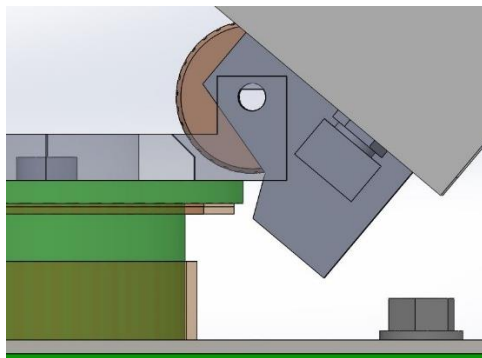
Figur 26: Rotasjonsenkoder plassert aksielt.

Vi så på et senere tidspunkt at modellen som er figur 26 gjorde at toppstrukturen ble plassert altfor høyt i forhold til bunnbraketten. Det ble funnet ut at en bukk uten en forhøyning var ideelt å bruke. Dette ser man i figur 27 der bukken er plassert under bunnbraketten og dette får hele toppstrukturen til å litt flatere og mer kompakt på bunnstrukturen.

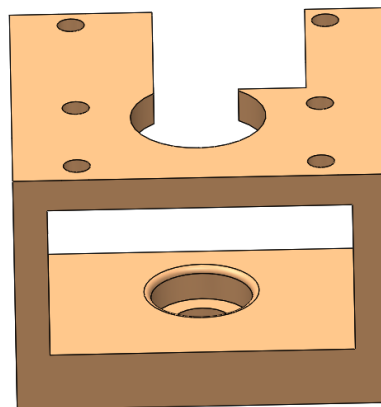


Figur 27: Designet bukk for elevasjon.

etter noen justeringer for å forsikre at bukken ikke treffer bunnbraketten ser bukken slik ut på figur 28. slik som den er der så er den i stand til å elevere til 40° uten at den kolliderer. I figur 29 ser man den ferdige bukken med festehull påsatt.



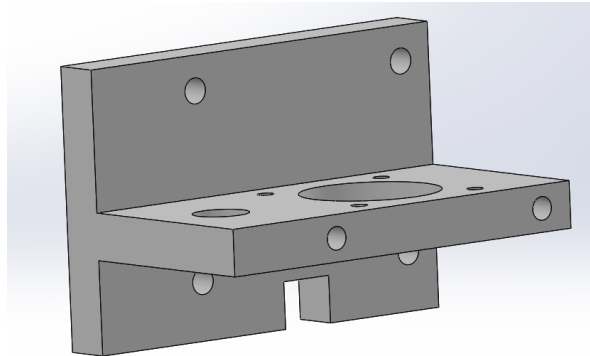
Figur 28: Justert bukk.



Figur 29: Ferdig design av bukk.

Etter hindringen med bunnbraketten ble løst var det designet en brakett som besto av en enkelt del for å holde steppermotoren, men også rotasjonsenkoderen. Denne braketten ville ha to store hull for å sikre at akslene til komponentene får tilgang til å festes i braketten og samtidig føre akslene ned. Denne braketten ble designet ut ifra festepunktene til brakettene som holder solenoid-ventilene lenger inn i toppstrukturen. I dette stadiet er det gunstig å finne ut hvordan rotasjonsenkoderen til elevasjonsmekanismen burde bli plassert. Den

åpenbare ideen var å plassere den ved siden av steppermotoren slik at plassen utnyttet i bredden av toppstrukturen. Dette var slik vi endte med å gjøre. vi lagde et utkast til braketten og figur 30 viser til dette.



Figur 30: Brakett for steppermotor og enkoder.

Det kom frem et design om å ha to tannhjul for å overføre rotasjonen fra steppermotoren til rotasjonsenkoderen. Her valgte man først å ha en utveksling som ga mest mulig oppløsning for rotasjonsenkoderen, som vi får til ved å velge utveksling som gir høyere hastighet på enkoderen i forhold til steppermotoren. Motoren vi valgte hadde 200 punkter på 360°. dette gir 1.8 punkter per grad. Dette fant man ut av var unødvendig fordi man har en utveksling fra snekkedriften på 1:30 som betyr 30 runder på snekkeskruen gir én runde på snekkehjulet. Med denne utvekslingen får man 1.8 punkter per grad delt på 30 som gir 0.06 grader per punkt. Dette gir enkoderen et detaljert å kartlegge hvor den ligger i vinkel når systemet skal bruke 0° - 40°.

Tannhjulene defineres i noe som heter modul. Rent matematisk betyr større modul færre tenner på samme *pitch*-diameter. Dette fører til hver enkelt tann blir større. Man kan ta i betraktning at det alltid vil være litt slark mellom tannhjul som er der fra produksjon. Så naturligvis kan man dra en konklusjon om at jo større modul man har vil denne slarken øke tilsvarende med størrelsen på tennene. Så i utgangspunktet er det mest gunstig å velge tannhjul av lav modul for denne enkoderutvekslingen. Vi så at RS Components tannhjul i riktig størrelse. Vi valgte som sagt 1:1 fordi dette tok minst plass, siden tannhjulene har samme størrelse. Noe utveksling ville gått utenfor toppstrukturen og da gått utover formlikhet. Det ble da kjøpt inn et tannhjul som figur 31 viser.



Figur 31: Tannhjul for enkoder. [9]

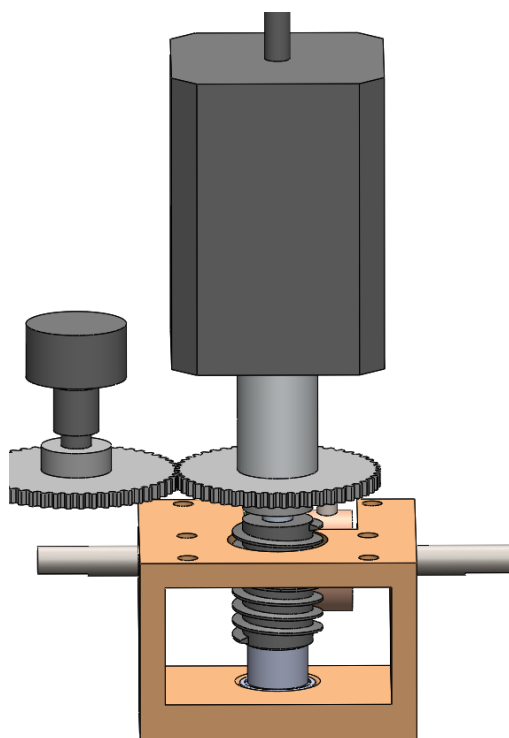
Dette tannhjulet fantes i metall og i POM-plastikk. Vi satte opp en tabell for å finne ut hva som er fordelene med de to tannhjulene. Tabell 10 viser fordeler og ulemper med de forskjellige tannhjulene.

Tabell 10: Sammenlikning av materiale for tannhjul.

	Fordeler	Ulemper
POM-plastikk tannhjul	Billig komponent, en tredjedel av prisen til metall	Må lage settskrue hull i plast
		Kan få en dårlig skrueforbindelse
Metall tannhjul	Allerede settskrue i tannhjulet	Dyr komponent

Etter sammenlikningen bestemte gruppen seg for å gå for POM-versjonen av tannhjulet. Dette sparte penger og vi visste at polyoxymethylene (POM) er en av de sterkeste plasttypene i industrien. Vi hadde god selvtillit for at en settskrue kunne gjenges inn i denne typen plast.

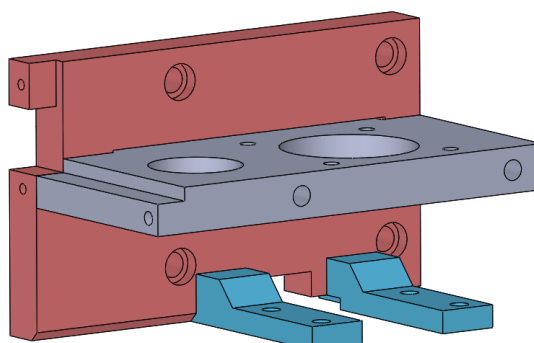
Konseptet kan vises som et oppsett som ser slik som i figur 32 viser. Her har vi satt sammen ideene og tankene til å få til en opplagring og et oppsett for enkoderen som kan være pålitelig



Figur 32: Oppsett for enkoder og opplagring.

6. Konstruksjon 3

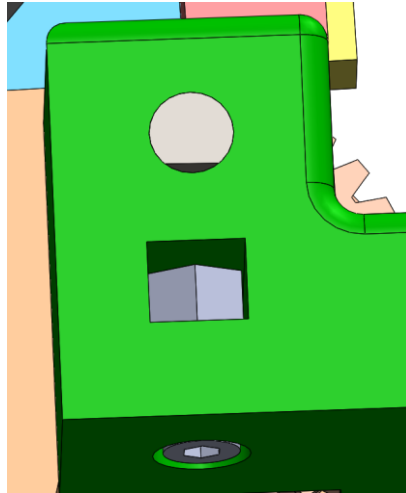
I kjølvannet av *RM002 – 3D-print research* ble braketten for steppermotor og enkoder oppgradert til å ta utnyttelse av 3D-printens sterkeste printretning. Dette førte til at braketten ble delt opp i en sammenstilling som ble valgt å kalle *0083 Assy Brakett elevasjonsmotor toppstruktur*. Denne ble delt opp i fire deler som man kan se i figur 33. denne ble så limt sammen med tokomponent resinbasert lim for den sterkeste forbindelsen. Dette limet består av en herder og et bindemiddel. Når disse to kombineres størkner limet til. Dette var av modellen Gorilla Epoxy. [10] Dette resinbaserte limet skal ifølge produsenten holde 240 kg/cm^2 . [10] Dette er mer enn nok til hva vi trenger.



Figur 33: Sammenstilling 0083 Assy Brakett elevasjonsmotor toppstruktur

Noe som ble løst i konstruksjon 3 var metoden for å feste snekkehjulstangen til bunnstrukturen. Vi så på flere design der kilespor og settskrue var de to konseptene som var

noe å diskutere videre. Settskruekonseptet ble tatt med videre bare fordi dette kunne implementeres med allerede eksisterende komponenter. Kilespor og kilen er man avhengig av å maskinere ut med presist verktøy. Dette kan vises i figur 34.



Figur 34: Settskruedesign.

6.1 Klargjøring av innkjøpte deler.

Montering av prototype 1 skjedde så fort komponentene vi designet var klare og innkjøpte deler hadde kommet. I konstruksjon 3 ønsket vi å gjøre litt bearbeiding av delene våre. som nevnt i slutten av konstruksjon 2 fasen måtte akselkoblingen dreies ut. Dette skjedde med hjelp av en erfaren studentassistent. Komponenten ble satt i den sentrerte chucken som vist i figur 35. herfra ble et bor på 5.8 mm kjørt sakte inn i komponenten som også var sentrert med chucken. Hvorfor det ble brukt dreiebenk istedenfor et manuelt bor til denne operasjonen var på grunn av dreiebenkens unike presisjon. Når to aksler skal passe sammen må dette være konsentrisk med hverandre. Figur 36 viser boret føres inn i akselkoblingen. Det er verdt å nevne seg at ved boring får hullet en større diameter enn borets diameter. Dette er på grunn av sponadskilling. Dette avhenger veldig av kvaliteten på boret og utstyr. Ved hjelp av dreiebenk vil boring være så presist som mulig.

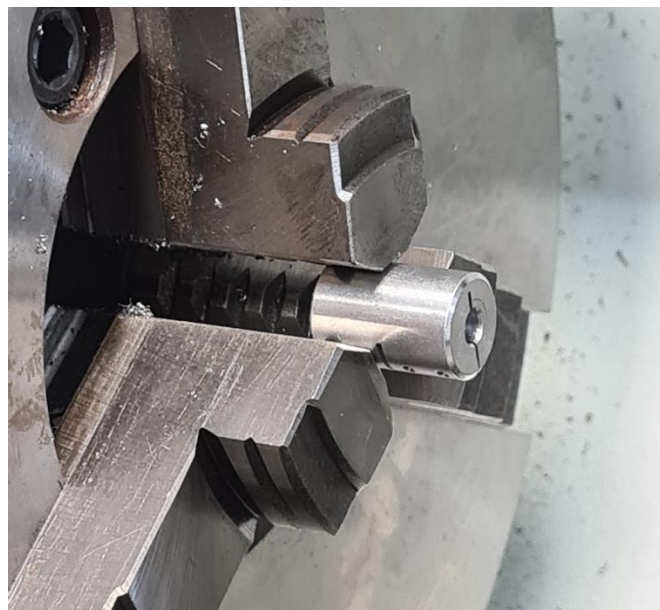
Materialfjerningsgraden MRR definert som volum per tidsenhet. Volumet av et bor kan skrives som

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \quad (8)$$

der D er diameteren på boret. Borets hastighet mot arbeidsstykket er et produkt av mating f som er distansen boret penetrerer per omdreining og omdreiningshastigheten N . dette kan skrives som

$$MRR = \frac{\pi D^2}{4} \cdot fN \quad (9)$$

og man ser her at matingen er direkte proporsjonal med materialfjerningsgraden. Siden dreiebenken er manuelt styrt, må man være påpasselig å ikke ha for høyt aksialt trykk. Dette er trykket som påføres ved boring. For høyt aksialt trykk kan bøye og knuse boret, men også forvrengte arbeidsstykket om dette ikke er festet godt nok. Aksialt trykk kan bli påvirket av både godsets fasthet, matingen, rotasjonshastigheten, skjærevæske og bor diameter. I vårt tilfelle hadde vi mykt aluminium som gods, men på den negative siden ble det ikke brukt skjærevæske. Så det ble tatt forsiktig mating for å kompensere for dette.



Figur 35: Akselkobling i chuck.



Figur 36: Bor i dreiebenk.

For å forsikre oss om at toleransene på akselkoblingen er høye, ønsker vi å bruke et enda mer presist verktøy. Brotsj er et bearbeidingsverktøy for metall og dette forbedrer kvaliteten på det forhåndsborede hullet. I vårt tilfelle var toleransen på denne 6 mm brotsjet H7. I figur 37 ser man forskjellen på et vanlig metallbor og en brotsj.



Figur 37: Brotsj til venstre og metallbor til høyre.



Figur 38: Forskjell på bor og brotsj.

Man ser tydelig at brotsjen har flere tenner som er i inngrep og dette fører til mer presisjon i hulldiameteren, som vist i figur 38. dette så vi etter etterarbeid og akselkoblingen satt meget presist rundt den 6 mm akselen vi hadde.

Det ble også gjort endringer i snekkeskruen. Man så i 3D modellen at en fåtall centimeter var i kontakt med snekkehjulet, og vi så dette på som en tanke på å spare plass. I figur 39 ser man nedkapp i lengden av snekkeskruen. Videre ble det satt på en fas. Dette betyr at bakenden av der vi dreiet ned blir plan. Etter det forsenket man hullet å få et godt utgangspunkt til å få akselen inn i snekkeskruen. Dette vises på Figur 40.

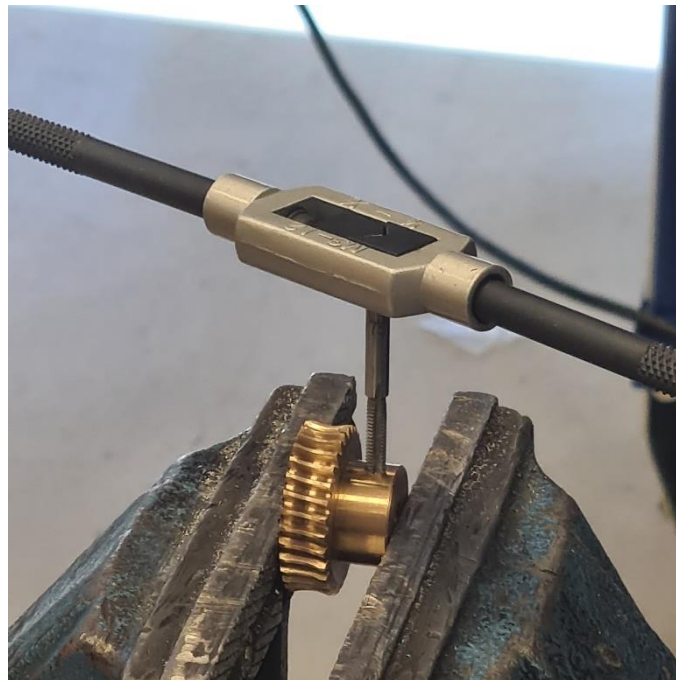


Figur 39: Kappet ned snekkeskrue.



Figur 40: Filt og forsenket snekkeskrue.

Snekkehjulet hadde ikke en settskrue fra før, så dette måtte lages for å forsikre at tannhjulet satt godt og var en del av akselen den satt rundt. Da ble det boret ned i senter med et bor med diameter 3.3 mm som var størrelsen funnet i en gjengetabell. [11] Deretter brukte vi en gjengetapp for å gjenge dette hullet så en M4 settskrue kunne plasseres. Dette ser man på figur 41. gjengetappen vi brukte var av standard 0.75 mm som tilsier at den beveger seg 0.75 mm nedover per omdreining. Dette er hva de fleste settskruer er designet for. Vi gjorde også samme metodikk for begge tannhjulene for rotasjonsenkoderen, dette kan ses i figur 42



Figur 41: Gjengetapp i snekkeskrue.



Figur 42: Hull for settskrue i POM-tannhjul

Deretter hadde vi et behov for å kappe den innkjøpte 0.4 m lange akselen vår til mindre deler. I 3D-modellen så man hvor lang hver stang skulle være og dette ble kappet med en vinkelsliper som vist i figur 43. Deretter måtte vi slipe ned kantene og midten på stangen som snekkehjulet skulle være på. Dette var så skruene som går gjennom muttere skulle få tak i stangen og låse den, samt settskruen til snekkehjulet skulle ha noe å gripe i.



Figur 43: Kutt med vinkelsliper.

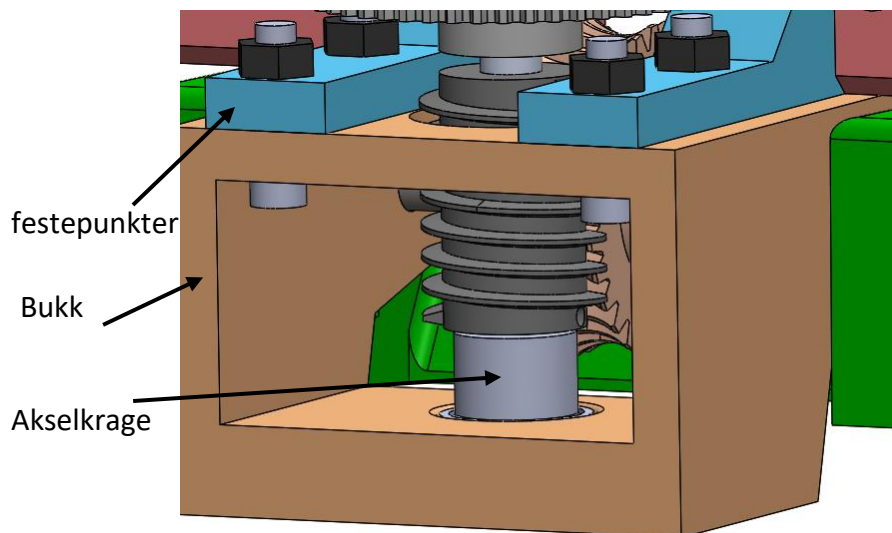
Nå som de innkjøpte komponentene er klare for montering mangler vi de 3D-printet delene. Figur 44 viser bukken som vi lagde i konstruksjon 2. Fra *RM002 – 3D-print research* vet vi at hulldiametere er noe mindre enn det de faktisk er modellert til. Derfor boret vi ut hullene hvor akslingen skal sitte, men også der kulelageret til snekkeskruens aksel sitter. Dette fører til et presist hull som kulelager og aksel kan plasseres i uten for mye slingringsmonn.



Figur 44: Boret ut hull til aksel for 0099 Bukk topp.

En annen ting gruppen ikke tenkte på var om et innhugg til låsering var mulig å produsere på verksted. Studentassistenten sa det var ingen verktøy tilgjengelig for å produsere et innhugg til denne på verkstedet til skolen. Så dette gjorde at et redesign måtte til. Heldigvis hadde det blitt innkjøpt en akselkrage som var akkurat for dette tilfellet. Man ble oppmerksom

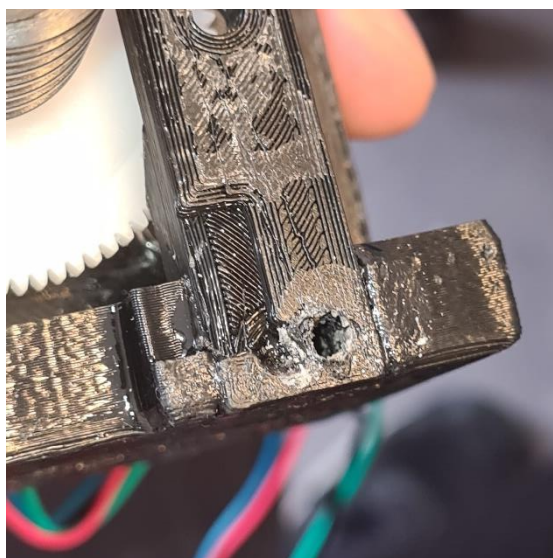
tidlig i designet at 6 mm aksel er en liten aksel og en låsering trenger et blad som er lite nok til å lage innhugget man trenger. Dette førte til en forlengelse i bukken for å få plass til denne akselkragen. Akselkragen er liten nok i diameter til å bare treffe indre diameter på kulelageret uten p være i kontakt med ytre diameter som holdes fast av komponenten rundt. I figur 45 ser man designendringen på bukken.



Figur 45: Forlengt bukk.

6.2 Montering og testing

I konstruksjon 3 monterte vi komponentene vi hadde bearbeidet. Det man trodde skulle være en enkel montering viste seg å bli en utfordring. Det som ikke ble vurdert i forkant var hvordan verktøy skal brukes for å montere komponentene sammen. Som man ser i figur 45 er det liten mulighet til å komme til med verktøy i underkant av bærebrakettene i blått. Først lot gruppen være å gjøre noe med utfordringen ettersom planen ikke var å demontere det altfor ofte. I figur 46 ser man bærebraketten limt inntil braketten for motor og enkoderen. Vi hadde problemer med synkroningen i OneDrive hvor 3D-modellene våre lå, der de konsentriske hullene som skruene skal gjennom ikke var konsentriske. Det virket som små justeringer ikke ble fanget opp og det ble gjort etterarbeid i 3D-modellen opptil flere ganger. I figur 46 var dette ikke fanget opp før komponentene ble sendt til 3D-print som gjorde at etterarbeid måtte forekomme. Det ble tatt en avgjørelse om å fylle igjen begge hull med det resinbaserte limet som ble brukt til å montere delene. Dette lot man tørke for så å bore hull gjennom for å få hullet på riktig sted. Dette ble boret ut med feil bor som førte til en forsinkelse i prosjektet. Dette måtte da limes igjen for så å bore opp igjen med riktig bor. Det skal sies at dette ikke fører til noe svakere komponent, med tanke på at limet er sterkere enn Ultimaker PLA, som er materialet komponenten består av.



Figur 46: Limt sammenstilling 0083 Assy Brakett elevasjonsmotor toppstruktur.

Under testing av elevasjonsmekanismen fant man ut at steppermotoren ikke klarte å repeterbart elevere toppstrukturen. Etter mye feilsøking og repeterte beregninger fant man ut at steppermotoren gjerne bare har 2/3 av kraften sin om den ikke blir programmert helt etter planen. Da var tallene i databladet om 360 Nmm ikke oppnåelige. Det ble besluttet at en ny steppermotor ble kjøpt inn. For å minske hvor mye redesign som måtte gjøres ble det funnet en motor som hadde akkurat de samme festepunktene så denne kunne gå rett inn på den eksisterende braketten. Eneste forskjellen her var høyden på motoren og at den hadde en aksel stikkende ut på andre siden. Figur 47 og figur 48 viser den gamle fremfor den nye.



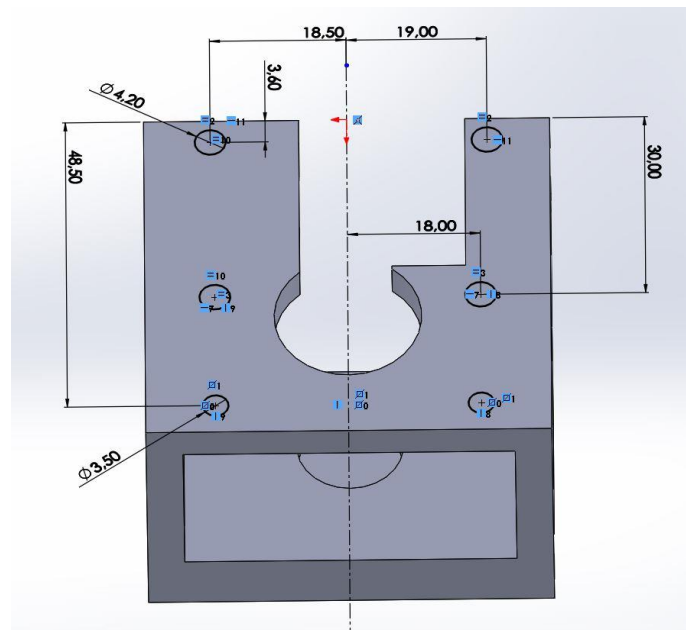
Figur 47: Gammel steppermotor til elevasjon. [8]



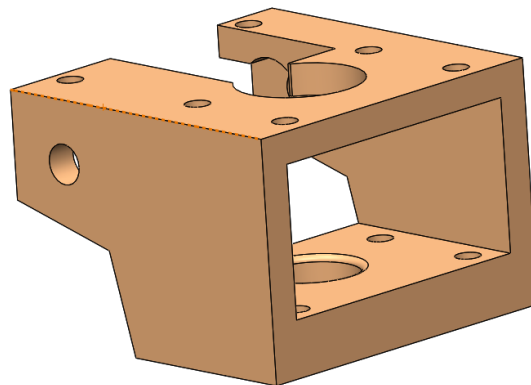
Figur 48: Ny stepper motor til elevasjon. [12]

Slutten av konstruksjon 3 når alt var testet med den nye stepper motoren ble det gjort et lite redesign på bukken, bærebrakettene og bukken. Komponentene førte til 0.5 mm forskyvning fra senter for hele elevasjonsmekanismen. Dette ble funnet ut da bakre deksel skulle montres på toppen og man kunne se akselen til den nye stepper motoren ikke var sentrert. For å montere den nye bukken enklere på igjen ble det laget hull rett under de eksisterende skruehullene så det skal være enklere å komme til med verktøy. Det ble også gjort endringer i hullstørrelse der de fremste hullene skulle bli montert med mutter med hull større enn skruene, mens hullene bak ble designet for å være mindre for å få skruene til å festes ordentlig i selve 3D-printen. Det er kommentert i *RM002-Rapport, 3D-print research* at hullene burde være 0.4 mm mindre enn hva hullet skal designes mot for å sikre solid feste.

Figur 49 viser modifisert hulldiameter for hvilken festemetode som er brukt for M4 skruer. I figur 50 ser man den nye braketten med hull i nederste plate for montering.

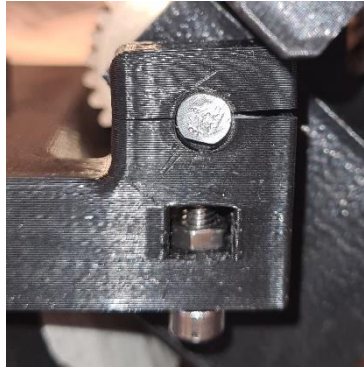


Figur 49: Hulldiameter for festemetode.



Figur 50: Redesign av bukk for montering.

Mens vi monterte 0078 bunn for midt la vi merke til at skruen som skal gjennom låsemutteren og presse mot akselen gjorde at toppen av braketten ble ødelagt. I figur 51 ser man hvor braketten sprakk, som følge av press fra settskruen opp på akselen, som videre førte akselen presset oppover på braketten.

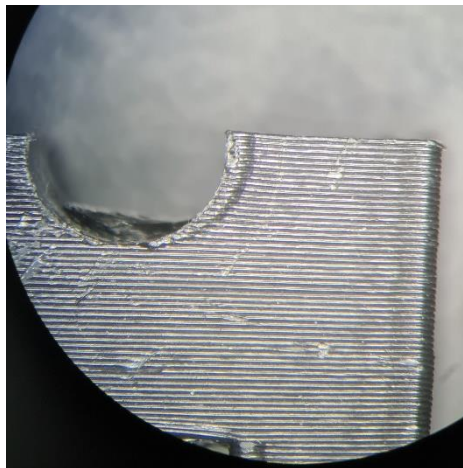


Figur 51: Brudd i 0078 bunn for midt.

Når vi ser på figur 52 har vi fjernet delen som sprakk opp og kan vi se hvordan utfyllingsmønsteret er i strukturen. Planen var at vi skulle ha tilsvarende 100% utfyllingsmønster på denne komponenten med tanke på FEM-analysene som er gjort. Hvorfor denne komponenten ikke hadde utfyllingen vi ønsket var fordi lab-ingeniøren på universitetet glemte dette under produksjon. Så det var veldig fint at komponenten ble printet av oss i gruppen så vi var sikre på at dette ble overholdt.

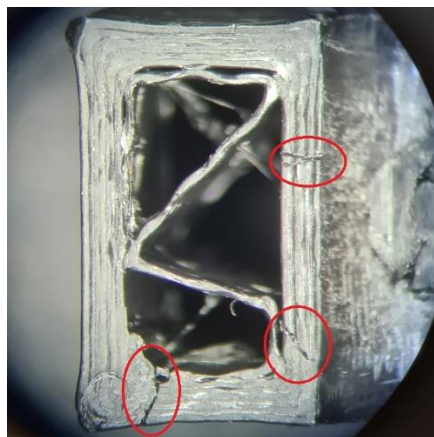


Figur 52: Innvendig mønster i brakett.



Figur 53: Brudd i brakett.

Vi valgte å se på bruddpunktet i mikroskop for å se om bruddpunktet faktisk var mellom lagene i 3D-printen. I figur 53 kan vi se at det er hele lag som er igjen på komponenten, noe som indikerer et brudd i adhesjonen mellom lagene. Vi ser også i figur 54 at det er tre punkter hvor bruddet skjedde langsetter lagene, noe vi ønsker i senere revisjon av komponenten siden lagene i seg selv tar opp lasten bedre enn adhesjonen mellom lagene.

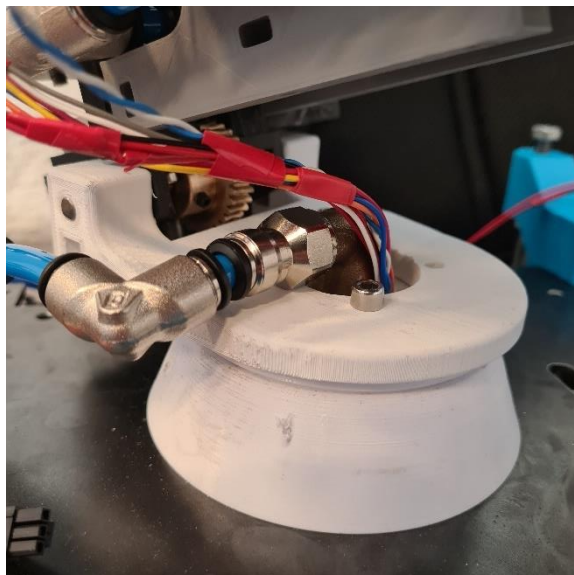


Figur 54: Punkter for brudd i bunnbrakett.

Vi utbedret designet til braketten etter at den røyk i montering. Det er verdt å nevne igjen at på grunn av at komponenten røyk i montering, så var dette den fullstendige kraften som komponenten ville bli utsatt med i det utsatte området. Settskruedesignet var laget for å presse mot akselen med så mye kraft at den motsto rotasjon. Dette ville gi en kraft på akselen som igjen ville presse vertikalt opp på braketten i området den røyk. Derfor ønsket vi å utarbeide en metode for å forsikre om oss at fremtidige deler ikke blir belastet på en slik måte at de kan svikte i båndet mellom lagene. Vi utvidet da rapporten *3D-print research* videre for å finne ut av hva vi kunne gjøre i programvare for å utvide mulighetene for å fordele kraften i retning av lagene på en bedre måte.

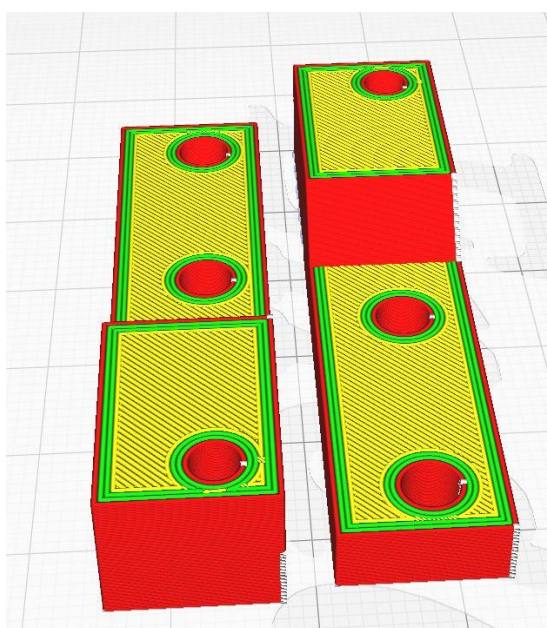
Vi utarbeidet som sagt bunnbraketten for å tåle belastningen. Figur 55 viser tykkere områder rundt akselen og tynnere områder rundt festepunktene. Dette ble modellert slik på grunn av

områdene med mye belastning trengte utbedring mens områder med lite belastning kunne fått mindre gods. Her trengs ikke hullet til den roterende koblingen fordi braketten blir slankere i dette området.

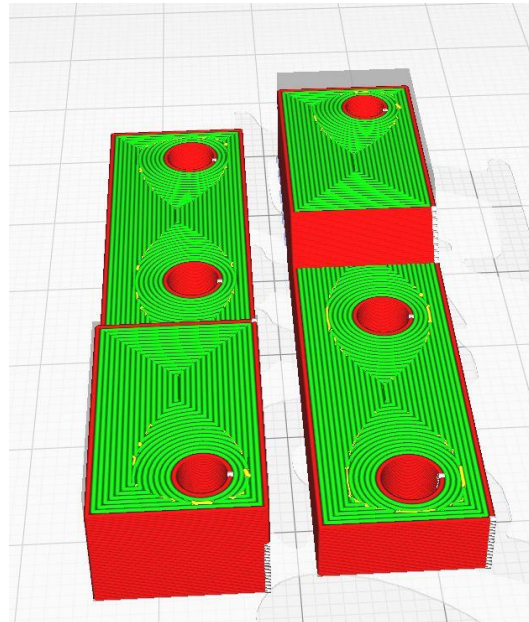


Figur 55: Utbedret bunnbrakett.

Etter utvidelsen av rapporten kom vi frem til hvordan vi skulle printe de forskjellige delene på nytt. Hvis vi tar i utgangspunktet komponenten 0076 bærebakett for elevasjonsmotor og ser at den første modellen ble printet med få antall vegger og heller mye innfyllingsmateriale. Med tanke på at denne vil oppføre seg som en momentarm, kan man ta i utgangspunktet at jo flere lag som er i retning av momentarmen så vil komponenten være sterkere. Figur 56 viser delen vi fikk printet fra universitetet mens figur 57 viser hvordan vi har innstilt programvaren for å legge lagene i ønsket retning.

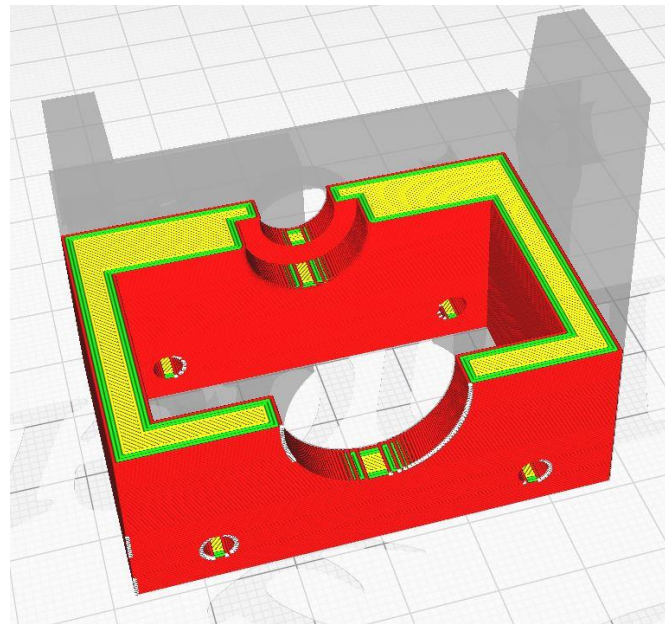


Figur 56: Standard metode for komponent

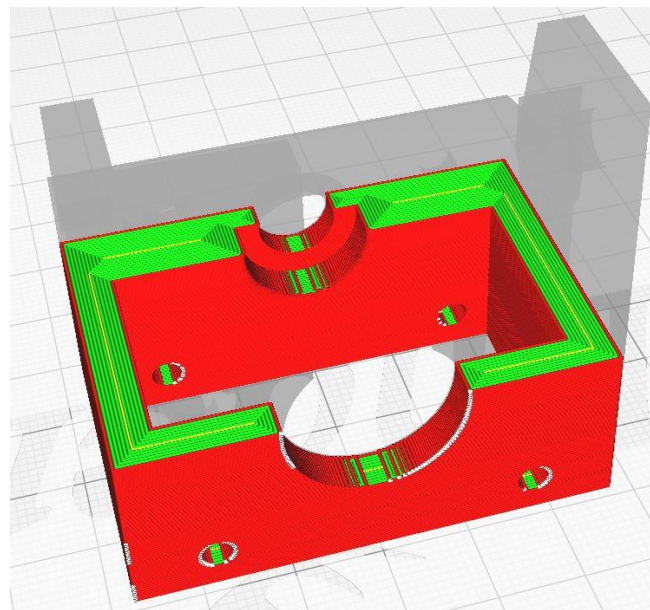


Figur 57: Egendefinert metode for komponent.

En annen komponent; *0099 Bukk topp* har også blitt printet på nytt i denne iterasjonen. Man kan se på figur 58 og i figur 59 at det mest hensiktsmessige er å printe komponenten med lagene i retning av snekkeskruen. Dette fører til mer last tatt opp av lagene i seg selv og ikke bindingen mellom lagene. Man kan argumentere for at figur 26 også har et godt utgangspunkt hvor hvert lag er 45° annen hvert lag. Vi så i RM002 – 3D-print research at dette ga en lavere maks belastning på prøvestavene enn om de var printet i retning av lastaksen. Det er da nærliggende å anta at dette vil skje i denne lastsituasjonen i tillegg. Vi så også i *RM008-Analyserapport*, *bukk* at stresskonsentrasjonen lå langt under flytegrense, men om det er muligheter for å forbedre produksjonsmetode er dette hensiktsmessig å la seg gjøre.



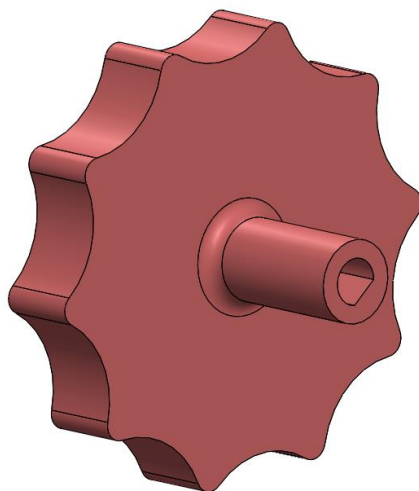
Figur 58: Standard metode for komponent.



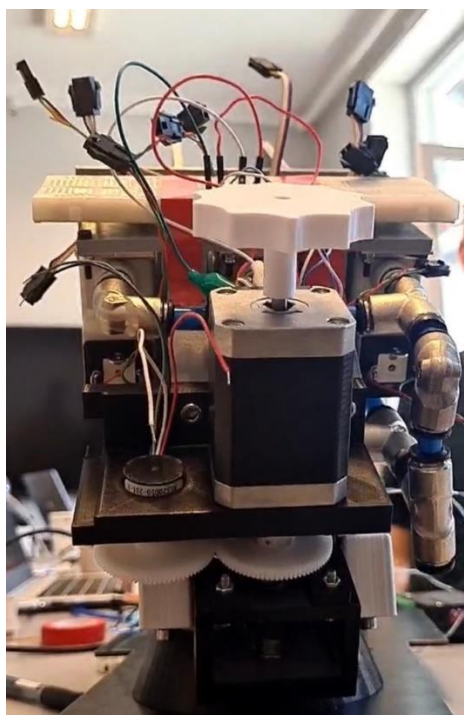
Figur 59: Egendefinert metode for komponent.

Under testing fant man ut at det var vanskelig å manuelt rotere akselen til steppermotoren mens vi manuelt gjorde justeringer i kode for å finjustere elevasjonsmekanismens vinkel. Den nye motoren hadde en utstikkende aksel som vi så på som en ulempe tidligere i konstruksjon 3 fasen med tanke på at et redesign av kassen rundt måtte gjøres. I dette stadiet ble det tatt en revurdering av hvordan vi kunne utnytte denne til å manuelt styre elevasjonen med denne akselen. Akselen hadde en plan flate som har muligheter til å brukes

som et festepunkt. Dette kom nyttig til ved å 3D-printe et manuelt elevasjonshjul. Figur 60 viser hvordan denne ser ut og figur 61 viser hvor denne er plassert.



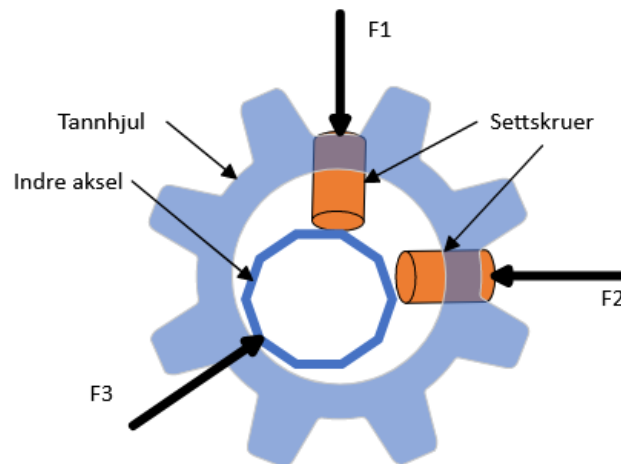
Figur 60: Manuelt elevasjonshjul.



Figur 61: Testing av elevasjonsmekanisme.

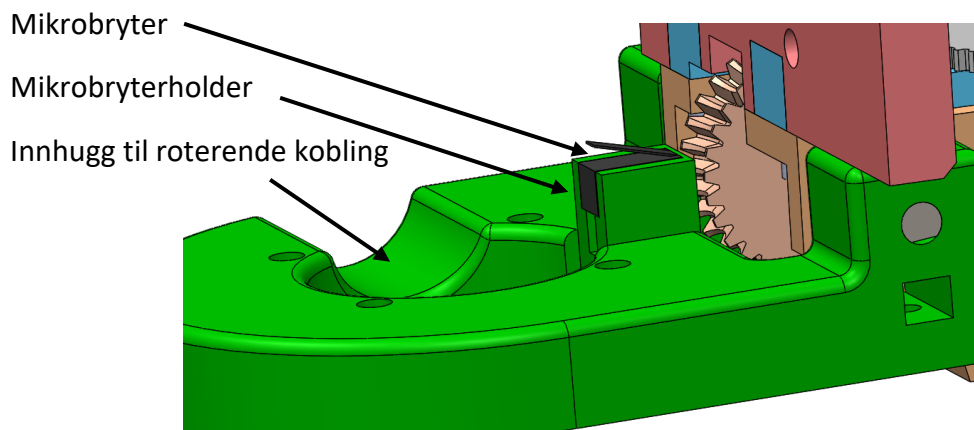
I figur 61 ser man også testingen av mekanismen. Her ser man også det manuelle elevasjonshjulet som ble brukt regelmessig gjennom testingen. Det ble observert at elevasjonsmekanismen fungerte bra etter at en steppermotor med nok dreiemoment ble montert. Det ble også observert en glipp i snekkehjulets settskrue. Selv med en slipt flate på akselen så settskruen kunne feste seg, så vi at rotasjonsmomentet fra toppstrukturen overvant settskruen. Derfor ble enda en settskrue montert i snekkeskruen. Hullet til denne

ble laget på lik måte som forrige settskrue, men ble plassert 90° fra forrige settskrue. I figur 62 ser man hvordan vi mener den beste måten for feste mot akselen kan oppnås. Her får vi både krefter fra begge settskruer, men også friksjonskraften fra aksel mot indre hull på snekkeskrue.



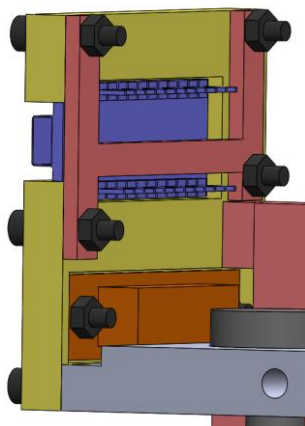
Figur 62: Settskrue med aksel og snekkehjul.

Senere i konstruksjon 3 ble det laget en oppgradert bunnbrakett hvor mikrobryteren som skal definere hvor nullpunktet til elevasjonsmekanismen ligger. Det ble funnet ut at den beste løsningen her var å 3D-printe braketten og holderen til mikrobryteren i hver sine omganger for så å lime dette sammen. Dette er for at vi kan manuelt justere holderen uten at en ny og større brakett trengs å lages. En annen oppgradering for bunnbraketten var å gjøre den tykkere. Dette hadde ingen annen hensikt enn at det estetisk så bedre ut enn braketten vi hadde justert ned vekten på i områder med lite påkjenning av kraft. I figur 63 ser man designet i Solid Works.



Figur 63: 0078 bunn for elevasjon. Oppgradert brakett.

I slutten av konstruksjon 3 fasen ble også en holder for mikrokontrolleren og kretskortet modellert. Dette er et simpelt design som ikke påføres noen krefter annet enn vekten av komponenten. Dette ble festet med M3 skruer i braketten for motor og enkoder. Figur 64 viser hvordan denne ser ut. Det ble også modellert tre hull på venstre side av braketten for feste av Arduino og kretskortet. Siden modellen allerede var laget, ble hullene etterarbeidet med bor for festepunkt.



Figur 64: 0090 Mikrokontroller og kretskortholder

7. Referanser:

[1] Johan S. Aspen, Maskindeler 1, side 280, publisert 1979.

[2] Rs Components (2022) hentet fra

<https://no.rs-online.com/web/p/worm-pinion-gears/5216812>

[3] Rs Components (2022) hentet fra

<https://no.rs-online.com/web/p/worm-pinion-gears/5218559>

[4] Maritim (2022) Hentet fra

<https://www.maritim.no/lasepinne-3mm-10-pack>

[5] Arvid Nilsson, (2022) Hentet fra

<https://shop.arvidnilsson.com/nb/ovrigt/pins/split-spring-pin/fjerende-rorpinne-slisset-a2.html>

[6] Rs Components (2022) hentet fra

<https://no.rs-online.com/web/p/couplings/4491135>

[7] Rs Components (2022) hentet fra

<https://no.rs-online.com/web/p/linear-shafts/7243406/>

[6] Ruland (2022) hentet fra

<https://www.ruland.com/maspx-20-20-f.html>

[8] Rs Components (2022) Hentet fra

<https://no.rs-online.com/web/p/stepper-motors/8928732>

[9] RS Components, (2022) hentet fra

[RS PRO POM 80 Teeth Spur Gear, 0.5 Module, 6mm Bore Diam, 40mm Pitch Diam, 14mm Hub Diam | RS Components \(rs-online.com\)](https://www.rs-online.com/web/p/RS-PRO-POM-80-Teeth-Spur-Gear-0.5-Module-6mm-Bore-Diam-40mm-Pitch-Diam-14mm-Hub-Diam)

[10] Bildeler, (2022). hentet fra

https://www.bildeler.no/lim/v/60786#vare_beskrivelse_show

[11] Verktøybutikken, (2022) hentet fra

<https://verktoybutikken.no/gjengetabeller/>

[12] Rs Components (2022) hentet fra

<https://www.elfadistrec.no/no/trinnmotor-800mm-2300min-sup-sup-nema-17-sanyo-denki-sf2424-10b11/p/30223848>

ML003 – Utviklingsrapport, avfyring og toppstruktur

Dokumentbeskrivelse

Dette dokumentet beskriver utviklingsprosessen til avfyringsmekanismen og toppstrukturen, og begrunner konsept- og designvalg.

Revisjon	Skrevet av	Dato	Godkjent av
A	Simen Tråstadkjølen	11.03.2022	Martin Slettedal

Innhold

1. Introduksjon	4
2. Dokumenthistorie og referanser	4
2.1 Dokumenthistorie	4
2.2 Refererte dokumenter	4
3. Problemstilling og krav	6
4. Innledning og utdypning 1	9
4.1 Mål for iterasjonene	9
4.2 Undersøkelser av lignende systemer	9
4.3 Utforskede ideer	9
5. Utdypning 2	11
5.1 Mål i iterasjonen	11
5.2 Energilagring og avfyring	11
5.3 Kraftoverføring til prosjektil	12
5.4 Konsepter for å generere lufttrykk	14
5.5 Sammenligning av konsepter	17
5.6 Valg til første prototype	20
6. Konstruksjon 1	21
6.1 Mål for iterasjonen	21
6.2 Komponentvalg	21
6.3 Designløsning	22
7. Konstruksjon 2	23
7.1 Mål for iterasjonen	23
7.2 Detaljdesign av toppstruktur	23
7.3 Designalternativer	25
7.4 Beskrivelse av valgt design	31
7.5 Montering av fysisk produkt	34
8.0 Konstruksjon 3 og overgang	36
8.1 Mål for iterasjonene	36
8.2 Ferdigstilling av design	36
8.3 Fysisk produkt	39
8.4 Rekkevidde	40

9.0 Referanseliste	40
--------------------------	----

Figurliste

Figur 1: Prinsipp for stempel og sylinter-mekanisme drevet av fjær.....	10
Figur 2: Stempel/sylinter-mekanisme for hvert kammer.....	10
Figur 3: Felles stempel/sylinter-mekanisme.	10
Figur 4: Prosjektil inne i avfyringsrør/løp.....	13
Figur 5: Prosjektil utenpå avfyringsrør.....	13
Figur 6: CO ₂ -patroner.	15
Figur 7: Oversikt over system basert på trykkluftkompressor og tank.....	16
Figur 8: Stempel i bakre posisjon.	16
Figur 9: Stempel i fremre posisjon.	17
Figur 10: Magnetventil, SMC VX210MG.....	22
Figur 11: Rotasjonskobling/svivel for luftoverføring.....	22
Figur 12: Indre komponenter i toppstruktur fra konstruksjon 1.	23
Figur 13: Designvariant 1.....	25
Figur 14: Designvariant 2.....	26
Figur 15: Designvariant 3.....	27
Figur 16: Designvariant 3.....	27
Figur 17: Designvariant 4.....	28
Figur 18: Plassering av ventiler i designvariant 4.	28
Figur 19: Designvariant 5.....	29
Figur 20: Plassering av ventiler i designvariant 5.	29
Figur 21: Valgt designløsning for avfyringsmekanisme og oppbygning av toppstruktur.	31
Figur 22: Oppbygning av valgt design.	31
Figur 23: Oppbygning av avfyringsmekanisme i toppstruktur.	32
Figur 24: Utvendige deksler for toppstruktur.	33
Figur 25: Bærebjelker i toppstrukturen.	33
Figur 26: Montert avfyringsmekanisme forfra.....	34
Figur 27: Montert avfyringsmekanisme bakfra.....	35
Figur 28: Oppboring av hull i frontplate.....	35
Figur 29: Skillevegger mellom kamrene, med prosjektildetektorer.	36
Figur 30: Til venstre: Mekanisk sikring. Til høyre: Mekanisk sikring montert foran i toppstruktur.	37
Figur 31: Komplet oppbygning av avfyringsmekanisme i toppstruktur.	38
Figur 32: Komplet sammenstilling av toppstruktur og midtstruktur.....	38
Figur 33: Monterte skillevegger med prosjektildeteksjon.	39
Figur 34: Ferdig montert toppstruktur uten deksler.....	39

Tabelliste

Tabell 1: Krav til avfyringsmekanisme.....	6
Tabell 2: Ulike energilagingsformer for avfyringsmekanismer.....	11
Tabell 3: Kriterier for sammenligning av konsepter.....	18
Tabell 4: Sammenligning av konsepter.	19
Tabell 5: Teknisk data for vurderte magnetventiler.	24

1. Introduksjon

Hensikten med dette dokumentet er å beskrive utviklingsprosessen for avfyringsmekanismen og toppstrukturen. Dokumentet beskriver og begrunner valg av konsepter og design. Avfyring er en av hovedfunksjonene i systemet, og valg av løsning og utformingen til avfyringsmekanismen er derfor sentralt i design av systemet.

Dokumentets oppbygning følger prosjektets iterasjoner. Hver del beskriver den utviklingen av avfyringsmekanismen og toppstrukturen som fant sted i den iterasjonen.

2. Dokumenthistorie og referanser

2.1 Dokumenthistorie

Revisjon	Beskrivelse	Dato
A	Nyopprettet	11.03.2022

2.2 Refererte dokumenter

Tittel	Revisjon	Utgiver
KS001 – Kravspesifikasjon	B	Project Mini Launcher
RM001 – Rapport, prosjektilbaner	A	Project Mini Launcher
RM003 – Rapport, research avfyring	A	Project Mini Launcher
RM004 – Rapport, testing av prosjektiler og ventiler	A	Project Mini Launcher
ML002 – Utviklingsrapport, elevasjon	A	Project Mini Launcher
EL009 – Rapport, trykkregulering	A	Project Mini Launcher

ML003 – Utviklingsrapport, avfyring og toppstruktur

RM005 – Analyserapport, sikkerhetslokk	A	Project Mini Launcher
EL011 – Rapport, avfyriingskrets	A	Project Mini Launcher
EL007 – Rapport, prosjektildeteksjon	A	Project Mini Launcher

3. Problemstilling og krav

Systemet skal ha en avfyringsmekanisme i toppstrukturen som kan avfyre seks prosjektiler. Det er opp til gruppen å velge konsept og løsning for avfiring, samt prosjektiler som skal avfyres. Utviklingsprosessen for prosjektilene er beskrevet i eget dokument: RM009 – Rapport, prosjektildesign.

I tabell 3 vises de kravene som har betydelig innvirkning på valg og design av avfyringsmekanismen i systemet, sett fra et mekanisk perspektiv. Kravene er hentet fra KS001 – Kravspesifikasjon. Krav til GUI og operatørens interaksjon med systemet er ikke tatt med, med mindre de har en innvirkning på hvordan avfyringsmekanismen må utformes fysisk.

Tabell 1: Krav til avfyringsmekanisme.

Krav-ID	Beskrivelse	Prioritet
FK1-0	Systemet skal være formlik 3D-modell gitt av KDA.	A
FK4-0	Systemet skal ha seks (6) prosjektiler i toppstruktur.	A
FK4-1	Systemet skal kunne utløse seks (6) prosjektiler fra toppstruktur.	A
FK4-2	Systemet skal kunne justere prosjektillets rekkevidde som en funksjon av kraft.	C
FK4-3	Systemets prosjektiler skal kunne utløses mot mål innenfor avstander mellom 3 meter og 10 meter fra systemet.	A
FK4-4	Systemet skal kunne treffe et mål innenfor en radius på 30 cm med 10 meters avstand.	B
FK6-5	GUI skal vise status om hver «canister».	B
FK7-0	Systemet skal ha en ren mekanisk sikring av prosjektiler.	A
FK7-1	Systemet skal ha en elektrisk bryter for sikring av prosjektiler.	B
FK8-0	Systemets lengde skal ikke overstige 500 mm.	B
IFK3-0	Systemet skal ikke være en risiko for helse, miljø og sikkerhet.	A

Krav om formlikhet (FK1-0) sier ikke direkte noe om avfyringsmekanismen, men er likevel avgjørende ettersom avfyringsmekanismen må være plassert innenfor den utvendige geometrien dette kravet fastsetter.

Krav om seks prosjektiler i toppstruktur og evne til å utløse disse (FK4-0 og FK4-1) er viktige for å definere hvordan avfyringsmekanismen og toppstrukturen vil være oppbygd. Tolkningen av dette er at det skal være et prosjektil klart til avfiring i hver de seks canisterne. Disse prosjektilene skal kunne avfyres fortløpende basert på kommando gitt gjennom GUI, og det skal ikke være nødvendig å manuelt gjøre noe på selve launcheren

mellom disse seks avfiringene. Det skal være mulig å lade launcheren med nye prosjektiler etter avfiring, men det stilles ingen konkrete krav til hvordan dette skal gjøres eller hvor lang tid det skal ta. Vi ønsker å gjøre det enkelt for brukeren av systemet ved å minimere antall nødvendige steg i prosessen, og vi vil forsøke å gjøre denne prosessen intuitiv og idiotsikker.

Krav om justering av rekkevidde som funksjon av kraft (FK4-2) er et C-krav, og kommer ikke til å bli prioritert i første omgang. Vi kommer til å ha det i bakhodet igjennom valg og design av løsningen slik at vi kan implementere denne funksjonen senere. Tolkningen av dette kravet er at avfyringskraften er noe som skal kunne bestemmes gjennom GUI fortløpende, og ikke en fast innstilling som gjøres ved for eksempel lading av nye prosjektiler.

Krav om at prosjektiler skal kunne utløses mot mål innenfor avstander mellom 3 meter og 10 meter fra systemet (FK4-3) betyr at systemet på en måte må kunne justere hvor langt prosjektilet skal avfyres. Dette kan være gjennom justering av kraft, eller justering av elevasjonsvinkel. Systemet skal kunne avfyre prosjektiler så kort som 3 meter, og så langt som 10 meter, men det kan potensielt avfyre kortere og lengre, 3 og 10 meter er minstekrav.

Systemet skal kunne treffe et mål innenfor en radius på 30 cm med 10 meters avstand (FK4-4) er et presisjonskrav. Dette er et B-krav da dette er ønskelig men potensielt kan være utfordrende å oppnå. Dette krever at avfyringsmekanismen styrer prosjektilets retning godt, og at mekanismen avfyrrer prosjektilene med lik utgangshastighet hver gang. I tillegg krever dette kravet presisjon fra rotasjon og elevasjon. Tidlig i prosjektet ble det utført utregninger på hva dette kravet krever av presisjon fra de ulike mekanismene i systemet. Dette er dokumentert i RM001 – Rapport, prosjektilbaner.

GUI skal vise status om hver «canister» (FK6-5) er ikke et krav til avfyringsmekanismen direkte, men det kan være nødvendig å ta hensyn til dette kravet ettersom det kan være ønskelig med sensorer som gir styringssystemet signal om prosjektiler er til stede eller ikke i «canisterne». Merk at dette er et B-krav.

Systemet skal ha en ren mekanisk sikring av prosjektiler (FK7-0) er et krav som går på sikkerhet. Det som er ment med kravet er at noe fysisk skal kunne plasseres slik at det blokkerer prosjektilene fra å kunne avfyres, uavhengig av signal fra styringssystem. Oppdragsgiver har uttrykt at de ser for seg et lokk som plasseres foran «canisterne» som manuelt fjernes før avfiring, eller noe lignende.

Systemet skal ha en elektrisk bryter for sikring av prosjektiler (FK7-1) er også et krav som går på sikkerhet. Det som er ment er at det skal være en fysisk bryter på launcheren som hindrer avfiring fra å skje, men som fremdeles tillater at launcheren er aktiv (kan rotere, elevare osv.) Vi mener den sikreste måten å løse dette på er å ha en bryter som kutter strøm fra mikrokontroller til aktuatorene som styrer avfiring direkte. Dette er sikrest ettersom det da ikke kan oppstå programvarefeil eller feilkommando gjennom GUI som kan unngå denne sikringen. Merk at dette er et B-krav, og at det er et separat system fra den mekaniske sikringen.

Kravet til systemets total lengde (FK8-0) har ingen direkte innvirkning på avfyringsmekanismens funksjon. Dette kravet er likevel av stor betydning ettersom dette sammen med formlikhetskravet gir de geometriske begrensningene avfyringsmekanismen må passe innenfor.

Systemet skal ikke være en risiko for helse, miljø og sikkerhet (IFK3-0). Dette er et veldig generelt krav. I forbindelse med avfyringsmekanismen er det viktigste resultatet av dette kravet at avfiring av prosjektilet ikke skal kunne påføre skade på mennesker eller omgivelsene. Vi ønsker å bruke prosjektiler som er lette og myke nok, og har lav nok hastighet, til at en ikke blir skadet av et direkte treff. Unntaket er skade på øyne, ettersom en avfyringsmekanisme som tilfredsstiller øvrige krav og som ikke kan skade øyne ikke er praktisk mulig. Et viktig HMS-tiltak vil være god beskrivelse i brukerveiledning av hvordan systemet skal brukes riktig og sikkert, samt krav til verneutstyr.

4. Innledning og utdypning 1

4.1 Mål for iterasjonene

I iterasjonene innledning og utdypning 1 var hovedfokus i prosjektet på forberedelser og prosjektstyringsoppgaver. Mål for det tekniske arbeidet var å få en god forståelse av problemstillingen og undersøke ulike konsepter og komponenter. Dette danner grunnlaget for nærmere vurdering og valg av konsept i iterasjonen utdypning 2.

4.2 Undersøkelser av lignende systemer

Ideene utforsket i innledning og utdypning 1 baserte seg på å undersøke eksisterende systemer. Det finnes flere eksisterende systemer som løser lignende problemstillinger. Vi undersøkte følgende lignende systemer:

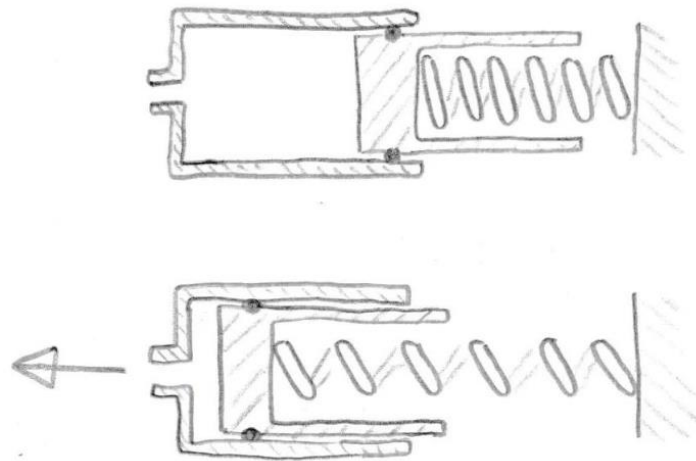
- Luftgevær
- Softgun
- Nerf
- Spikerpistol

Disse systemene har til felles med Launcheren at de skal avfyre prosjektiler, eller lignende, og at de er i størrelse som ligner Launcheren. Disse systemene bruker lufttrykk til å overføre energi til prosjektilene. Metoden for å generere lufttrykk er derimot ulik mellom disse systemene.

4.3 Utforskede ideer

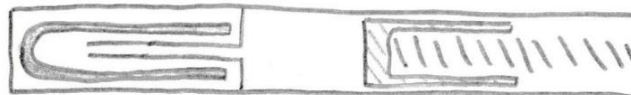
Ideene undersøkt i denne iterasjonen er basert på lufttrykk, slik som de lignende systemene vi undersøkte. Et alternativ til lufttrykk vil være å bruke et elastisk maskinelement, for eksempel en fjær. Eksempler på avfyringsmekanismer som er basert på elastiske elementer er buer og armbrøst. Grundig vurdering av andre alternativer til avfyring ble gjennomført i utdypning 2, og er derfor beskrevet i kapittelet tilhørende denne iterasjonen.

Metoden som hovedsakelig ble utforsket var å bruke stempel og sylinder for å skape lufttrykk. Dette er løsningen som er brukt i softgun, Nerf og enkelte elektriske spikerpistoler. Her spennes en fjær når stempelet trekkes tilbake, og når fjæra slippes skyves stempelet gjennom sylindren og skaper lufttrykk som avfyrrer prosjektilet. Tanken med å bruke en slik mekanisme er at den vil være kompakt, og dermed kunne få plass inne i selve Launcheren toppstrukturen. Prinsippet er vist i figur 1.

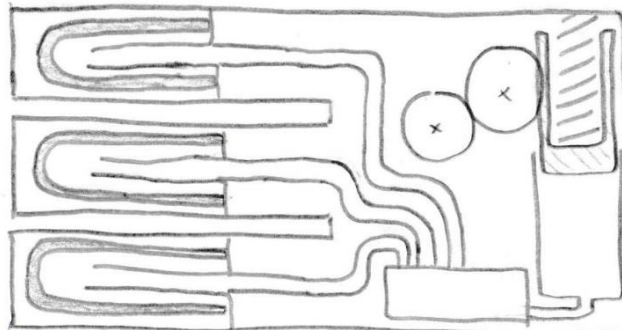


Figur 1: Prinsipp for stempel og sylinder-mekanisme drevet av fjær.

To måter å bruke en slik mekanisme på er vist i figur 2 og figur 3. Figur 2 viser separat stempel og sylinder for hver canister og prosjektil. Figur 3 viser sentralt stempel og sylinder med en fordelingsblokk med ventiler ut til hver canister og prosjektil. Ettersom dette konseptet bare har en fjær er det sannsynligvis bedre mulighet for automatisk opptrekking av fjæra, noe som også vil være en forutsetning for at denne løsningen skal være praktisk. Automatisk opptrekking av fjæra kan være mer problematisk med separate mekanismer, som vil kreve separate 6 fjærer. Sirklene i figur 3 representerer tannhjul som trekker stempelet tilbake, ved at den er i inngrep med en tannstang på siden av stempelet. Dette er mekanismen som brukes i softgun for automatisk opptrekking av fjæra. Opptrekkingsmekanismen drives av en elektrisk motor. Ulempen med metoden vist i figur 3 er at den er kompleks og er plasskrevende i toppstrukturen.



Figur 2: Stempel/sylinder-mekanisme for hvert kammer.



Figur 3: Felles stempel/sylinder-mekanisme.

5. Utdypning 2

5.1 Mål i iterasjonen

I iterasjon utdypning 2 hadde vi som mål å evaluere ulike konsepter, for så å velge et konsept som vi ønsket å bruke til prototype 1. Vi ønsket å lage skisser, 3D-modell og se på komponenter nødvendige for konseptene. Viktig i denne iterasjonen var å vurdere aktuelle konsepter opp mot hverandre.

5.2 Energilagring og avfyring

Det er flere måter å avfyre et prosjektil. Det som er prinsipielt likt for alle, er at de må kunne lagre energi for så å overføre denne energien til prosjektilet effektivt på kort tid. Både lagring av energi, og overføring til prosjektilet kan gjøres på flere ulike måter. Noen alternativer som brukes for energilagring i forbindelse med avfyring i ulike sammenhenger er beskrevet kort i tabell 4.

Tabell 2: Ulike energilagingsformer for avfyringsmekanismer.

Energiform	Beskrivelse	Eksempler
Elastisk energi	Et elastisk mekanisk element blir oppspent, og energien overføres til prosjektilet når elementet slippes fri. Energioverføring kan være direkte, eller gå via f.eks. luft.	Bue, armbrøst, Nerf, Softgun ol. (Stempel og sylinder drevet av fjær).
Kjemisk energi	Kjemisk lagret energi som gjerne omdannes til termisk energi og dermed trykk gjennom en forbrenningsprosess.	Kruttdrevne våpen og raketter.
Gasstrykk	Energi lagret ved komprimert gass i en beholder. Frigjøres gjerne ved at gassen virker direkte på prosjektilet.	Paintball og spikerpistoler, enten med trykkluftkompressor og CO ₂ -patroner.
Stillingsenergi	Energi lagres ved stillingsenergi, altså masse som heises til en høyde. Frigjøres ved at massen faller nedover.	Katapult og blide (også kjent som «trebuchet»).
Elektrisk energi	Elektromagnetiske kanoner, Gausskanon og Railgun. Elektrisk energi skaper en stor strøm gjennom spoler som igjen skaper magnetfelt som akselererer prosjektilet.	Lite brukt i praksis, men blir eksperimentert med.

En katapultlignende mekanisme basert på stillingsenergi er problematisk på grunn plassen dette vil ta og fasongen, som vil gå utover formlikheten til launcheren. Oppdragsgiver har vært tydelige på at de ikke ønsker noe med forbrenningsprosesser som for eksempel krutt.

Elektromagnetiske kanoner er en interessant teknologi, men har som ulemper at de generelt krever mye plass, de må bruke metalliske prosjektiler og de krever stor elektrisk effekt. De to alternativene fra tabellen som da gjenstår er lagring og frigjøring av energi fra gasstrykk og fra elastisk deformasjon.

5.3 Kraftoverføring til prosjektil

Ved lagring av energi som gasstrykk, enten det er på en trykklufttank eller i en CO₂-patron, er det naturlig å bruke gasstrykket direkte for å avfyre prosjektilet. Dersom energien lagres i et elastisk element, som en fjær, kan overføringen skje direkte mekanisk eller via luft. Stempel/sylinder-mekanismene i Nerf og softgun er eksempler på lagring av energi i et elastisk element og overføring til prosjektilet via lufttrykk. Grunnen til dette er nok at man muligens kan oppnå høyere hastighet på prosjektilet dersom stempelet har et stort tverrsnittsareal og flaten som lufttrykket virker mot på prosjektilet har et lite tverrsnittsareal. Da vil luften på vei ut i prosjektilet tvinges til å øke hastigheten. Dersom en fjær brukes direkte vil ikke prosjektilet kunne oppnå en høyere hastighet enn enden av fjæren får. Vi har derfor valgt å fokusere på mekanismer der overføringen av energi til prosjektilet skjer med luft.

Målet med avfyringsmekanismen er å gi prosjektilet høyest mulig utgangshastighet, ettersom hastigheten har direkte sammenheng med rekkevidden. Hastigheten til prosjektilet henger sammen med hvor mye bevegelsesenergi prosjektilet har når det forlater launcheren. Ligning 1 viser prosjektilets hastighet som en funksjon av bevegelsesenergien, der v er hastigheten i m/s, E er bevegelsesenergi i J og m er prosjektilets masse i kg.

$$v = \sqrt{\frac{2E}{m}} \quad (1)$$

Bevegelsesenergien prosjektilet får er lik arbeidet som gjøres på det av avfyringsmekanismen. Avfyringsmekanismen må derfor overføre mest mulig energi til prosjektilet ved å utføre arbeid på det. Arbeidet som gjøres på prosjektilet kan beskrives med ligning 2, der W er arbeid i J, F er kraft i N og s er strekning i m:

$$E = W = Fs \quad (2)$$

Når arbeidet på prosjektilet gjøres av lufttrykk mot en sirkulær flate vil kraften gis av ligning 3, der P er lufttrykket i Pa (måletrykk ikke absoluttrykk) og d er diameteren på flaten trykket virker på prosjektilet.

$$F = \frac{P\pi d^2}{4} \quad (3)$$

Dette gir følgende uttrykk for arbeidet utført på prosjektilet og utgangshastighet.

$$(4)$$

$$W = \frac{P\pi d^2 s}{4}$$

$$v = \sqrt{\frac{P\pi d^2 s}{2m}} \quad (5)$$

Merk at disse ligningene er en kraftig forenkling av virkeligheten. De gir likevel en tydelig indikasjon på hvilke faktorer som avgjør prosjektilets hastighet og hvordan disse henger sammen.

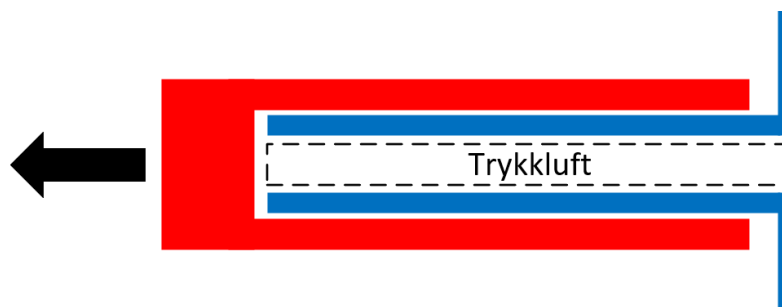
En faktor som vi ser er avgjørende for prosjektilets hastighet er avstanden prosjektilet påføres kraft fra avfyringsmekanismen. Dette er understøttet av funnene i RM004 – Rapport, research prosjektilavfyring. I denne testing fant vi at hvor langt ned på avfyringsrøret prosjektilene ble plassert hadde stor innvirkning på utgangshastigheten og dermed avfyringsavstanden. Denne lengden tilsvarer strekningen i ligningene.

I testingen fant vi også ut at Nerf-prosjektilet vi testet mistet mye fart etter at det oppsto en sprekk i skumgummien på ene siden. Vi tror årsaken til denne store endringen i fart før og etter sprekken oppsto kommer av at trykket slapp ut av prosjektillet som resultat av luftlekkasje ut sprekken. Hvor godt trykket holdes på bak prosjektillet gjennom hele akselerasjonen er en vesentlig faktor for fart og dermed rekkevidde, samt for variasjon i avfyringsavstanden mellom avfyringer.

To metoder for å holde trykk bak prosjektillet og akselerere det over en strekning er å ha prosjektillet inni et løp, vist i figur 4, og å ha et rør inne i prosjektillet, vist i figur 5. Her er rødt prosjektillet og blå løp eller luftrør.



Figur 4: Prosjektil inne i avfyringsrør/løp.



Figur 5: Prosjektil utenpå avfyringsrør.

Fordeler med figur 1 er at det er lett å få et stort trykkareal mot prosjektilet, og som vist i ligning gir dette større kraft, og derfor høyere hastighet for en størrelse på prosjektilet og gitt trykk. Ulempen med denne løsningen er at vi tror det kan være vanskeligere å «holde på» trykket bak prosjektilet. Dersom vi skulle ønske utvendig geometri på prosjektilet, som for eksempel styrefinner, vil dette vanskeliggjøres med denne løsningen.

Fordeler med figur 5 er at det er lettere å «holde på» trykket når det er inni selve prosjektilet og at denne løsningen tillater utvendig geometri på prosjektilet. Løsningen med avfyringsrør inne i prosjektilet er derfor det beste for systemet, spesielt ettersom oppdragsgiver har uttrykt at presisjon og repeterbarhet er prioritert over maksimal rekkevidde.

5.4 Konsepter for å generere lufttrykk

Den andre siden ved avfyringsmekanismen er å generere lufttrykket. For dette er det ulike alternativer. Et alternativ å ha en lufttank, eventuelt med en kompressor som del av systemet. Utskiftbar CO₂-patron er også et alternativ for å lagre trykk. Et annet alternativ er å ha et stempel og sylinder, slik som beskrevet i kapittel 3.

Basert på undersøkelsene i denne og tidligere iterasjoner ble det utviklet fire ulike konsepter som vi ser på som aktuelle. Disse bruker alle lufttrykk for å overføre energi til prosjektilet, men trykket genereres og leveres til prosjektilene på ulike måter. Disse konseptene er:

- CO₂-patron. Trykk lagret på patron i toppstrukturen.
- Lufttank. Trykk lagret på tank utenfor selve launcheren, eventuelt med en liten kompressor for automatisk oppfylling.
- Stempel/sylinder-mekanisme i hver canister.
- Felles stempel/sylinder-mekanisme for alle canistere.

Konsept 1: CO₂-patron

Et konsept er å bruke en CO₂-patron som monteres i toppstrukturen og er koblet opp med slanger eller rør slik at trykket fordeles til alle de seks canistene gjennom elektrisk styrte ventiler. Avfiring av prosjektilene styres ved å åpne ventilene. Når trykket på patronen blir for lavt må denne byttes ut.

En fordel med denne løsningen er at den kan være nokså kompakt og enkel. Det kreves heller ingen overføring av trykk mellom bunnstruktur og toppstruktur i systemet.

Utfordringer med dette konseptet er at dersom beholderen er i selve toppstrukturen er størrelsen på denne kraftig begrenset. Disse må derfor byttes ut etter et antall avfyringer som gjør at nye patroner må være tilgjengelige for å holde systemet i drift.



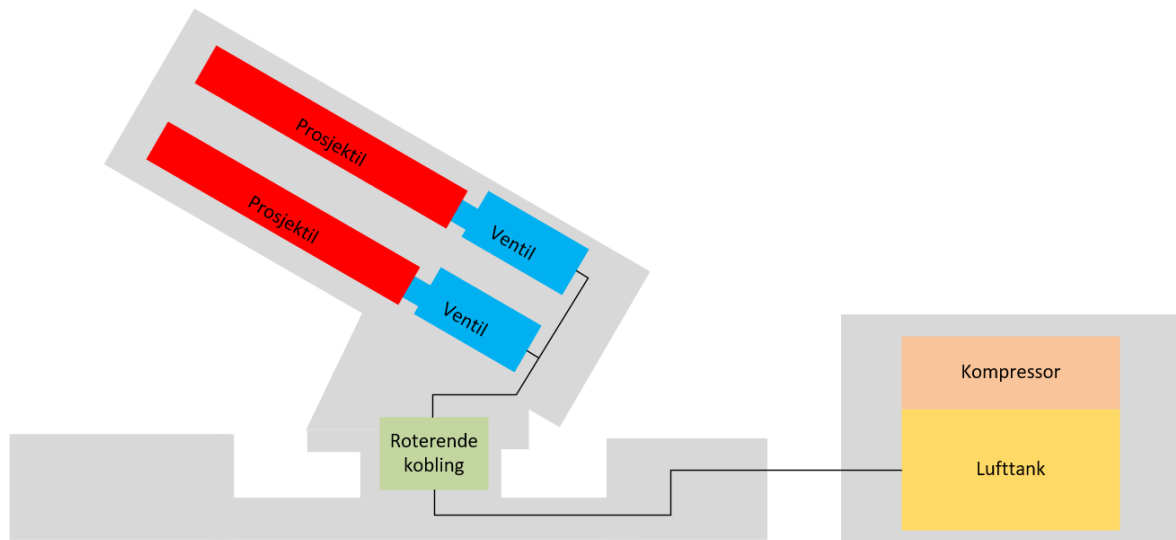
Figur 6: CO₂-patroner.

Konsept 2: Lufttank

Et annet konsept er å bruke en ekstern lufttank. Det kan også monteres en liten kompressor sammen med tanken slik at den fylles opp automatisk. Dette gjør systemet uavhengig av ekstern lufttilførsel. Konseptet med å bruke en kompressor og lufttank er vist i figur 7. Årsaken til at tanken og kompressoren er montert i en ekstern boks og ikke i selve øauncheren er at disse komponentene vil være for store for å få plass inne i launcheren. For å styre avfiringen har hvert prosjektil en magnetventil som åpner for trykkluften.

Med dette konseptet er det nødvendig med luftoverføring mellom toppstrukturen og bunnen av Launcheren. For at den skal kunne rotere fritt er det nødvendig med en kobling som gir mulighet for fri rotasjon i begge retninger. Utfordringen her er at denne koblingen må være i midten, og vil derfor ta plassen til en eventuell slepering for signaloverføring.

En fordel med dette konseptet er at kompleksiteten ikke er for stor og det kan benyttes komponenter som er lett tilgjengelige. Ulemper med denne løsninger er som nevnt er at det sannsynligvis vil være nødvendig å ha kompressoren og lufttanken utenfor selve Launcheren. Overføring mellom bunn og toppstrukturen vil også være en utfordring. En utfordring ved kompressoren og tanken er å finne eller sette sammen et oppsett som har riktig størrelse for denne applikasjonen, og som kan holde et konstant nok lufttrykk for å opprettholde presisjon i avfiringen.

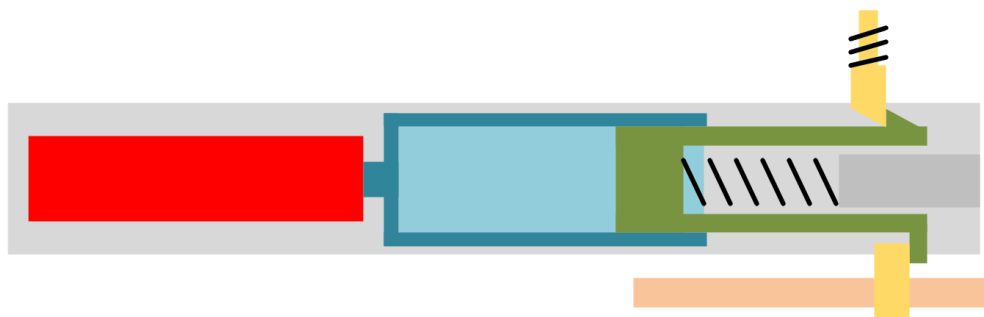


Figur 7: Oversikt over system basert på trykkluftkompressor og tank.

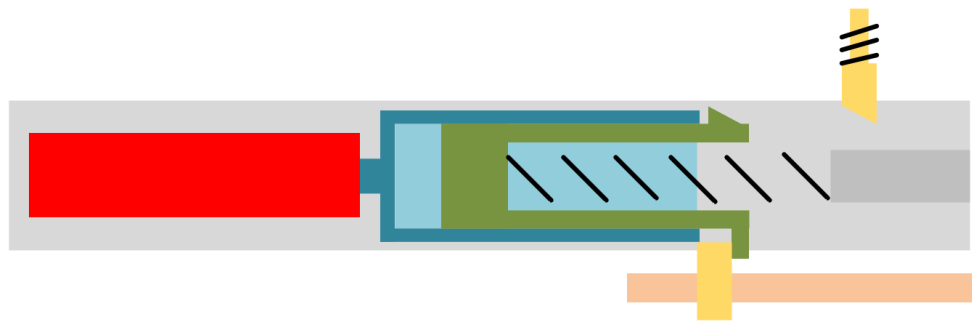
Konsept 3: Stempel og sylinder i hver canister

Dette konseptet bygger på ideene beskrevet i kapittel 4. Et konsept kan være å ha en sylinder og stempel i hver canister med enten manuell eller automatisk opptrekk av fjærene. Figur 8 og 9 viser en utforming av denne løsningen, der figur 8 viser stempelet i bakre posisjon med fjæra oppspent, og figur 9 viser stempelet i fremre posisjon. Rød er prosjektilet, blå er sylinderen og grønn er stempelet.

Over stempelet sitter en gul del som holder stempelet i bakre posisjon, og som trekkes opp med en solenoid og slipper stempelet og fjæra for å utløse prosjektilet. Under stempelet sitter en gul og er oransje del. Dette er fjæroppspenningsmekanismen, denne trekker stempelet tilbake til bakre posisjon der stempelet låses av øvre gul del. Så går gul del i oppspenningsmekanismen tilbake til fremre posisjon, og står klar for ny oppspenning. Her er det tenkt at denne mekanismen kan være en skruedrevet av en motor.



Figur 8: Stempel i bakre posisjon.



Figur 9: Stempel i fremre posisjon.

En løsning for oppspenning av fjærene, er at oppspenningsmekanismer er felles for alle canisterne. En mulig løsning kan være å ha en del som beveger seg frem og tilbake på skinner, eller lignende, som drives frem og tilbake av en skrue som dreies av en elektrisk motor. Da kan så mange av de seks prosjektilene man ønsker avfyres, så vil de avfyrte stemplene trekkes tilbake til bakre posisjon når lademekanismen går tilbake og frem igjen.

En fordel med å dette konseptet er at det går an å unngå å ha lufttilkobling til en ekstern kompressor. Hele avfyringsmekanismen og alt som tilhører kan være plassert inne toppstrukturen i launcheren. Det som er hovedutfordringene denne mekanismen er usikkerheten rundt hvor bra det vil fungere. Vi vet at det i prinsipper burde gå an å få til ettersom det er en mekanisme som blir brukt flere steder. De viktigste usikkerhetene er om vi greier å lage stempel og sylinder som er tett og som kan bevege seg jevnt frem og tilbake, om vi greier å lage en opptrekkingsmekanisme som fungerer, om løsningen greier å avfyre prosjektilene med høy nok hastighet til å oppnå ønsket rekkevidde og om det er repeterbart nok til å oppnå presisjonskravet.

Konsept 4: Felles stempel og sylinder for alle canistere

Dette konseptet er en variant av konseptet beskrevet over. Dette konseptet er også beskrevet i kapittel 4. Fordelene og ulempene er i stor grad de samme. Det er ikke opplagt hvilken av disse løsningene som er mest praktisk. En mulig ulempe med felles stempel og sylinder med fordeling og ventiler til hver canister, er at en betydelig del av trykket og energien kan gå tapt mellom utløpet av sylindere og prosjektilet. En mulig forenkling faktor kan være at denne mekanismen bare krever én stempel-sylinder-mekanisme med én tilhørende oppspenningsmekanisme. Til gjengjeld må denne oppspenningsmekanismen være raskere for å kunne avfyre en serie med seks prosjektiler uten pauser. Noe som også er verdt å merke med dette konseptet er at det er mulig å benytte flere ferdige komponenter, blant annet stempel og sylinder med oppspenningsmekanisme. Disse er tilgjengelige i handel ettersom de brukes i softgun.

5.5 Sammenligning av konsepter

Å sammenligne konseptene er utfordrende ettersom det er vanskelig å si noe sikkert om hvordan de vil fungere i praksis. Det er viktig å merke seg at det er betydelig usikkerhet knyttet til poengene gitt til flere av konseptene i forbindelse med enkelte kriterier. Tabell 5

viser en beskrivelse av kriteriene brukt i sammenligningen. Beskrivelsen forklarer også kort hva som er grunnlaget for en høy og lav poengsum for hvert kriterium.

Tabell 3: Kriterier for sammenligning av konsepter.

Kriterium	Beskrivelse
Treffsikkerhet	Konseptets evne til å avfyre prosjektilet med samme hastighet konsekvent, slik at prosjektilet treffer ved lik avstand hver gang. Mekanismer med færre variabler som kan endre utgangshastigheten fra avfiring til avfiring får høyere poengsum. Vektet lavt ettersom treffsikkerhetskrav har lav prioritet.
Rekkevidde	Konseptets evne til å avfyre projektiler langt. Konsepter som kan generere høyt lufttrykk og dermed påføre prosjektilet stor kraft for å akselerere det får høyere poengsum. Vektet høyt ettersom krav til dette har høy prioritet.
Kompakthet	Hvor plasskrevende avfyrimekanismen er i toppstrukturen. Konsepter som krever færre og mindre komponenter inne i toppstrukturen får høyere poengsum. Vektet høyt ettersom det er nødvendig for å oppnå krav til formlikhet og maksimal størrelse.
Teknisk usikkerhet	Usikkerhet/risiko knyttet til utvikling av design for konseptet. Løsninger som består av ferdige komponenter og som ligner løsninger som eksisterer allerede får høyere poengsum. Vektet høyt ettersom vi jobber innenfor en begrenset tidsramme og må ha en løsning som fungerer til slutt.
Selvstendighet	I hvor stor grad er Launcheren avhengig av eksterne greier. Dette er vektet lavt ettersom det ikke var noe krav om at den skulle være selvstendig.
Kompleksitet	Hvor mange komponenter er nødvendige og må virke sammen for å realisere konseptet. Kompleksitet er ikke gunstig ettersom det øker sannsynlighet for feil i design, tilvirkning, montering og gjør sluttproduktet mindre robust. Konsepter med færre deler og færre inngående bevegelige mekanismer får høyere poengsum.
Justerbarhet	Mulighet for å implementere justerbarhet for avfiring. Konsepter som lett kan utformes med justerbarhet får høy poengsum. Dette kriteriet er lavt vektet ettersom justerbarhetskravet har lav prioritet.

Tabell 6 er sammenligningen av konseptene for avfiring. På venstre side finner vi kriteriene og deres vektning. Poeng er gitt fra 1 til 5, der 1 av dårligst og 5 er best.

Tabell 4: Sammenligning av konsepter.

		Trykklufttank		CO ₂ -patron		Separat stempel		Felles stempel	
Kriterium	Vekt	Beskrivelse	P	Beskrivelse	P	Beskrivelse	P	Beskrivelse	P
Treffsikkerhet	10%	Få faktorer som påvirker prosjektilhastighet mellom avfyringer.	5	Ganske få faktorer som påvirker prosjektilhastighet mellom avfyringer.	4	Mange faktorer som fjær-oppspenning, friksjon.	2	Mange faktorer som fjær-oppspenning, friksjon, ventiler.	2
Rekkevidde	20%	Mye trykk tilgjengelig.	5	Mye trykk tilgjengelig.	5	Kan ikke skape høyt trykk.	1	Kan ikke skape særlig høyt trykk.	2
Kompakthet	20%	Bare ventiler i toppstruktur.	5	Ventiler og patron i toppstruktur.	3	Fjærer, stempler, sylindere og optrekking i toppstruktur.	2	Fjær, stempel, sylinder, optrekking og ventiler i toppstruktur.	1
Teknisk usikkerhet	20%	Komponenter og lignende systemer eksisterer.	5	Komponenter og lignende systemer eksisterer.	5	Lignende systemer finnes, men mye nytt må utvikles.	2	Lignende systemer finnes, men mye nytt må utvikles.	2
Selvstendighet	10%	Krever ekstern tank, som også må fylles på.	2	Krever bytte av patroner når denne er tom.	3	Krever ikke noe eksternt.	5	Krever ikke noe eksternt.	5
Kompleksitet	10%	Krever ventiler, tank og luftoverføring.	5	Krever ventiler og patroner i toppstruktur.	4	Krever mange bevegelige deler.	3	Krever mange bevegelige deler og ventiler.	2
Justerbarhet	10%	Mulighet for å regulere tilført lufttrykk.	5	Dårlig muligheter for justering.	2	Dårlig muligheter for justering.	2	Dårlig muligheter for justering.	2
Sum	100%	God på alt unntatt selvstendighet.	4,7	Ganske god, men tar større plass i toppen og dårlig justerbarhet.	3,9	God selvstendighet, men mange andre ulemper.	2,8	God selvstendighet, men mange andre ulemper.	2,1

5.6 Valg til første prototype

Vi valgte å gå for lufttank-konseptet for prototype 1. Dette konseptet fikk betydelig høyere vektet poengsum enn de andre konseptene. Dette er også en løsning som gir oss muligheten til å bygge prototypen relativt raskt og enkelt, og foreløpig bruke lufttilkobling fra en ekstern kompressor. Dette konseptet gir også gode muligheter for å teste avfiring underveis. Vi hadde opprinnelig også som plan å se litt videre på noen av de andre konseptene i senere iterasjonene, men dette ble ikke prioritert innenfor tidsrammen.

6. Konstruksjon 1

6.1 Mål for iterasjonen

Målet for denne iterasjonen var å ha en designplan for hvordan det valgt konseptet skal brukes og plasseres inn i systemet. Denne iterasjonen var bare på to uker og mye tid gikk med til forberedelser til presentasjon 2. Arbeidet med designet kom derfor ikke så langt i denne iterasjonen.

6.2 Komponentvalg

I toppstrukturen skal luftforsyningen som kommer opp fra bunn- og midtstrukturen fordeles til hvert kammer. Det må være en ventilløsning som åpner for gjennomstrømning av luft til prosjektilet som skal avfyres. Hvert kammer må ha et rør som prosjektilene kan tres inn på. Disse rørene må også festes til toppstrukturen og kobles opp til ventilene.

Det finnes ulike typer pneumatikkventiler som styres elektrisk. Det finnes varianter med felles blokk slik at det bare en nødvendig med en tilkobling og det finnes varianter av individuelle ventiler. Ventilene kan skaffes med ulike utvendige dimensjoner, ulikt innvendige tverrsnitt og ulike tilkoblinger. Etter å ha undersøkt tilgjengelighet av ulike typer ventiler fant vi ut at det beste er å bruke individuelle ventiler ettersom disse er kompakte, lett tilgjengelige i mange størrelse og med ulike tilkoblinger. Bruk av individuelle ventiler gir også mulighet for å kunne plassere dem på en måte som passer med andre komponenter og de geometriske begrensningene for systemet.

Som nevnt finnes magnetventiler med ulike tilkoblinger. Vi valgte å benytte innstikkskoblinger/lynkoblinger, der slanges stikkes rett inn i ventilen. Disse koblingene finnes til luftslanger i standardstørrelser. Bakgrunnen for dette valget er at det gjør at det ikke kreves koblinger mellom slangene og ventiler, noe som sparer plass. I denne iterasjonen ble det kjøpt inn en magnetventil av typen SMC VX210MG for å teste denne til avfyring. Denne ventilen passer til 8 mm luftslange. Denne ventilen og slangedimensjonen ble valgt til testing ettersom dette ville gi god gjennomstrømning og høy ytelse, og fremdeles være mulig å plassere i toppstrukturen. Denne testingen, samt testing av en mindre ventil SMC VDW20GA, ble gjennomført konstruksjon 2.



Figur 10: Magnetventil, SMC VX210MG.

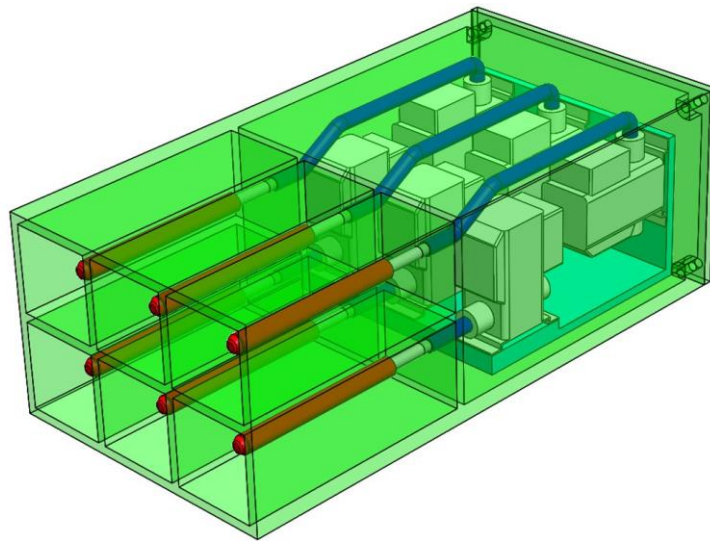
For luftoverføring mellom bunnstruktur ble ulike alternativer undersøkt. Beste alternativ til overføringen var å benytte en roterende luftkobling plassert i midten av rotasjonsstrukturen. Disse koblingene har indre kulelagre som gjør det mulig å rotere tilkoblingen i hver ende uavhengig av hverandre tilnærmet motstandsritt. Disse tillater derfor rotasjon uten begrensning på antall runder.



Figur 11: Rotasjonskobling/svivel for luftoverføring.

6.3 Designløsning

I konstruksjon 1 ble det utarbeidet en 3D-modell som visualiserer tenkt oppbygging av toppstrukturen og mulig plassering av komponenter. Denne modellen er vist i figur 12.



Figur 12: Indre komponenter i toppstruktur fra konstruksjon 1.

I forenden av toppstrukturen er det seks adskilte kamre som rommer avfyringsrørene og prosjektilene. Magnetventilene og slangene som kobler komponentene sammen er plassert sammen i et rom i bakenden av toppstrukturen.

7. Konstruksjon 2

7.1 Mål for iterasjonen

Målet i konstruksjon 2 var å utføre detaljdesign av toppstrukturen og avfyringsmekanismen. Det vil si endelig valg av komponenter, plassering av komponenter, innfesting av komponenter, strukturell oppbygning av toppstrukturen og utforming av de 3D-printede strukturelle komponentene.

7.2 Detaljdesign av toppstruktur

Toppstrukturen skal være formlik 3D-modell gitt av KDA (Krav-ID: FK1-0) og systemets total lengde kan ikke overstige 500 mm (Krav-ID: FK8-0). For å opprettholde formlikheten og størrelseskravet er utvendige mål på toppstrukturen satt til 330 x 170 x 115 mm. For å få en fungerende avfyringsmekanisme med valgt konsept for avfyring er det som skal plasseres inn i toppstrukturen følgende:

- Magnetventiler
- Avfyringsrør
- Prosjektiler
- Luftslanger og koblinger

I iterasjonen konstruksjon 2 ble det bestemt at vi går for et litt annet design for elevasjon, se ML002 – Utviklingslogg, elevasjon. Denne endringen innebærer at elevasjonsmotoren og tilhørende rotasjonsenkoder er plassert bakerst inne i toppstrukturen. Dette gjør at mindre av plassen i toppstrukturen er tilgjengelig for avfyringsmekanismen.

I toppstrukturen skal det også plasseres en liten mikrokontroller, kretskort med avfyringskrets og sensorer for prosjektildeteksjon, samt ruting av ledninger for å koble opp disse komponentene.

Faktorer i design

Designarbeidet med toppstrukturen går i stor grad ut på å utvikle et design som oppnår en balanse mellom en rekke ulike faktorer. Det mest kritiske er å plassere komponentene nødvendig for å oppnå ønsket funksjonalitet på en slik måte at alt får plass innenfor størrelsesbegrensningene satt av kravene.

Testing utført i utdypning 2, RM003 – Rapport, research avfyring, viste at lengre avfyringsrør ga bedre rekkevidde med lavere lufttrykk. Vi ønsket derfor også å få plass til lengst mulig avfyringsrør og prosjektiler.

En rekke andre praktiske hensyn ble også tatt i design. Toppstrukturen må være designet på en slik måte at den er mulig å montere og demontere. Vi ønsket å lage komponentene ved 3D-printing da dette har en rekke fordeler, se RM002 – Rapport, 3D-print research. Likevel er det også en rekke hensyn å ta med 3D-printing. 3D-printing gir typisk et betydelig avvik mellom mål spesifisert på modell og fysisk produkt. 3D-printede komponenter har stor forskjell mellom styrke i lagretning og styrke på tvers av lagretning, som betyr at bærende komponenter bør utformes slik at kreftene går med lagene og ikke prøver å rive lagene fra hverandre. 3D-printing har også noen begrensninger i forhold til komponenters form.

Ettersom opplagring ned mot midtstruktur er langt bak i toppstrukturen og mye av vekta av toppstrukturen, spesielt magnetventilene, er lengre frem er det også viktig at strukturen tåler den mekaniske belastningen dette medfører.

Magnetventiler

I tidligere iterasjoner har vi sett på ulike alternativer til ventiler, og ulike måter å koble disse til hverandre. Vi har kommet frem til at det beste er å bruke 6 individuelle magnetventiler med innstikkskoblinger for pneumatikkslanger, da dette krever færrest komponenter, og er minst plasskrevende.

Basert på dette har vi sett nærmere på og testet to alternative magnetventiler. Testing av disse ventilene er beskrevet i egen rapport, RM004 – Rapport, testing av prosjektiler og ventiler. Hovedforskjellen mellom de to er at den større krever lavere tilført lufttrykk for å oppnå samme rekkevidde som den lille ventilen. Til gjengjeld er det mulig å montere de små ventilene mer kompakt som igjen gir mer plass til andre komponenter og gir mulighet for å ha lengre avfyringsrør og prosjektiler.

Tabell 5: Teknisk data for vurderte magnetventiler.

Data	SMC VDW20GA [1]	SMC VX210MG [2]
Koblinger	6 mm innstikkskobling	8 mm innstikkskobling
Indre diameter (mm)	1,6	3

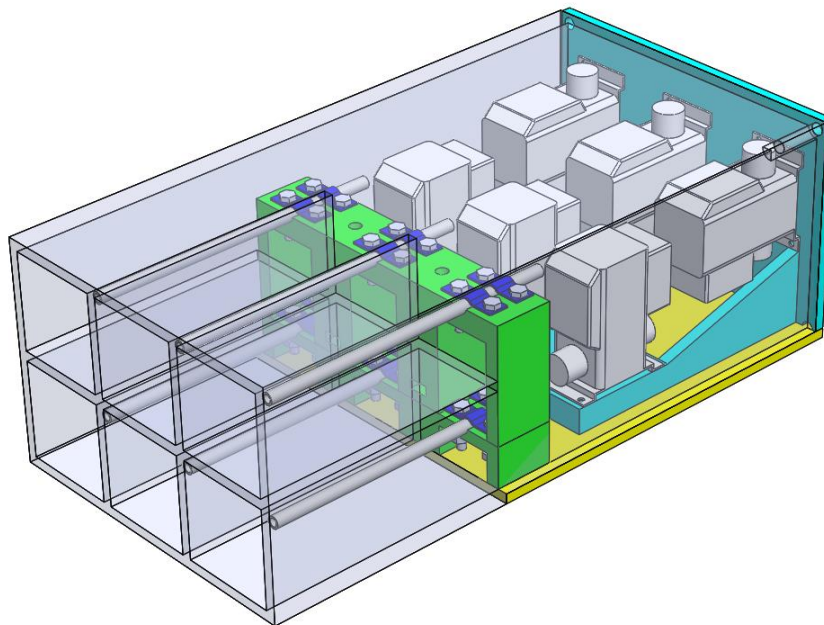
Spenningskilde	24V DC	24V DC
Effekt (W)	3	4,5
Høyde (mm)	53	65
Bredde (mm)	20	30
Lengde (mm)	40	67
Maksimalt trykk (bar)	7	6

Detaljer om styringen av magnetventilene finnes i EL011 – Rapport, avfyriingskrets.

7.3 Designalternativer

Flere designvarianter ble utarbeidet 3D-modellert og vurdert opp mot hverandre. De vesentlige forskjellene mellom disse alternativene var plassering av magnetventilene og medførende endringer til ruting av lufttilførselsslanger og den strukturelle oppbygningen av toppstrukturen. Innfestingen av avfyriingsrørene var også ulik mellom flere av alternativene.

Designvariant 1



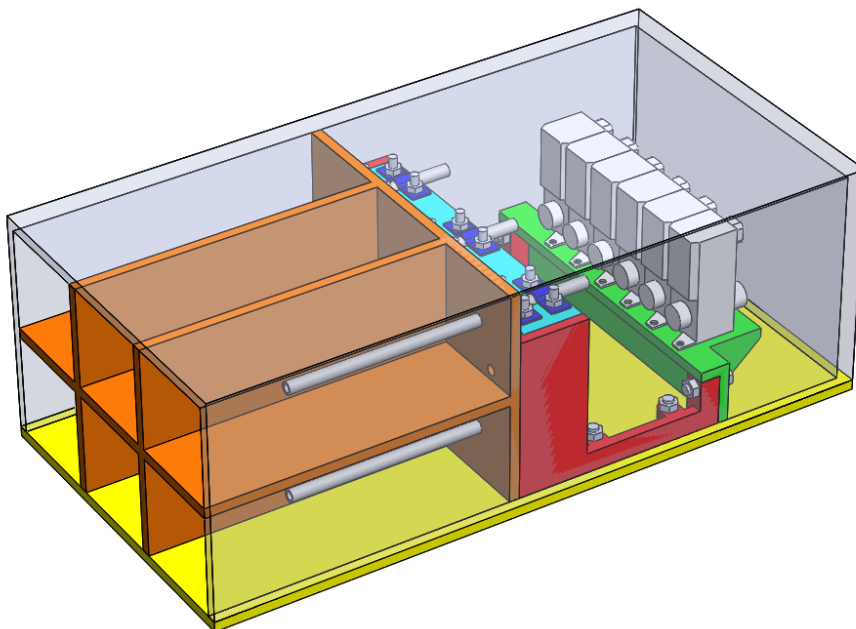
Figur 13: Designvariant 1.

Designvariant 1 er den første som ble utviklet. Dette designet er vist i figur 13. Løsningen er en videreutvikling av modellen fra konstruksjon 1. Dette designet bruker de store magnetventilene. Disse er plassert bak hverandre i to rekker med tre i bredden. De fremre ventilene peker rett mot de nedre tre rørene. De bakre ventilene peker oppover med slanger fremover til de øvre rørene.

Ventilene er montert på en ramme som også er bakveggen i strukturen. Rørene er holdt fast til egen struktur med klemmer. Disse komponentene monteres mot en bunnplate som igjen monteres mot elevasjonsmekanismen og midtstrukturen under. Utenpå disse delene monteres en kasse som settes på forfra. Dette gir god tilgang til komponentene i toppstrukturen ved montering, feilsøking og lignende når kassen ikke er satt på.

Problemet med denne designvarianten er at magnetventilene og føringen av luftslanger mellom komponentene tar stor plass. Det vil også være en utfordring å lage en luftfordeling til ventilene som får plass under de bakre ventilene. Med denne designvarianten ville det ikke vært mulig å få plass til nødvendige komponenter for elevasjon inne i toppstrukturen.

Designvariant 2



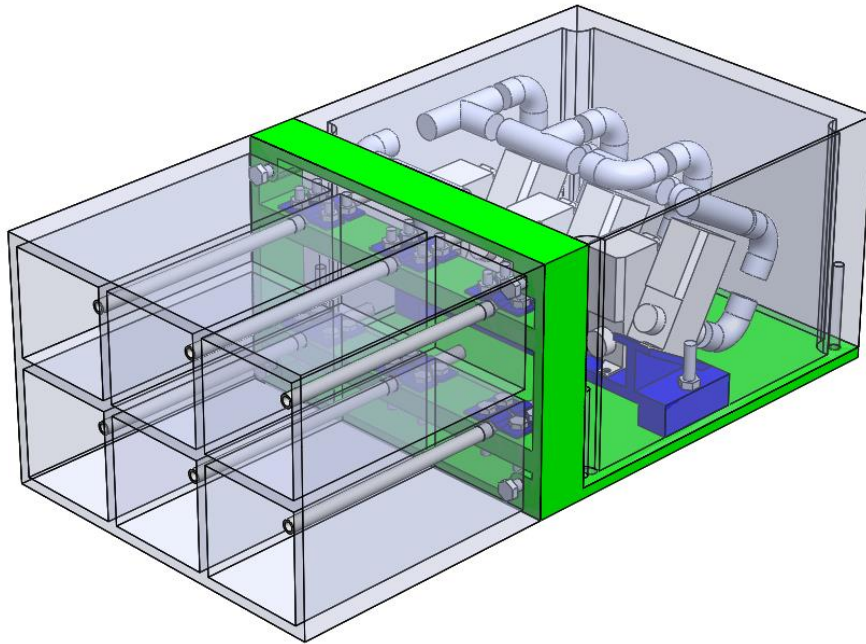
Figur 14: Designvariant 2.

Designvariant 2 bruker de små ventilene, og utnytter deres mindre størrelse ved at de monteres på en rekke innenfor bredden av toppstrukturen. Designvariant 2 er vist i figur 14. Disse er montert på en felles bjelke for å få de i en passende høyde. Rørene holdes fast på samme måte som i designvariant 1. Kamrene skilles av skillevegger som også danner en vegg mellom kamrene og rommet for ventilene i bakenden av toppstrukturen. Komponentene monteres i likhet med designvariant 1 mot en bunnplate. En kasse settes på toppstrukturen fra oversiden.

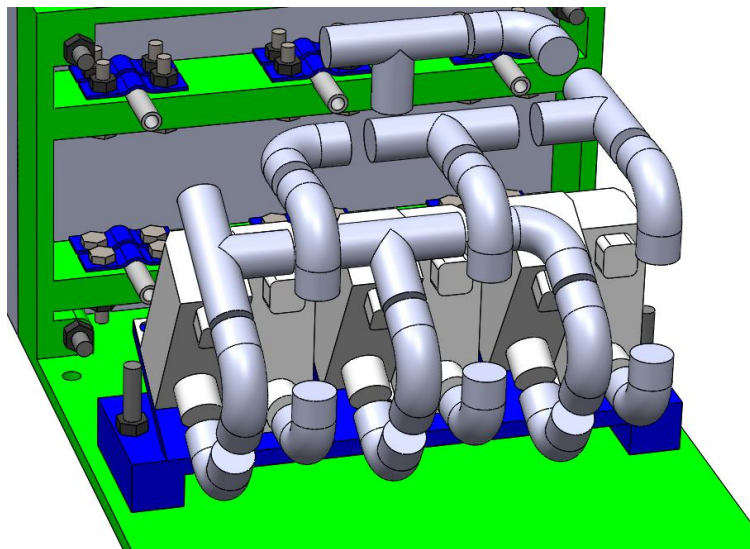
Hovedproblemet med denne designvarianten var ruting av luftslanger for å koble ventiler til lufttilførsel og hver ventil til sitt avfyrringsrør. Ettersom ventilene er montert tett sammen er det ikke plass til t-stykker for å fordele lufttilførselen mellom disse. Det ble undersøkt om det fantes egnede manifolder som kunne brukes, men det ble ikke funnet noe alternativ som passet med antall ventiler og avstanden mellom dem. Luftfordelingen til ventilene måtte

derfor vært meget komplisert og plasskrevende. Ettersom de øvre rørene er langt over utgangen på ventilene kreves også mye plass for å koble disse sammen. Disse faktorene til sammen gjør at dette designet utnytter plassen i toppstrukturen dårlig.

Designvariant 3



Figur 15: Designvariant 3.



Figur 16: Designvariant 3.

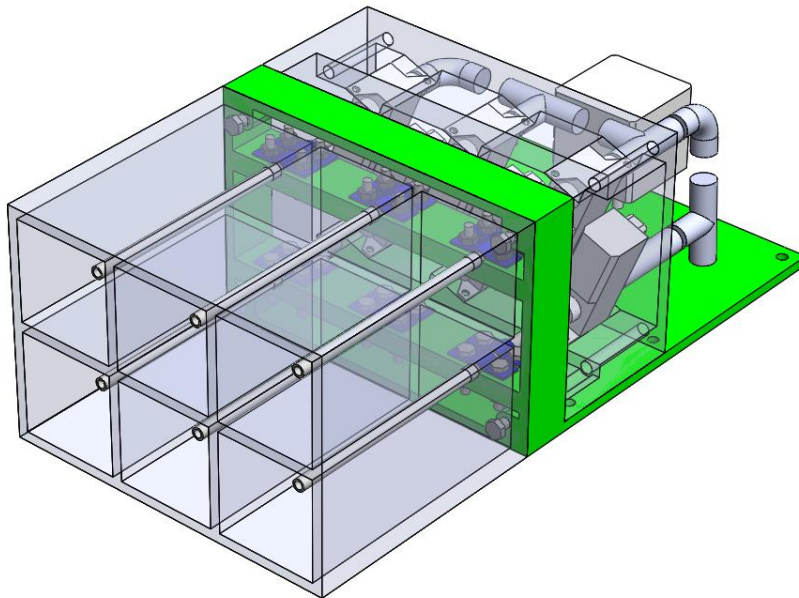
Designvariant 3 er en videreutvikling av designvariant 2. Variant 3 er vist i figur 15. I denne løsningen er ventilene plassert ved siden av hverandre på en rekke, på samme måte som i variant 2. Forskjellen er at annenhver ventil er vinklet oppover mot øvre rekke med avfyringsrør. Dette gjør at ventilene kan plasseres nærmere rørene. Det åpner også for

ML003 – Utviklingsrapport, avfyring og toppstruktur

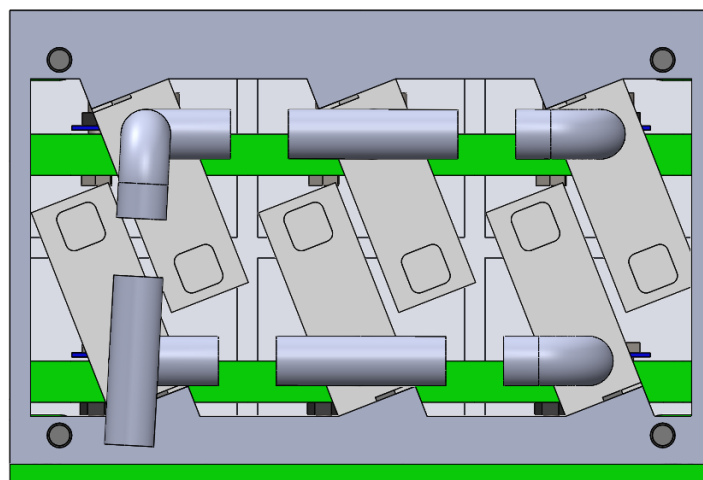
muligheter for å sammenkoble ventilene med t-stykker og bend uten at dette tar stor plass i lengderetningen. Dette vises i figur 16. I denne varianten er bunnplaten og strukturen for avfyringsrørene slått sammen. Topstrukturen kles inn av en kasse i forenden og en i bakenden.

Denne varianten er gjennomførbar, men gir ikke plass for særlig lange avfyringsrør og prosjektiler når komponenter for elevasjon skal plasseres i toppstrukturen.

Designvariant 4



Figur 17: Designvariant 4.



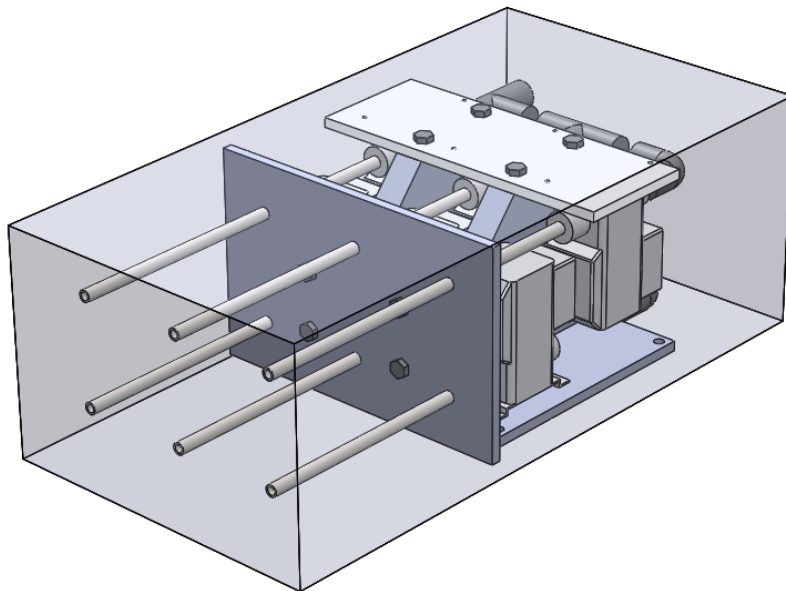
Figur 18: Plassering av ventiler i designvariant 4.

Designvariant 4 bruker de små magnetventilene. Her er ventilene montert tre i bredden over hverandre. Denne varianten er vist i figur 17. Ventilene er montert på skrå slik at de øvre ikke kolliderer med de nedre. Denne plasseringen av ventilene er slik at utgangen deres er

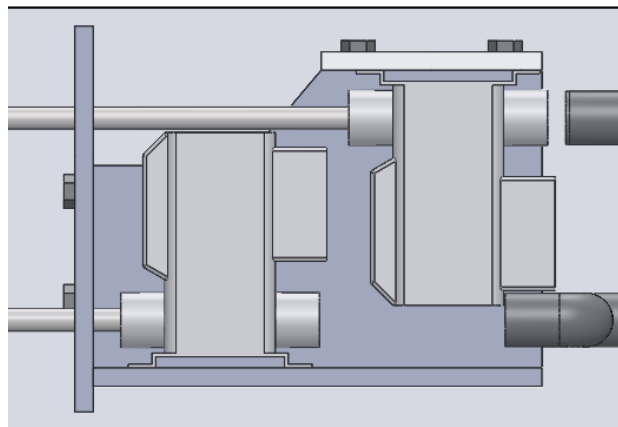
peker rett mot deres respektive avfyringsrør. Plassering av ventilene er vist i figur 18. Fordelingen av luft til ventilene med t-stykker og bend er enkel og kompakt.

Denne løsningen er veldig kompakt og utnytter plassen på en god måte. Den gir tilstrekkelig plass til elevasjonskomponentene og gjør det mulig å benytte lange rør og prosjektiler.

Designvariant 5



Figur 19: Designvariant 5.



Figur 20: Plassering av ventiler i designvariant 5.

Designvariant 5 bruker de store ventilene. Her er disse plassert bak hverandre i to rekker med tre ventiler i bredden. Den bakre rekken er opp ned i forhold til den fremre. Dette gjør at ventilene kan plasseres slik at utgangene deres peker rett mot rørene, slik de er plassert for å passe med formlikhet i valgt skala. I denne varianten holdes ikke rørene i klemmer slik som i de tidligere variantene. De plasseres rett i utgangen av ventilene og retningen deres

styres av hull i en plate plassert foran ventilene. Nærmere detaljer om dette finnes lenger ned i dette dokumentet. Her er den strukturelle oppbygningen av toppstrukturen basert på den sentrale bærende komponenten som holder ventilene.

Denne varianten er kompakt og utnytter plassen tilgjengelig i toppstrukturen på en god måte. Den er likevel mer plasskrevende enn designvariant 4, men den har som fordel at de store ventilene er brukt.

Valg mellom designvariant 4 og designvariant 5

Forskjellene mellom designvariant 4 og 5 kan oppsummeres på følgende måte.

Designvariant 4:

- Små ventiler
- Lange avfyringsrør og prosjektiler

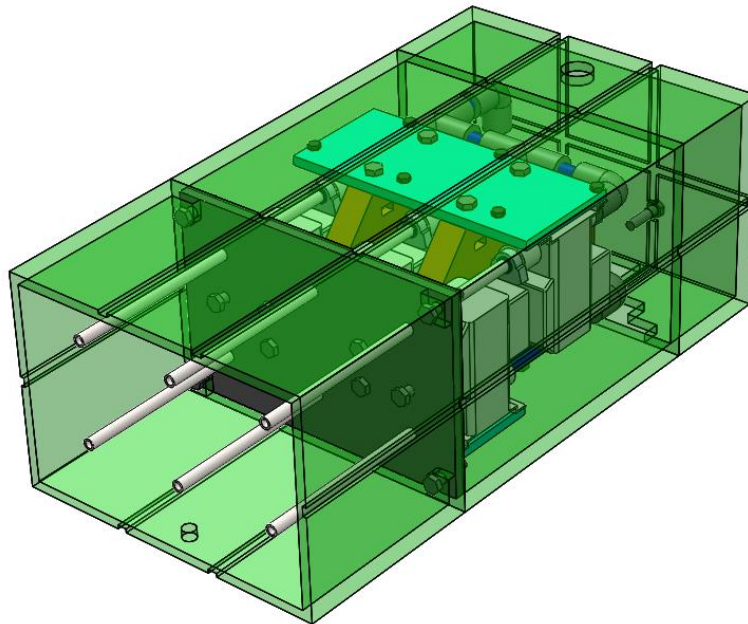
Designvariant 5:

- Store ventiler
- Korte avfyringsrør og prosjektiler

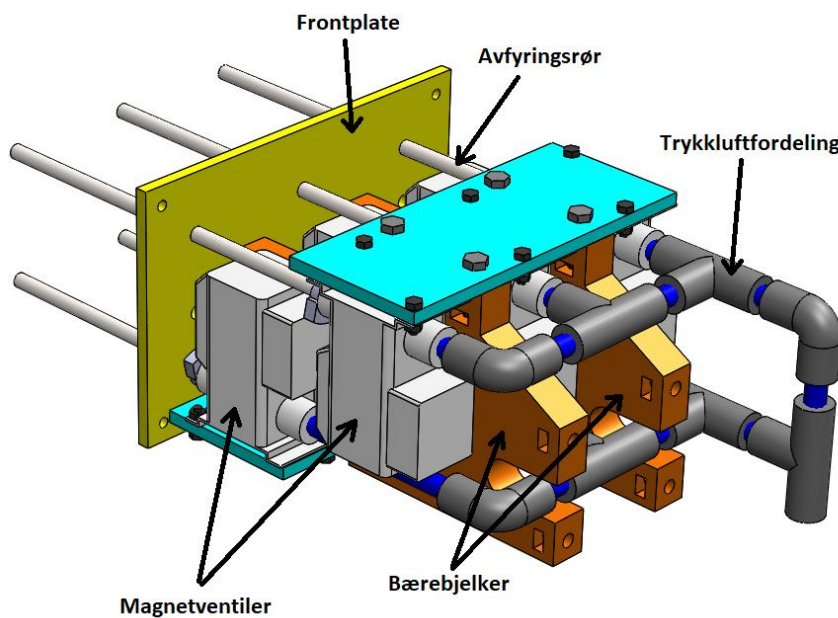
Testing i utvikling 2 viste at lengre prosjektiler og rør ga bedre ytelse enn korte. Testing i konstruksjon 2 viste at de store ventilene gir bedre ytelse enn de små. Valget mellom disse to designvariantene ble derfor gjort på grunnlag av data fra testing i konstruksjon 2, der kombinasjoner av de to ventilene og to ulike prosjektillengder ble testet. Se RM004 – Rapport, testing av prosjektiler og ventiler, for nærmere detaljer om gjennomføring av testingen. Basert på funn i denne testingen ble det konkludert med at ytelsesfordelen med de store ventilene var større enn ulempen med å ha kortere rør og prosjektiler.

7.4 Beskrivelse av valgt design

Figur 21 viser valgt design for toppstruktur med deler av elevasjonsmekanismen. Figur 22 viser oppbygningen av designet sett bakfra.



Figur 21: Valgt designløsning for avfyringsmekanisme og oppbygning av toppstruktur.



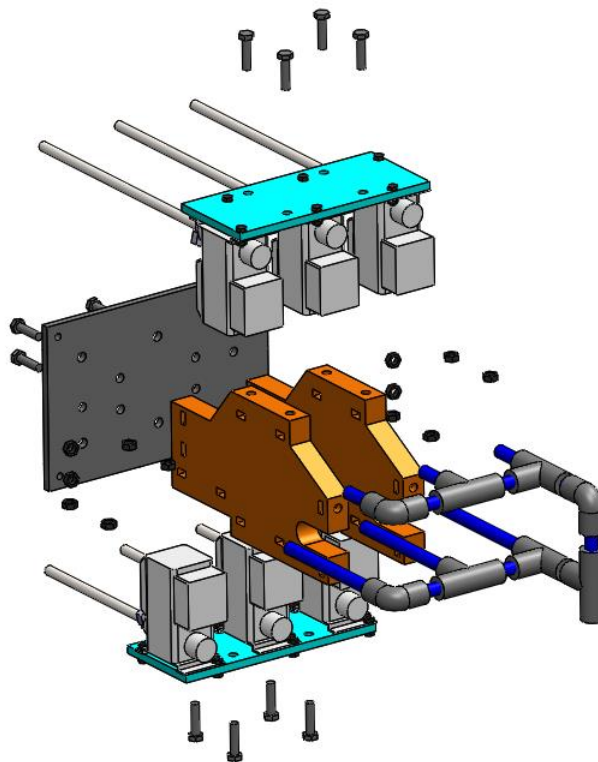
Figur 22: Oppbygning av valgt design.

Valgt design bruker seks av de store magnetventilene, altså SMC VX210MG. Ventiler for øvre og nedre rekke er montert opp ned i forhold til hverandre, og bak hverandre for å få plass.

For å ha lengst mulige avfyringsrør og prosjektiler ble overgang fra magnetventiler til avfyringsrør designet for å være kortest mulig. Dette ble gjort ved at avfyringsrørene er stukket rett inn i en slangestump i hver av magnetventilene. Rørene er sikret med en slangeklemme rundt slangestumpen. Rørene passerer gjennom trange hull i en plate montert foran på strukturen, disse hullene styrer rørenes retning.

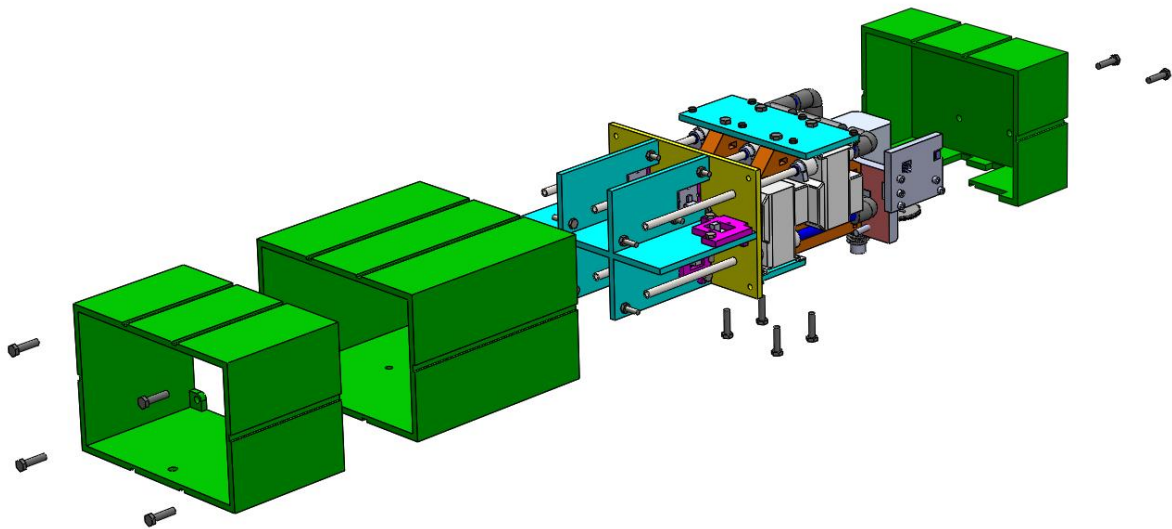
Ventilene er koblet til lufttilførsel fra midt- og bunnstruktur med slanger, t-stykker og bend. Luften kommer opp på høyre side bakerst i strukturen og fordeles mellom øvre og nedre rekke ventiler, og deretter til hver individuell ventil. Denne utførelsen er valgt da den tar minimal plass i lengderetning. Unntaket er tilførselen på høyre side, men dette er ikke et problem ettersom det er designet for å passere ved siden av komponenter for elevasjon.

Strukturell oppbygning



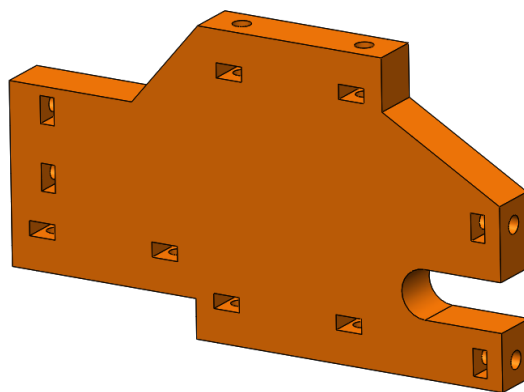
Figur 23: Oppbygning av avfyringsmekanisme i toppstruktur.

Toppstrukturen består av en indre bærende struktur som de funksjonelle komponentene er festet til. Ventilrekkene monteres på plater før disse så monteres på bærebjelkene. Dette gjør montering og demontering av ventilene enkelt. Indre komponenter i toppstrukturen er vist i figur 23. Dekslene rundt toppstrukturen monteres utenpå den bærende indre strukturen. Denne oppbygningen er valgt for å gi tilgjengelighet til de funksjonelle komponentene uten at det er nødvendig å demontere toppstrukturen. Toppstrukturen er dermed fullt funksjonell, selv med alle deksler rundt fjernet. Dette gjør det enklere med montering, demontering, testing og potensiell feilsøking. Figur 24 viser hvordan deksler monteres på toppstruktur.



Figur 24: Utvendige deksler for toppstruktur.

Toppstrukturen er hengslet langt bak, og har dermed sitt tyngdepunkt et stykke foran rotasjonsaksen for elevasjon. Dette skaper et bøyemoment om rotasjonsakse for elevasjon. De strukturelle komponentene i toppstrukturen og forbindelsene mellom dem må tåle belastningen dette medfører. Den indre strukturen i toppstrukturen er derfor bygget rundt to bærebjelker som gir stor styrke og stivhet mot denne belastningen. Disse er 3D-printet slik at lagene er i retning av kreftene, som gir god og forutsigbar styrke.



Figur 25: Bærebjelker i toppstrukturen.

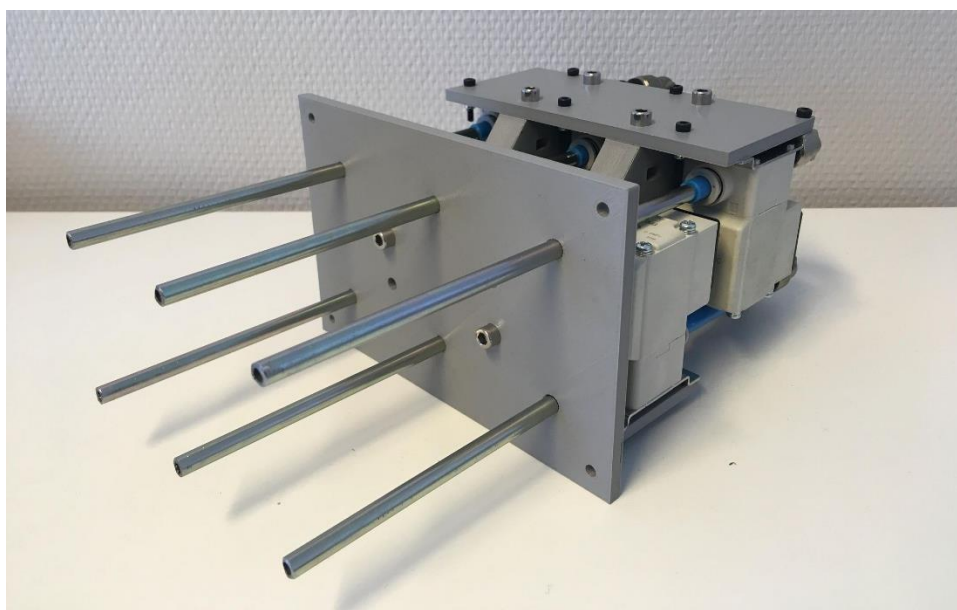
Komponentene er festet sammen med skruer og muttere. Dette er valgt fremfor å skru rett i plasten for å gjøre toppstrukturen mer robust for montering og demontering flere ganger. Gjenger i den 3D-printede plasten vil lett bli slitt ut ved gjentatte monteringer og demonteringer. Bærebjelkene har spor til mutterne, som også holder mutterne på plass ved montering. Luftslinger, forbindelser mellom dem og andre komponenter er også designet for å kunne monteres og demonteres enkelt og gjentatte ganger uten å ta skade av det.

Lufttilførsel

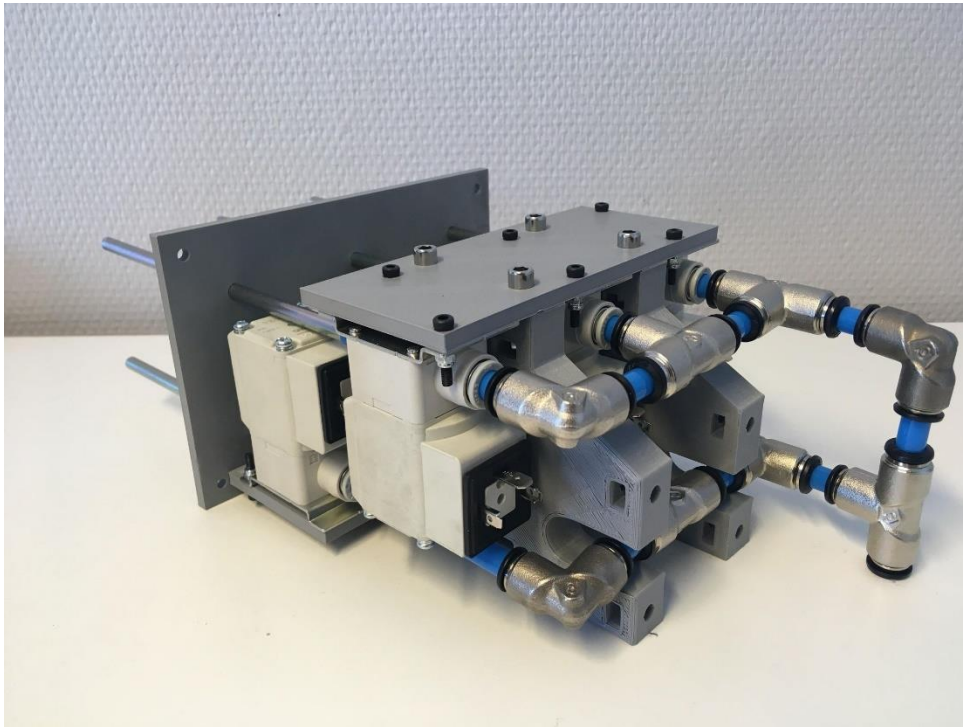
Tilførsel av trykkluft kommer fra en ekstern boks med en liten tank, eller fra en kompressor eller annen trykklufttilkobling dersom det er tilgjengelig. I denne eksterne boksen er det også plassert en elektronisk trykregulator som gjør det mulig å justere lufttrykket via GUI. Systemet oppfyller dermed kravet om at prosjektilets rekkevidde skal kunne justeres som en funksjon av kraft, FK4-2 i kravspesifikasjonen. Nærmere detaljer om justering av trykket kan leses i EL009 – Rapport, trykregulering.

7.5 Montering av fysisk produkt

I slutten av konstruksjon 2 ble avfyringsmekanismen montert i henhold til designet beskrevet ovenfor. Figur 26 og 27 viser ferdig montert avfyringsmekanisme.



Figur 26: Montert avfyringsmekanisme forfra.



Figur 27: Montert avfyrimekanisme bakfra.

Figur 28 viser oppboring av hull i frontplaten. Dette ble gjort som bearbeiding etter 3D-printing for å oppnå nødvendig toleranse på hulldiameteren for å få en trang pasning for rørene, slik at hullene styrer retningen deres presist og uten noe slark. Platen ble printet ferdig forboret for at hullene skulle være plassert på riktig sted.



Figur 28: Oppboring av hull i frontplate.

8.0 Konstruksjon 3 og overgang

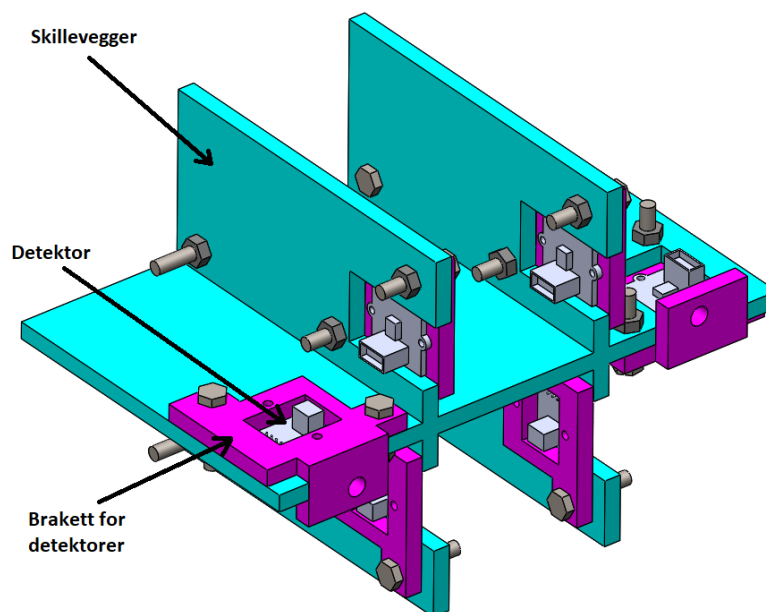
8.1 Mål for iterasjonene

Målene i disse iterasjonene var å ferdigstille designet av toppstrukturen, fremstille deler og montere den ferdig. Det siste designarbeidet ble gjennomført i starten av denne iterasjonen.

8.2 Ferdigstilling av design

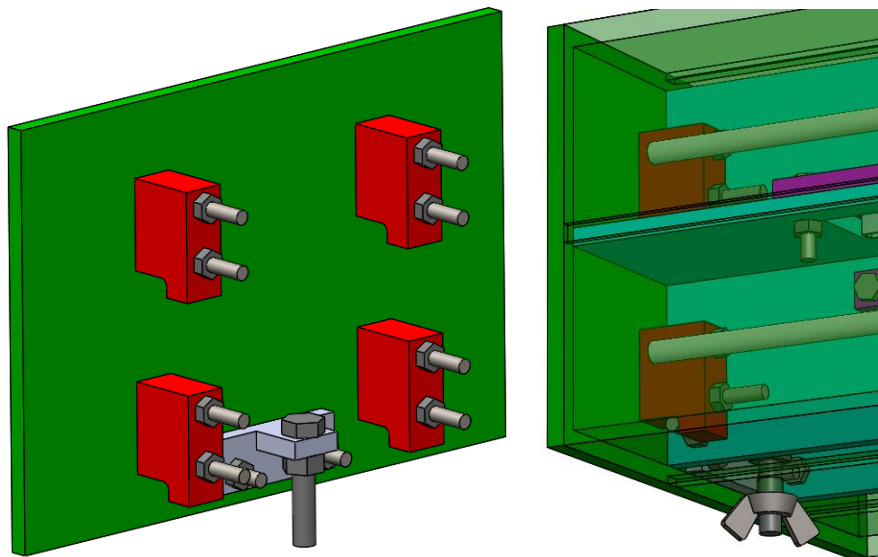
Prosjektildeteksjon

For prosjektildeteksjon ble det valgt infrarøde detektorer, dette er beskrevet i nærmere detalj i rapport om prosjektildeteksjon, EL007 – Rapport, prosjektildeteksjon. Detektorene er montert slik at de peker mot avfyringsrør og prosjektiler, og har en passende avstand slik at de kan detektere prosjektilet når det er tilstede og kan unngå å detektere avfyringsrør når prosjektilet ikke er tilstede. De er også monteres slik at de går klar av prosjektilenes styrefinner. For å oppnå dette, samt gjøre det mulig å enkelt montere, demontere og justere detektorene er disse montert på braketter som igjen er montert på en egen strukturell del som danner skilleveggene mellom kamrene i toppstrukturen. Plasseringen er vist i figur 29.



Figur 29: Skillevegger mellom kamrene, med prosjektildetektorer.

Mekanisk sikring

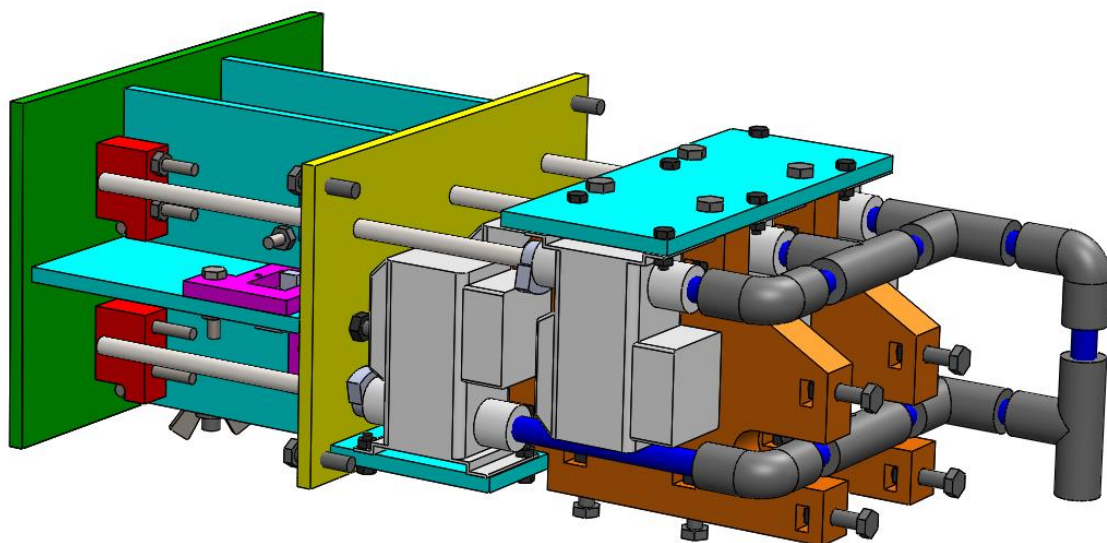


Figur 30: Til venstre: Mekanisk sikring. Til høyre: Mekanisk sikring montert foran i toppstruktur.

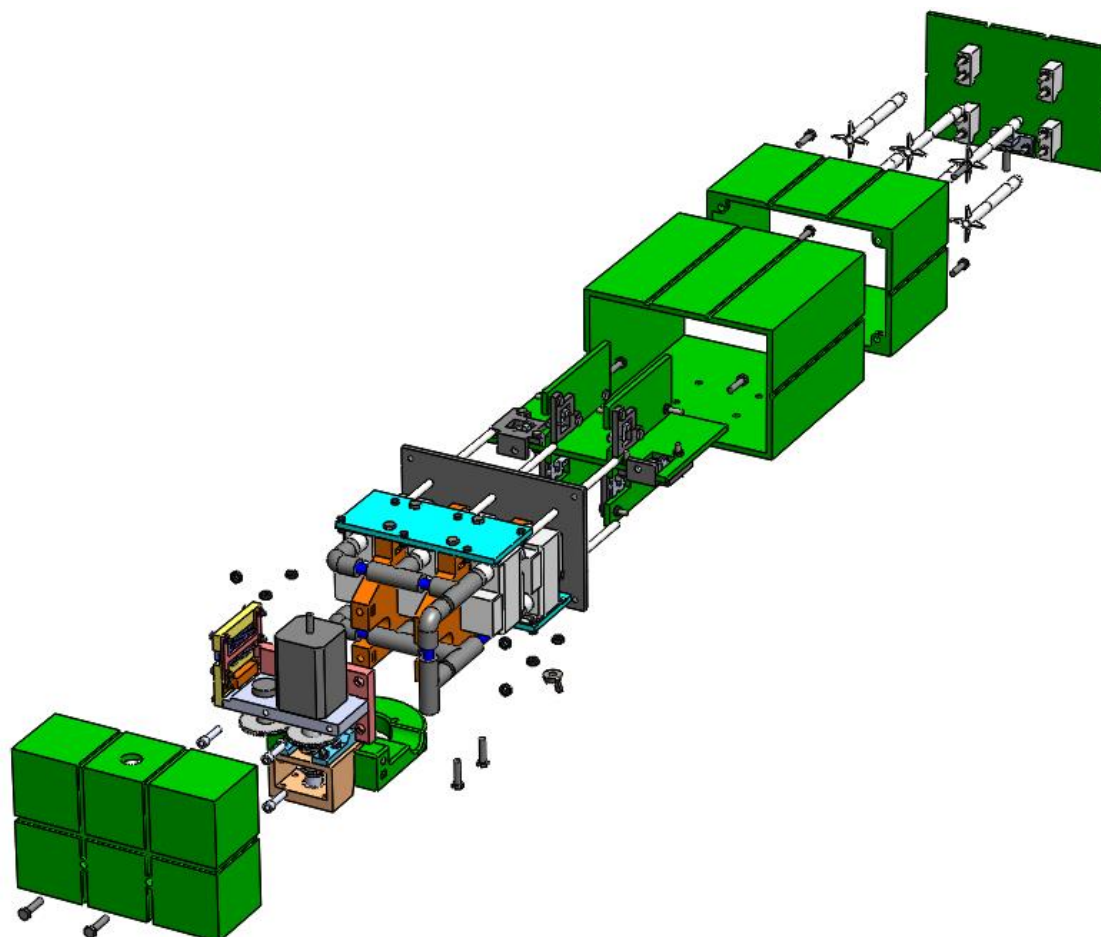
Det er stilt krav til mekanisk sikring av prosjektiler. Dette kravet innfris ved at det er et lokk kan plasseres foran på toppstrukturen som fysisk blokkerer for prosjektilene. Dette lokket henger i skilleveggene foran i toppstrukturen med fire kroker. Lokket låses på plass med en vingemutter under på toppstrukturen. Denne løsningen gjør at lokket har en robust og sterk innfesting til toppstrukturen og det er enkelt og raskt å fjerne og montere, uten at det er nødvendig med verktøy. Utformingen av mekanisk sikring er vist i figur 30. Det ble gjennomført beregninger for å sikre at sikkerhetslokket og tilhørende deler tåler belastningen de blir utsatt for ved en uønsket avfiring. Dette er dokumentert i RM005 – Analyserapport, sikkerhetslokk.

Ferdig design av toppstruktur

Figur 31 viser avfyringsmekanismen komplett med ventiler, luftslanger, avfyringsrør, prosjektildeteksjon og sikkerhetslokk. Figur 32 viser komplett sammenstilling av toppstruktur og midtstruktur med avfyringsmekanisme og elevasjonsmekanisme. Detaljer om elevasjonsmekanisme kan leses i ML002 – Utviklingslogg, elevasjon.



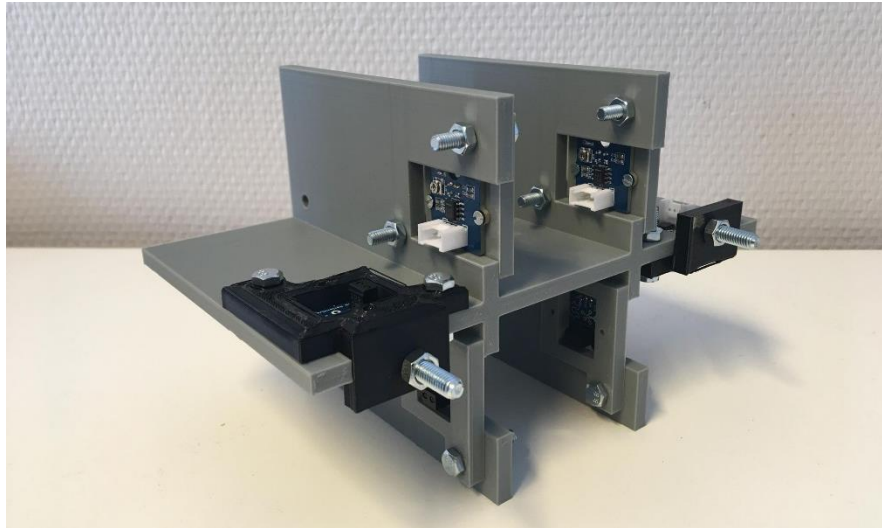
Figur 31: Komplet oppbygning av avfyrimekanisme i toppstruktur.



Figur 32: Komplet sammenstilling av toppstruktur og midtstruktur.

8.3 Fysisk produkt

Figur 33 viser skillevegger med prosjektidetektorer montert. Figur 34 viser toppstrukturen montert på resten av launcheren. Den er avbildet uten deksler for å vise de indre komponentene.



Figur 33: Monterte skillevegger med prosjektideteksjon.



Figur 34: Ferdig montert toppstruktur uten deksler.

8.4 Rekkevidde

Basert på ligningene presentert i kapittel 5 og bevegelsesligningene, kan en estimert rekkevidde regnes ut. Detaljer om utregning av prosjektilbaner kan finnes i RM001 – Rapport, prosjektilbaner.

Utgangshastighet for prosjektilene ved maksimalt trykk på 6 bar:

$$v = \sqrt{\frac{P\pi d^2 s}{2m}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot \pi \cdot (0,006 \text{ m})^2 \cdot 0,095 \text{ m}}{2 \cdot 0,006 \text{ kg}}} = 23,18 \text{ m/s}$$

Teoretisk rekkevidde med utgangshastighet på 23,18 m/s, elevasjonsvinkel på 40 grader, utskytingshøyde 0,3 m.

$$v_{0x} = v \cos(40^\circ) = 17,76 \text{ m/s}$$

$$v_{0y} = v \sin(40^\circ) = 14,90 \text{ m/s}$$

$$s_y = v_{0y} t - \frac{1}{2} g t^2 + s_{0y}$$

$$t = \frac{-v_{0y} - \sqrt{v_{0y}^2 + 2g s_{0y}}}{g} = 3,058 \text{ s}$$

$$l = v_{0x} t = 54,30 \text{ m}$$

I praktisk testing ble rekkevidden ved maksimalt trykk (6 bar) og maksimal elevasjon (40 grader) målt til 51 m. Dette stemmer godt med estimatet på 54 m.

9.0 Referanseliste

- [1] SMC Pneumatics, *Compact Direct Operated 2/3 Port Solenoid Valve for Water and Air, Series VDW*, side 29, https://www.smc-pneumatics.com/pdfs/VX21_22_23US.pdf
- [2] SMC Pneumatics, *Compact Direct Operated 2/3 Port Solenoid Valve for Water and Air, Series VX21/22/23*, side 7, <https://www.smc-pneumatics.com/pdfs/VDW.pdf>

ML005- Utviklingsrapport, rotasjon og bunnstruktur

Dokumentbeskrivelse

Dette dokumentet omhandler rotasjonsmekanismen for Mini Launcher. Dokumentet vil inneholde konseptvurderinger og valg. Loggen inneholder hva som er blitt gjort rundt benstruktur og rotasjonsmekanismen i de forskjellige iterasjonene, og utviklingen av den gjennom prosjektet.

Revisjon	Skrevet av	Dato	Godkjent av
A	Martin Slettedal	22.05.2022	Simen Tråstadkjølen

Innhold

1. Introduksjon	5
2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter	5
2.1 Dokumenthistorie	5
2.2 Refererte dokumenter	5
3.0 Problemstilling og krav	6
4. Innledning og utdypning 1.....	8
4.1 Mål for iterasjonene	8
4.2 Undersøkelser av roterende systemer	8
4.2.1 Elektromotor	8
4.2.2 Pneumatisk med rotasjonsaktuator	8
4.2.3 Hydraulisk med roterende kobling	9
4.3 Sammenligning av løsninger for rotasjon	9
4.4 Første utkast av rotasjonsmekanisme	10
5. Utdypning 2	11
5.1 Mål for iterasjonen	11
5.2 Konsepter for rotasjon.....	11
5.2.1 DC-motor med snekkedrift	11
5.2.2 Servomotor med direkte kraftoverføring	12
5.2.3 DC-motor plassert under bunnplate	13
5.2.4 Overføring med sylindriske og koniske tannhjul	14
5.2.5 Steppermotor over bunnplate	15
5.2.6 Overføring med sylindriske tannhjul	15
5.2.7 Overføring med reimdrift.....	18
5.2.8 Direkte overføring fra steppermotor til toppstruktur	19
5.3 Sammenligning av konsepter	20
5.4 Valg til første prototype	21
6 Konstruksjon 1.....	22
6.1 Mål for iterasjonen	22
6.2 Komponentvalg.....	22
6.3 Detaljdesign	23
7. Konstruksjon 2.....	25

7.1 Mål for iterasjonen	25
7.2 Detaljdesign av bunnstruktur	25
7.2.1 Designfaktorer	25
7.2.2 Utforming av bunnstruktur	25
7.2.3 Rotasjonssylinder	28
7.2.4 Arduino Mega, Ethernet Shield, motorkontrollere og Buck-regulator.....	28
7.2.5 Motorkontroller L298N	29
7.2.7 Alternative løsninger.....	30
7.3 Utrekning av dreiemoment steppermotoren må dra	32
7.3.1 Sammenligning av motorer.....	34
7.4 Utrekning av lengde på belte	34
7.4.1 Utrekning av lengde på registerreim når strammehjulet er plassert helt ute i kanten:	35
7.4.2 Utrekning av lengde på registerreim når strammehjulet er plassert ved senter	36
8. Konstruksjon 3 og overgang.....	38
8.1 Mål for iterasjonen	38
8.2 Detaljdesign av bunnstruktur	38
8.3 Bilder fra bygging av fysisk produkt.....	45
9. Referanser	51

Figurliste

Figur 1: Bilde av vane roterende aktuator.	9
Figur 2: Bilde av rack and pinion roterende aktuator.	9
Figur 3: Første utkast til rotasjonsmekanisme.	10
Figur 4: Foreløpig bunnstruktur med topplate hvor de andre komponentene som kasse foran og bak kan festes. Endringer i design kan påberegnes.	11
Figur 5: DC-motor metode som ikke fungerer optimalt. Sylinder med innvendig gir.	12
Figur 6: Løsning med servomotor.	13
Figur 7: DC-motor under topplate.....	14
Figur 8: Skisse av 3D-printet tannhjul med hull for settskrue.....	14
Figur 9: Skisse av 3D printet base som spesialdesignet tannhjul kan stå på.	14
Figur 10: DC-motor gjennom bunnplate.	15
Figur 11: Steppermotor over bunnplate.	15
Figur 12: Konsept – Steppermotor over topplate med lengdemål.....	16
Figur 13: 3D-printet feste-element for å holde tannhjul. Utsnitt av feste-element.....	16
Figur 14: Tannhjul som stikker utenfor bunnplaten.	17

Figur 15: 3D-modell av overføring ved hjelp av tannhjul.....	17
Figur 16: Girooverføringsløsning laget i Visio.	17
Figur 17: Reimdrift løsning sett ovenfra.....	18
Figur 18: Reimdriftløsning laget i Visio.....	19
Figur 19: Direkteoverføring mellom steppermotor og roterende toppstruktur.	20
Figur 20: Steppermotor.	22
Figur 21: Viser motorplasseringen i midten av bunnplaten.....	23
Figur 22: Reimdrift løsning sett fra undersiden.	24
Figur 23: Reimdrift løsning sett fra siden.	24
Figur 24: Reimdriftløsning med rotasjonsenkoder fra konstruksjon 2.	26
Figur 25: Viser reimskivene til rotasjonsenkoder og motor.....	26
Figur 26: Foreløpig bunnstruktur med enkle deksler.....	27
Figur 27: Bunnstruktur med transparente kasser.	27
Figur 28: Rotasjonsmekanismen sett fra undersiden.	28
Figur 29: Viser en designvariant av rotasjonssylinderen med til hørende deler.	28
Figur 30: Første designvariant.....	29
Figur 31: Viser kasse som ikke har noen funksjon eller hensikt.	29
Figur 32: Motorkontroller L298N.	30
Figur 33: Viser designvariant 1 av bein.	30
Figur 34: Viser designvariant 2.....	31
Figur 35: Viser designvariant 3.....	31
Figur 36: Kulelagerløsning.	32
Figur 37: Illustrasjon av tyngdepunkt i toppstruktur.	33
Figur 38: Illustrasjon av radius på reimskiver.....	34
Figur 39: Lengde på registerreim når strammehjulet er helt ute i kanten.	35
Figur 40: Lengde på registerreim når strammehjulet er i senter.....	36
Figur 41: Viser ytre komponenter i bunnstruktur uten komponenter for elevasjon.	38
Figur 42: Viser viktige komponenter i rotasjonsmekanismen.	39
Figur 43: Viser viktige komponenter for at rotasjonsmekanismen skal fungere optimalt.	39
Figur 44: Viser hvordan reimskiven for toppstruktur er festet til rotasjonssylinderen.	40
Figur 45: Viser strammehjul løsning.....	41
Figur 46: Rotasjonssylinder.	41
Figur 47: Sammenstilling av rotasjonssylinder.....	42
Figur 48: Luft- og strømovertføring.....	42
Figur 49: Oppbygning av bunnstrukturen.	43
Figur 50: Viser karosseriet til bunnstrukturen.	44
Figur 51: Beinsammenstilling.	45
Figur 52: Montering starter med bunnplata.	45
Figur 53: Bein, motor og enkoder monteres.....	46
Figur 54: Strammehjul sammenstilles.....	46
Figur 55: Motorkontrollerne og strammehjul festes til bunnplate.....	47
Figur 56: Rotasjonsbase og festes til bunnplate.	47

Figur 57: Luft- og strømovertføring monteres.	48
Figur 58: Viser rotasjonsbase og lufttilkobling montert på bunnplate.	48
Figur 59: Reimskivene monteres på aksler og til toppstruktur.	49
Figur 60: Deksel for å skjule mekanismer og elektronikk.	49
Figur 61: Viser bunnstrukturen uten deksler.	50

Tabelliste

Tabell 1: Krav til rotasjonsmekanisme.	6
Tabell 2: Ulike rotasjonsløsninger for rotasjonsmekanismen.	9
Tabell 3: Kriterier for sammenligning av konsepter for rotasjon.	20
Tabell 4: Sammenligning av konsepter for rotasjon.	20
Tabell 5: Teknisk data for vurderte steppermotorer.	34

1. Introduksjon

Rotasjonsmekanismen og bunnstrukturen er vesentlige deler i prosjektet. Vi har krav til både formlikhet og rotasjon. Den mest naturlige og nærliggende måten å få til rotasjon er ved hjelp av et drivverk. Drivverket kan være satt opp på mange ulike måter. Viktige faktorer for å få en god kraftoverføring og et robust drivverk er belastningen i kritiske punkter, tap av effekt og lite slark/kast.

Loggen vil inneholde hva som har blitt gjort av arbeid underveis i iterasjonene. Den inneholder utviklingen av både rotasjonsmekanismen og oppbygningen av bunnstrukturen. Kravene vi har fått er brukt som utgangspunkt i arbeidet med løsningene.

2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter

2.1 Dokumenthistorie

Revisjon	Beskrivelse	Dato
A	Nyopprettet	25.02.2022

2.2 Refererte dokumenter

Tittel	Revisjon	Utgiver
KS001 – Kravspesifikasjon	B	Project Mini Launcher
RM010 – Rapport, reimskivedesign	A	Project Mini Launcher

RM006 – Analyserapport, bein til bunnstruktur	A	Project Mini Launcher
---	---	-----------------------

3.0 Problemstilling og krav

Systemet skal ha en statisk base og roterende toppstruktur. Det er opp til gruppen å velge konsept og løsning for rotasjon og strukturell oppbygning av bunnstrukturen.

I tabell 3 vises kravene som har betydelig innvirkning på valg og design av rotasjonsmekanismen i systemet, sett fra et mekanisk/fysisk perspektiv.

Tabell 1: Krav til rotasjonsmekanisme.

Krav-ID	Beskrivelse	Prioritet
FK1-0	Systemet skal være formlik 3D-modell gitt av KDA.	A
FK2-0	Systemet skal bestå av en statisk base og en roterende toppstruktur.	A
FK3-0	Systemets toppstruktur skal kunne rotere i begge retninger.	A
FK3-1	Systemets toppstruktur skal rotere $\pm 360^\circ$ fra startpunkt.	A
FK6-1	Operatør skal kunne styre systemets toppstruktur til bestemt posisjon uten utløsning av prosjektil.	A
FK6-2	Operatør skal kunne styre systemets toppstruktur til bestemt posisjon og utløse prosjektil.	A
FK6-3	Operatør skal kunne styre systemet til flere posisjoner og utløse flere prosjektiler i en sekvensiell operasjon.	B
IFK3-0	Systemet skal ikke være en risiko for helse, miljø og sikkerhet.	A

Kravet om formlikhet (FK1-0) sier ikke direkte noe om rotasjonsmekanismen, men er likevel avgjørende ettersom rotasjonsmekanismen må være plassert innenfor den utvendige geometrien dette kravet fastsetter.

Kravet om en statisk base og en roterende toppstruktur (FK2-0) definerer hvordan bunnstrukturen og rotasjonsmekanismen vil være oppbygd. Tolkningen av de to første kravene (FK1-0 og FK2-0) er at rotasjonsmekanismen må passe inn i bunnstrukturen. Den roterende toppstrukturen må kobles til rotasjonsmekanismen i bunnstrukturen.

Kravene om rotasjon i begge retninger og $\pm 360^\circ$ fra startpunkt (FK3-0 og FK3-1) er hovedkravene for rotasjon. Disse er avgjørende for hvordan rotasjonsmekanismen oppbygges. Tolkningen av disse er at Mini Launcheren må ha en rotasjonsløsning som oppnår 360° rotasjon.

Kravene om at operatør skal kunne styre toppstruktur til bestemte posisjoner (FK6-1 og FK6-2) er viktig med tanke på presisjon og nøyaktigheten til launcheren. Tolkningen av dette er at rotasjonsmekanismen må være sterk og pålitelig og tåle aktivt bruk.

Kravet om at operatør skal kunne styre systemet til flere posisjoner og utløse flere prosjektiler i en sekvensiell operasjon (FK6-3) er et B-krav. Vi kommer uansett til å prøve å tilfredsstille dette kravet. Tolkningen til dette kravet er at rotasjonsmekanismen må være enda sterkere og tåle raske vridninger og belastninger som kommer av at den roterende toppstrukturen skifter retning for å avfyre prosjektiler.

Kravet om at systemet ikke skal være en risiko for HMS er et generelt krav. Med tanke på rotasjonen, er det viktig å skjule rotasjonsmekanismen slik at operatører ikke kan skade seg ved å ta borti selve mekanismen. Et poeng vil være å dekke til rotasjonsmekanismen med deksler som er demonterbare. En brukerveiledning vil bli lagd for hvordan man bruker launcheren. Dette er for å hindre at den blir brukt feil og skader unngås.

4. Innledning og utdypning 1

4.1 Mål for iterasjonene

I iterasjonene innledning og utdypning 1 var fokus i prosjektet på forberedelser og prosjektstyringsoppgaver. Mål for teknisk arbeid var å få en god forståelse av problemstillingen og undersøke muligheter for konsepter.

Andre ting som ble gjort var å komme opp med utkast på en rotasjonsmekanisme. Vi lagde også noen enkle 3D-modeller. Det ble lagd en enkel 3D-modell av bunnstrukturen til launcheren.

4.2 Undersøkelser av roterende systemer

4.2.1 Elektromotor

En elektrisk motor eller elektromotor er en maskin som omformer elektrisk energi til mekanisk energi i form av roterende eller lineær bevegelse.

Elektromotor med en utstikkende aksel er en enkel måte å rotere tannhjul. Fordelen med elektromotorer er at presisjonen på rotasjonen kan være ganske høy. En el-motor er også enkel å styre og kontrollere. Den tar liten plass og krever ingen «eksterne deler» utenom selve motoren.

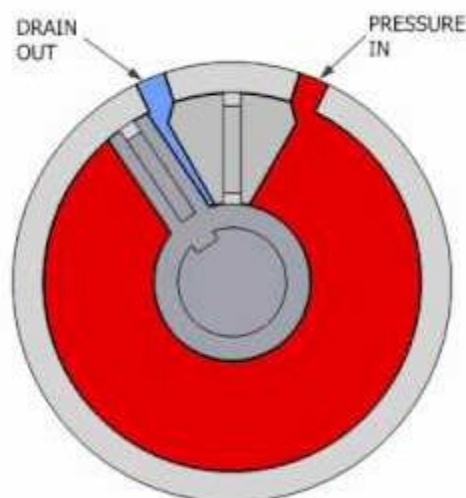
4.2.2 Pneumatisk med rotasjonsaktuator

En rotasjonsaktuator er en aktuator som produserer rotasjon eller torsjon.

En pneumatisk rotasjonsaktuator er en måte å få til rotasjon på. Av pneumatiske løsninger på dette så finnes det to typer:

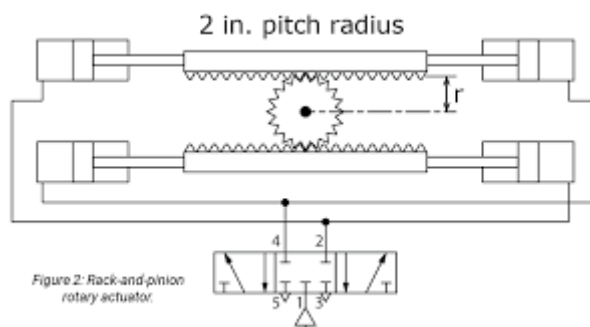
- Rack and pinion pneumatisk roterende aktuator
- Vane pneumatisk roterende aktuator

Vi har et krav om 360 graders rotasjon i begge retninger. Ved Vane roterende aktuator får vi ikke oppfylt kravet om 360 graders rotasjon. Dette gjør at vi må utelukke denne muligheten.



Figur 1: Bilde av vane roterende aktuator.

Ved rack and pinion pneumatisk roterende aktuator hadde vi klart å oppfylle kravet om 360 graders rotasjon i begge retninger. Problemet ligger i å klare å kontrollere rotasjonen til en bestemt vinkel. En pneumatisk rack and pinion roterende aktuator er vanskelig å stoppe i en bestemt vinkel, den vil gå helt til den «bunner» racken.



Figur 2: Bilde av rack and pinion roterende aktuator.

4.2.3 Hydraulisk med roterende kobling

Et hydraulisk system drives av en elektromotor. Roterende koblinger, pumper, stempler, slanger og lagertanker er deler som hører til et hydraulisk system. Disse delene kommer på utsiden av motoren og gjør at vi trenger veldig mye plass. Plass til komponentene i bunnstrukturen er noe vi ikke har mye av. Et av kravene gitt fra KDA er at launcheren skal være formlik modellen de ga oss. Vi tenker derfor at det er unødvendig å bruke hydraulikk, som innebærer mye ekstra deler og komponenter for å kunne få til rotasjon, noe som igjen ville gått på bekostning av formlikheten.

4.3 Sammenligning av løsninger for rotasjon

Det er som kjent flere måter å få noe til å rotere. Det som er felles for alle, er at de må kunne rotere et element som overfører kraften videre til et annet element. Måten kraften overføres og i hvilket medium, er veldig forskjellige. Noen av alternativene for rotasjon er beskrevet i kort i tabell 2.

Tabell 2: Ulike rotasjonsløsninger for rotasjonsmekanismen.

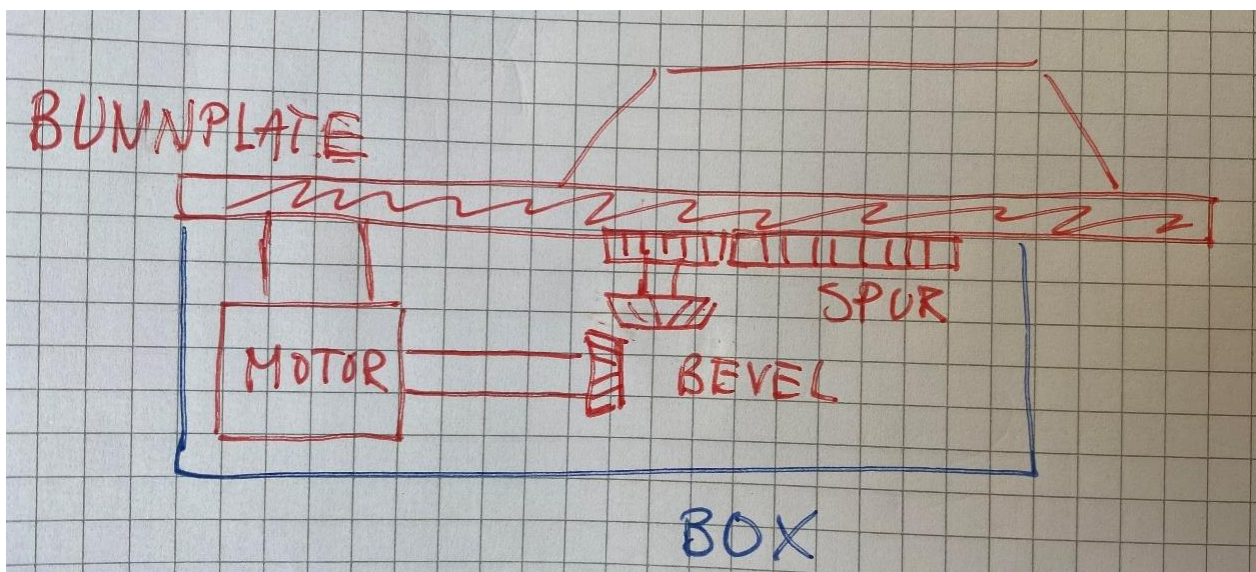
Kraftoverføring	Beskrivelse	Eksempler
Mekanisk	Et mekanisk element overfører kraften direkte eller via andre mekaniske elementer til et annet mekanisk element.	Reimdrift, tannhjul.
Hydraulisk mekanisk	Et mekanisk element overfører kraften til et annet mekanisk element ved hjelp av en væske.	Roterende aktuator med likvider.

Pneumatisk mekanisk	Et mekanisk element overfører kraften til et annet mekanisk element ved hjelp av en gass eller luft.	Roterende aktuator med luft.
---------------------	--	------------------------------

En hydraulisk mekanisme er problematisk med tanke på formlikhet. Ved hydrauliske system trengs mye ekstra utstyr i tillegg til selve el-motoren. Dette gjør at det krever ekstra plass til slanger, pumper. Oppdragsgiver har vært tydelig på at de ønsker at 3D-modellen vi lager skal være formlik modellen de ga oss. Vi har derfor valgt å ikke gå for en slik løsning. En pneumatisk mekanisme er en interessant ide, men har også noen usikkerhetsmomenter. Problemet med løsningen er hvordan vi skal klare å stoppe rotasjonen i bestemte posisjoner utenom de standardiserte posisjonene 90, 180, 270 og 360 grader. Ettersom vi har krav fra vår oppdragsgiver om at launcheren skal kunne rotere toppstruktur til bestemte posisjoner blir det vanskelig med en pneumatisk løsning. Alternativet som da gjenstår i tabellen over er en mekanisk mekanisme. En el-motor med en slags form for drivverk er en naturlig løsning. Der har vi både mulighet til å rotere 360 grader begge veier og samtidig også rotere til ønsket vinkel. En el-motor tar også liten plass og gjør det enklere for oss å plassere komponenten i launcheren.

4.4 Første utkast av rotasjonsmekanisme

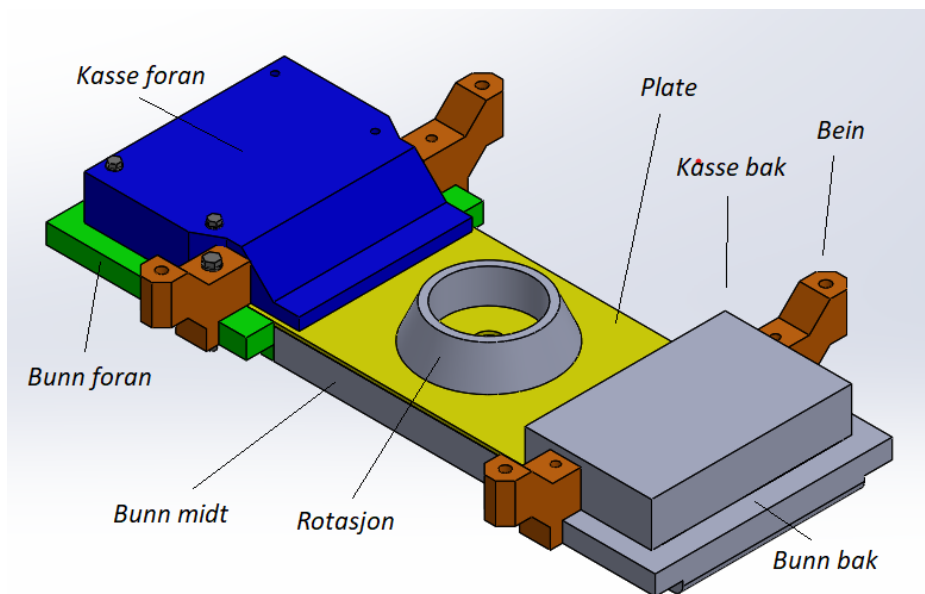
Det første utkastet på rotasjonsmekanismen kan sees i figur 3. Rotasjonsmekanismen består av en DC-motor med akslinger ut mot et konisk gir som overfører kraften til et sylindrisk tannhjul som igjen roterer toppstrukturen. Her er fortsatt en god del ting uklart, sånn som hull for kabler og luft til avfyring. Dette bare var første iterasjon av rotasjonsmekanismen og er det man kan kalle uferdig og under arbeid.



Figur 3: Første utkast til rotasjonsmekanisme.

Under på figur 8 kan foreløpig 3D-modell av bunnstruktur sees. Hovedtanken vår har vært å ha en flat plate som fundament. Vi har kalt denne for bunnplaten. I og rundt bunnplaten monterer vi fast motor og andre komponenter som skulle trenges. Rotasjonsmekanismen skal få noen bein som er montert fast i bunnplaten. Rotasjonsmekanismen skal fungere uten andre deler enn disse. Til slutt monteres bokser/deksler over komponentene.

Denne måten å bygge opp systemet vårt gjør at vi enkelt kan drive vedlikehold og demontering/montering av deler og komponenter uten å måtte ødelegge deler. Man kan tidligere se om konsepter for rotasjon vil fungere og om vi har plass til de forskjellige komponentene.



Figur 4: Foreløpig bunnstruktur med topplate hvor de andre komponentene som kasse foran og bak kan festes. Endringer i design kan påberegnes.

5. Utdypning 2

5.1 Mål for iterasjonen

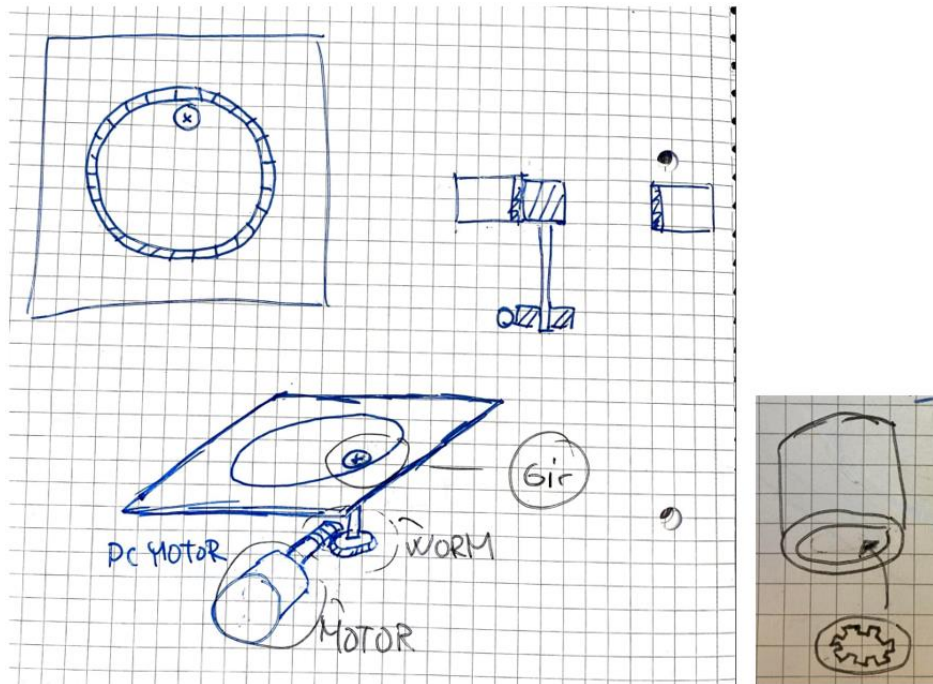
I utdypning 2 begynte mer dyptgående arbeid med rotasjonsmekanismen. Hovedfokus her var å evaluere mange ulike konsepter for rotasjon, med forskjellige typer motorer og drivverk. Her kunne vi leke oss med kreativitet og plassering av komponenter og løsninger for kraftoverføring. Vi ønsket å lage skisser, 3D-modell og se på nødvendige komponenter for hvert konsept. På slutten av utdypning 2 var målet å ha valgt type motor og helst rotasjonsløsning for prototype 1.

5.2 Konsepter for rotasjon

5.2.1 DC-motor med snekkedrift

Bruk av en DC-motor med snekkedrift. DC-Motoren roterer skruen som overfører kraften gjennom snekkedriften og videre til et enkelt sylindrisk tannhjul som til slutt roterer en tannring. Se figur 5

Dette forslaget til en rotasjonsmekanisme er ikke godt nok. For det første så kan ikke giret rotere platen slik det er vist i figur 5. En egen sylinder med et innvendig gir festet på innsiden kunne kanskje vært en løsning. En annen ting er at vi ikke har tenkt noe på plass og lokasjon av motor og andre komponenter som skal plasseres rundt topplaten et eller annet sted. Kassene vi foreløpig har designet er ikke veldig store. En tredje ting er at vi skal ha både luftslanger og kabler opp gjennom hullet. At det lille sylindriske tannhullet da er på innsiden av det innvendige giret gjør at det kan vikles inn og rive opp slanger og kabler.



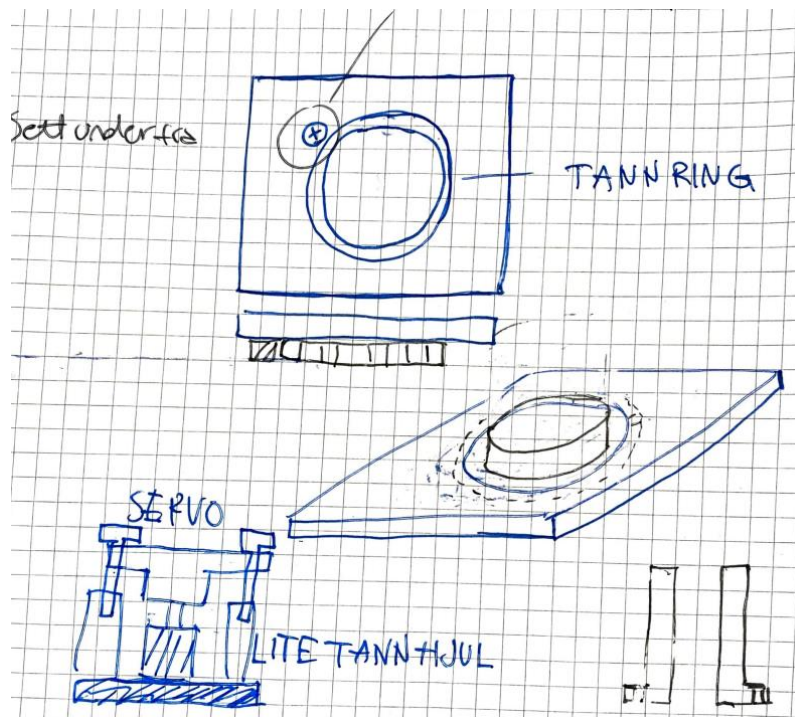
Figur 5: DC-motor metode som ikke fungerer optimalt. Sylinder med innvendig gir.

5.2.2 Servomotor med direkte kraftoverføring

En servomotor driver en tannring som er festet utenpå en sylinder. Sylindren er delen som binder toppstrukturen sammen med bunnstrukturen. Servomotoren har her fått sin egen brakett. Braketten er festet på undersiden av topplaten med enten skruer eller sterkt lim. Det lille tannhullet er festet til en tapp på selve braketten. Se figur 6.

Problemet med denne løsningen er at vi ikke har veldig god plass under topplaten. For å få plass til å ha en motor under bunnplaten, måtte vi eventuelt hatt en egen boks. Dette igjen hadde brutt med kravet om å være formlik 3D-modell gitt av KDA som var vektlagt høyt. Dette er derfor ikke en gunstig løsning for oss.

Fordelen med å ha direkte kraftoverføring er at vi minsker sjansen for tapt effekt og feil i gir, akslinger og lager. Det blir også enklere å drive utregninger på drivverket.

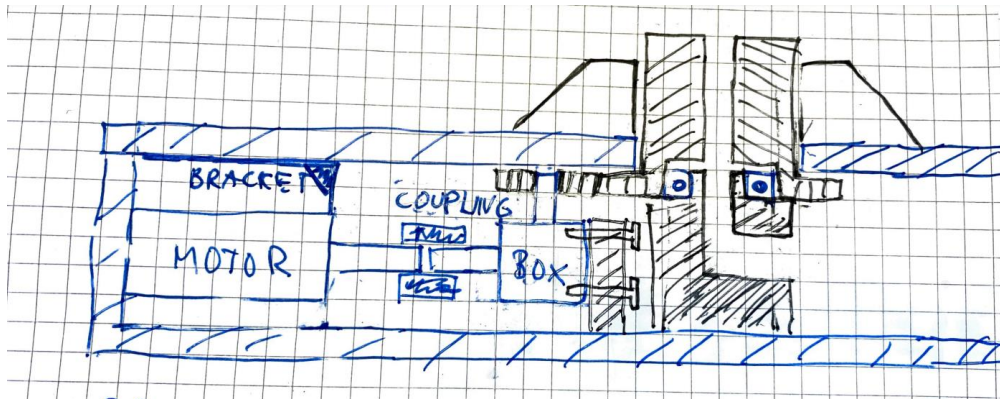


Figur 6: Løsning med servomotor.

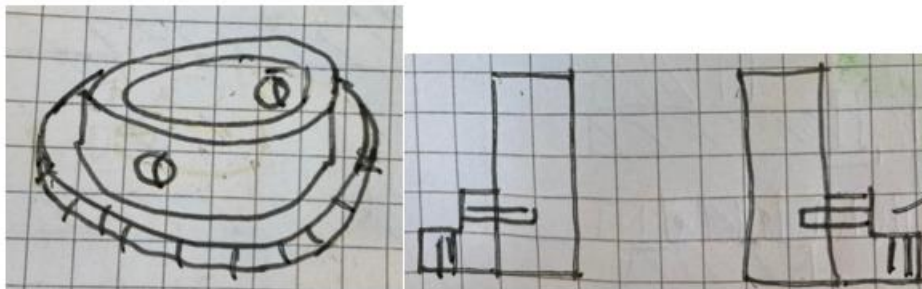
5.2.3 DC-motor plassert under bunnplate

En DC-motor er plassert under topplaten. Motoren må ha en brakett som gjør at vi kan feste den til bunnplata. Videre har vi en girboks med 1:1 utveksling. Akslingene fra motoren og girboksen er koblet sammen med en akselkobling. I bakkant av girboksen må det være en vegg eller noe som gjør at vi får festet den stabilt. Girboksen overfører kraften til et lite tannhjul. Det neste tannhjulet er spesialdesignet og er tenkt 3D printet. Se figur 7. Grunnen til dette er at vi ikke fant noe tannhjul som kunne bli kjøpt inn. Delen tannhjulet står på er også spesialdesignet og skal 3D-printes Se figur 8. Grunnen til hullet i spesialdesignet del, er at kabler og luftslanger skal kunne komme seg opp til toppstrukturen.

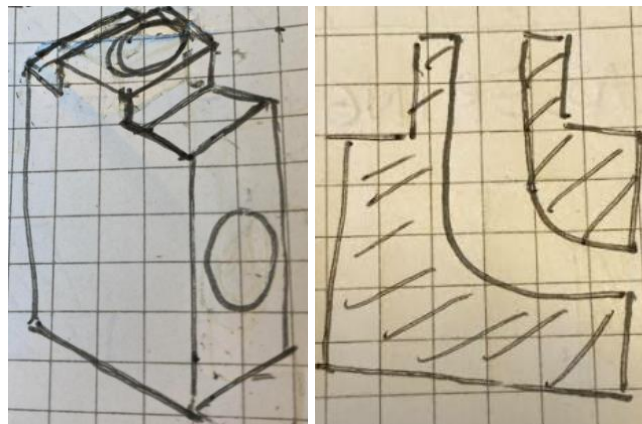
Problemet med denne typen løsning er at vi ikke har plass under topplaten for de ulike komponentene. Vi må da eventuelt øke høyden på dekslene under bunnplaten, noe som igjen vil bryte med enkelte krav i kravspesifikasjon. Samtidig er det usikkerhet rundt hvor realistisk og robust en slik type løsning vil være. Gruppen valgte dermed å ikke gå for en slik løsning.



Figur 7: DC-motor under topplate.



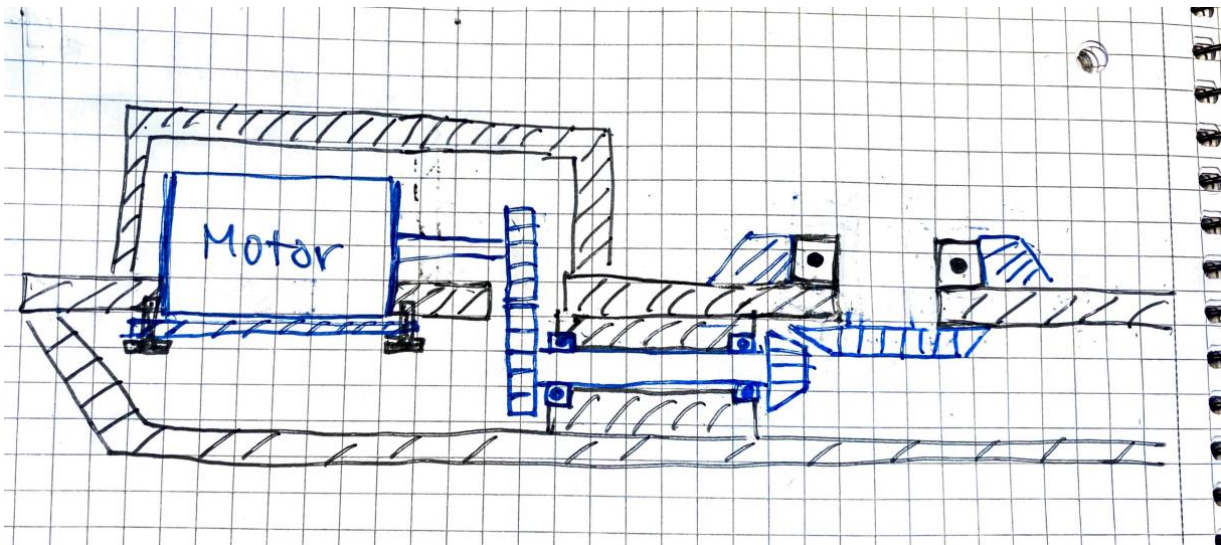
Figur 8: Skisse av 3D-printet tannhjul med hull for settskrue.



Figur 9: Skisse av 3D printet base som spesialdesignet tannhjul kan stå på.

5.2.4 Overføring med sylindriske og koniske tannhjul

For å få plass til DC-motoren fra avsnitt 5.2.3 er et annet forslag å lage et hull i bunnplaten for så å plassere motoren ned i bunnplaten. Da får vi nok plass både over og under bunnplata for de to dekslene. DC-motoren må ha en slags brakett for å kunne monteres fast. Den er som det også kan sees på figur 10, festet med skruer på undersiden av platen. Motoren overfører kraften via et sylindrisk gir og aksel videre til et konisk gir. Det koniske giret blir spesialdesignet på samme måte som ved «DC-motor plassert under bunnplate» i kapittel 5.2.3. Videre så er noen lagre plassert på diverse lokasjoner for å bedre rotasjonsevnen og redusere slitasje på akselen. Måten lagrene er plassert er ikke nødvendigvis riktig/gode.

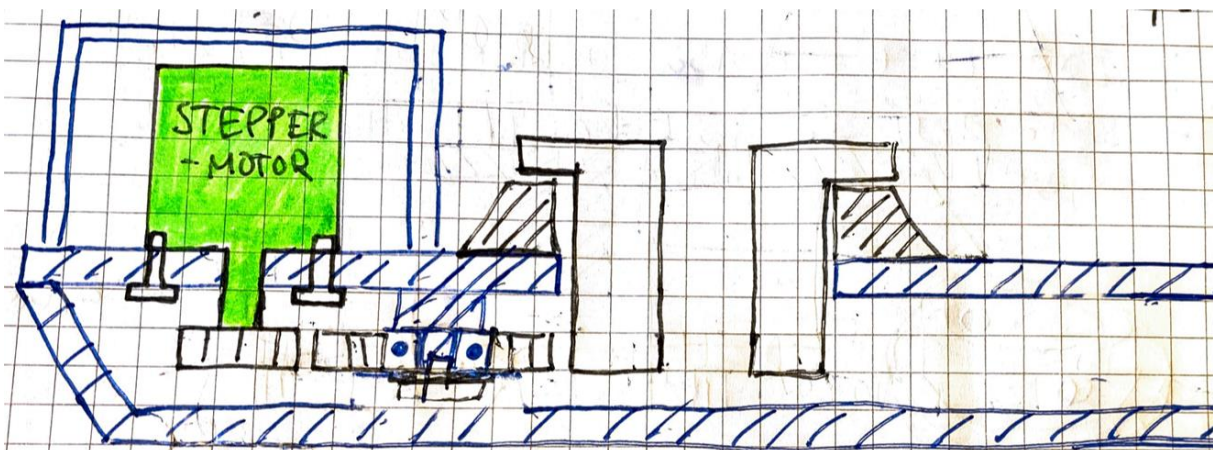


Figur 10: DC-motor gjennom bunnplate.

5.2.5 Steppermotor over bunnplate

Steppermotoren er plassert over bunnplaten og er skrudd fast med skruer. Kraften overføres via vanlige sylindriske tannhjul helt frem til et spesialdesignet tannhjul som er tenkt 3D-printet. Det midterste tannhjulet er festet med en tapp. En skrue med en skive over fester det fast til selve bunnplaten. Her må en bøssing brukes for å ikke stramme selve tannhjulet og hindre friksjon.

Fordelen med å bruke en steppermotor er at du kan få en relativt nøyaktig rotasjon. Ulempen med denne typen løsning er det med slark. Det kan fort bli en del slark i et 3-leddet-drivverk som dette. Det er også en utfordring å få festet tappene som skal feste det sylindriske tannhjulet mellom steppermotoren og den roterende strukturen.



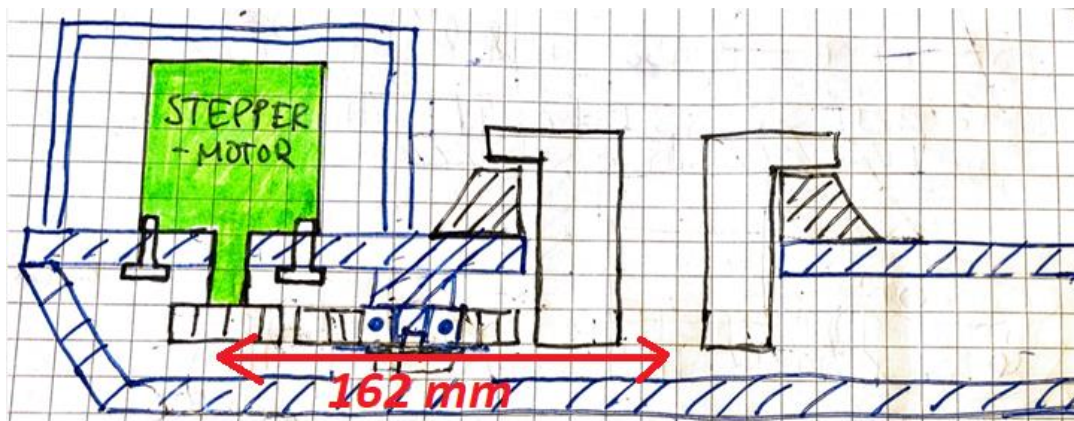
Figur 11: Steppermotor over bunnplate.

5.2.6 Overføring med sylindriske tannhjul

Konseptet innebærer kraftoverføring ved hjelp av tannhjul. Som man kan se på figur 12 er lengden fra akselen på motoren til roterende struktur på 162mm. Et problem er at

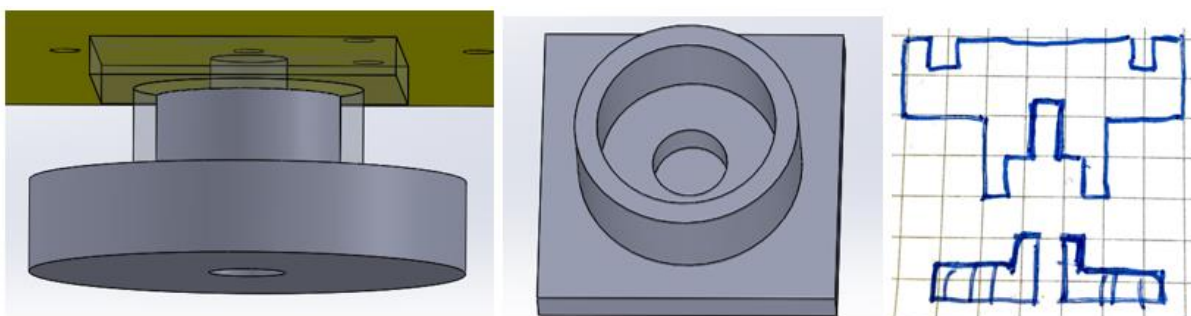
tannhjulene må være veldig store for å få en direkte kraftoverføring. De hadde ikke passet i bunnstrukturen om de hadde blitt så store.

For å løse problemet valgte vi å gå for å bruke tannhjul med pitchdiameter på 54mm. Tannhjulene fant vi på RS Components. Det å bruke tannhjul med 54mm i diameter førte til at vi traff i senter av rotasjonen hvor toppstrukturen skal være. RS Components hadde kun en tykkelse på denne typen gir. I tillegg, så vi at dette var veldig stort og kunne med fordel ha vært mye mindre. Vi måtte da eventuelt ha modellert opp egne varianter av tannhjul og 3D-printe disse.

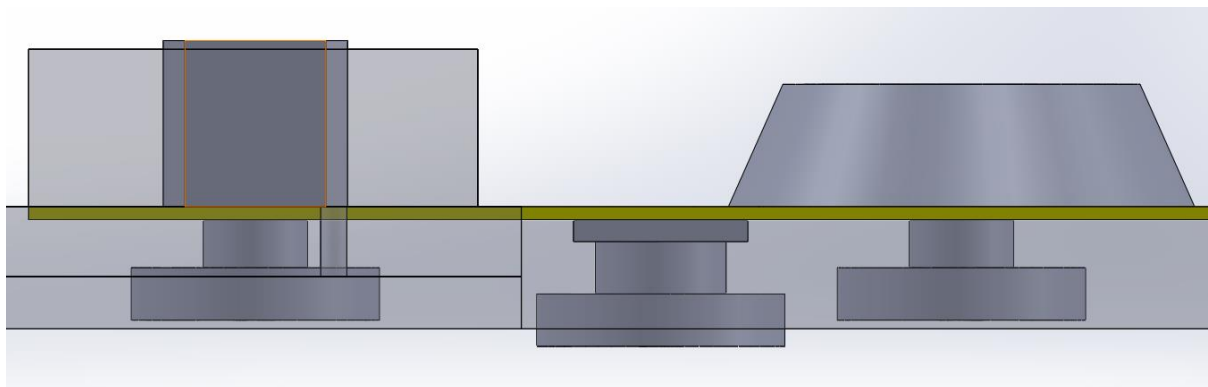


Figur 12: Konsept – Steppermotor over topplate med lengdemål.

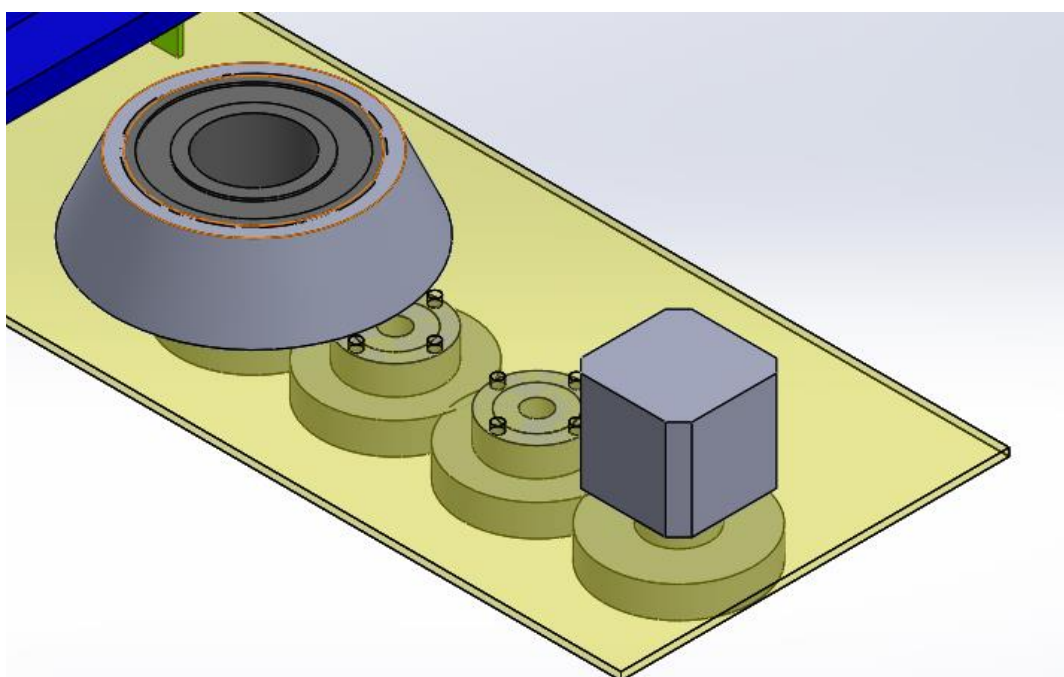
Tanken var å lage et feste-element for tannhjulet. Man putter da tannhjulet opp i feste-elementet og skrur inn en skru for å holde tannhjulet på plass. Problemet med denne typen løsning er hvordan vi skal få festet feste-elementene for de to midterste tannhjulene. Et annet problem er at om vi nå skrur til skruen så vil ikke giret rotere siden giret strammes med skruen.



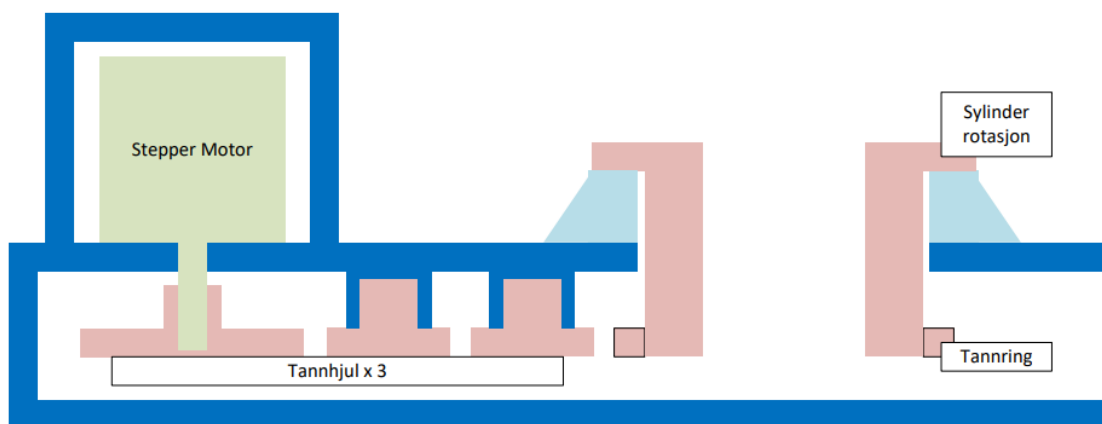
Figur 13: 3D-printet feste-element for å holde tannhjul. Utsnitt av feste-element.



Figur 14: Tannhjul som stikker utenfor bunnplaten.



Figur 15: 3D-modell av overføring ved hjelp av tannhjul.



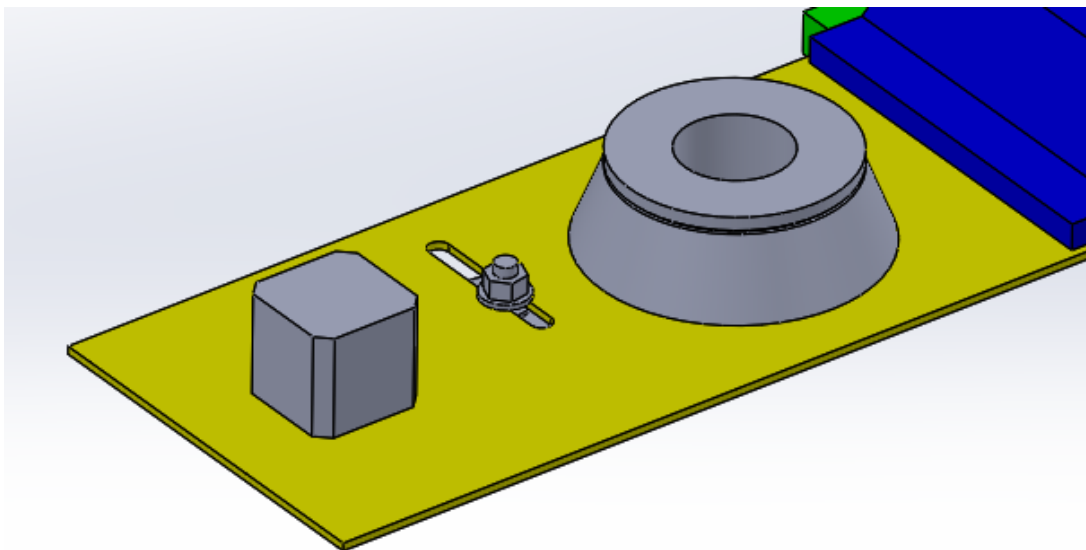
Figur 16: Girooverføringsløsning laget i Visio.

Om vi ser på figur 16 så ser vi at det er 3 overføringer mellom tannhjulene. Et problem med denne typen løsning kan bli kompleksiteten. Desto flere gir og overføringer det er, jo større er sjansen for at noe skjærer seg. Når kompleksiteten går opp, vil også usikkerheten rundt om det er gjennomførbart dukke opp. Designarbeidet blir også mye vanskeligere med flere overføringer. Slark kan også bli et problem.

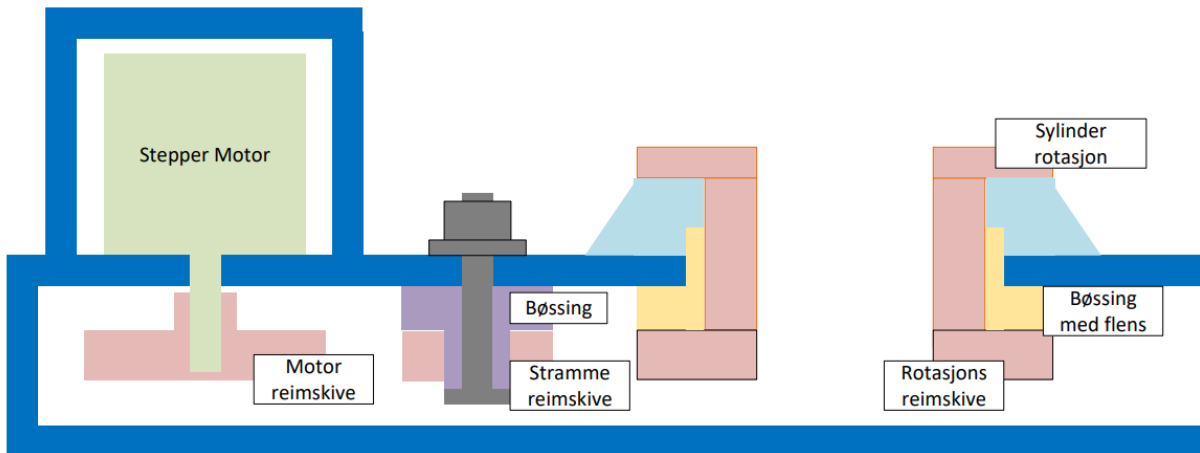
5.2.7 Overføring med reimdrift

Et annet alternativ vi kom opp med var kraftoverføring med hjelp av reimskiver og registerreim. Måten dette fungerer på er at vi har en reimskive med en settskrue som skal skrues inn mot akselen fra motoren. På den måten får vi festet reimskiva. Videre så går det en reim til en annen spesialdesignet reimskive. Reimskivesammenstillingen består av to deler. Øvre del er en sylinder med skruehull. Nedre del er rotasjonsreimskiven med skruehull og nedsenking for skruehode. Dette gjør det enkelt å demontere/montere toppstrukturen.

For at reimdriften skal fungere, må vi kunne stramme det på en eller annen måte. En løsning vi kom opp med var å lage et slissespor i topplaten for så å bruke en skrue med skiver og muttere for å holde fast et strammehjul. For at strammehjulet skal rotere fritt, bruker vi en bøssing på innsiden av strammehjulet og utenpå bolten. Bøssingen er litt høyere enn strammehjulet for å få en fin rotasjon. Se figur 17 og 18.



Figur 17: Reimdrift løsning sett ovenfra.



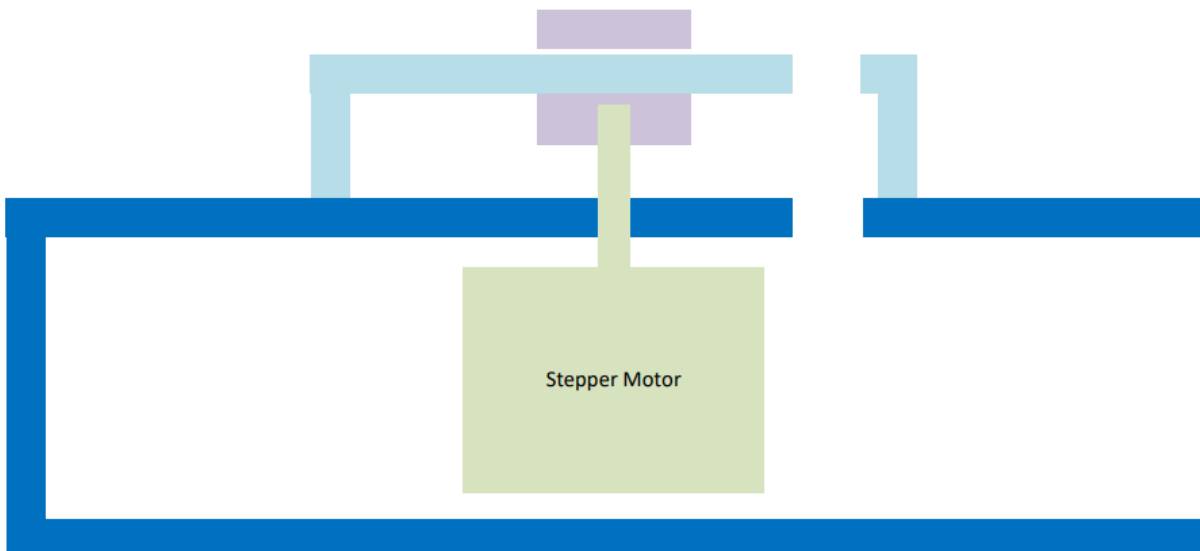
Figur 18: Reimdriftløsning laget i Visio.

5.2.8 Direkte overføring fra steppermotor til toppstruktur

Et tredje alternativ vi også tenkte på var å plassere motoren rett under midtstrukturen. Dette gjør at vi får direkte kraftoverføring mellom motor og toppstruktur. På denne måten mister man ingen effekt.

Problemet med en sånn type løsning er at det vil gå på bekostning av kravet vi har fått om formlikhet. Motoren er altfor stor til å plasseres under bunnplata. En annen ting er at vi må komme med en ny løsning for hvordan kabler og eventuelle luftslanger skal komme seg opp til toppstruktur.

Dette er et konsept vi ikke har jobbet veldig mye med, men det kan absolutt være interessant å se på dette ved et senere tidspunkt om de konseptene vi har testet ikke fungerer.



Figur 19: Direkteoverføring mellom steppermotor og roterende toppstruktur.

5.3 Sammenligning av konsepter

Det er stor forskjell mellom teori og praksis. Å sammenligne konseptene for rotasjon er derfor utfordrende ettersom det er vanskelig å si noe sikkert om hvordan de vil fungere i praksis. Det er usikkerhet og risiko rundt hvor godt konseptene vil virke, og om de er praktisk gjennomførbare i det hele tatt. Tabell x viser en kort oppsummering av de konseptene nevnt tidligere i forhold til noen utvalgte kriterier. Poeng er gitt på en skala fra 1 til 5, der 5 er best.

Tabell 3: Kriterier for sammenligning av konsepter for rotasjon.

Kriterium	Beskrivelse
Kompakthet	Hvor plasskrevende rotasjonsmekanismen er i bunnstrukturen. Konsepter som krever færre og mindre komponenter i bunnstrukturen får høyere poengsum. Vektet høyt ettersom krav til formlikhet har høy prioritet.
Presisjon	Konseptets evne til å rotere launcheren uten slark eller tapt effekt. Løsninger med lite tapt effekt for høyere poengsum grunnet bedre overføring som gir en mer pålitelig rotasjon.
Teknisk usikkerhet	Usikkerhet/risiko knyttet til utvikling av design for konseptet. Løsninger som består av simple komponenter, får høyere poengsum. Vektet høyt ettersom vi jobber innenfor en begrenset tidsramme og må ha en løsning som fungerer til slutt.
Kompleksitet	Hvor mange komponenter som er nødvendige for å realisere konseptet. Kompleksitet er ikke gunstig ettersom det øker sannsynlighet for feil i design, tilvirkning, montering og gjør sluttproduktet mindre robust. Konsepter med færre deler og færre inngående bevegelige mekanismer får høyere poengsum.
Luftoverføring	Simpelheten for strøm- og luftoverføring. Enklere løsninger der kabler og luftslanger får bedre plass for høyere poengsum.

Tabell 4: Sammenligning av konsepter for rotasjon.

		Sylindriske tannhjul		Reimdrift		Direkte overføring		Konisk og sylindriske tannhjul	
Kriterium	Vekt	Beskrivelse	P	Beskrivelse	P	Beskrivelse	P	Beskrivelse	P
Kompakthet	20%	4 Sylindriske tannhjul, tapp for innfesting.	3	3 reimskiver, registerreim.	4	Motor. Den er stor og tar mye plass under bunnplaten.	1	2 sylindriske tannhjul, 2 koniske tannhjul og lagre.	2

Teknisk usikkerhet	20%	En del komponenter finnes; tannhjul.	3	Litt komponenter finnes	3	Her er det bare motor som skal plasseres.	5	En del komponenter finnes: sylindriske tannhjul.	3
Presisjon	20%	Usikkerhet rundt overføring mellom de sylindriske tannhjulene, kan bli noe slark.	3	Relativt god overføring så lenge belte er strammet og passer i tenna.	4	Veldig god overføring av krefter.	5	Usikkerhet rundt overføring mellom sylindriske og koniske tannhjul	2
Kompleksitet	20%	Usikkerhet til robusthet og pålitelighet i overføringen mellom tannhjulene	2	Enkel løsning med noen reimskiver og et løpehjul med strammefunksjon.	4	Veldig enkelt med motoren plassert rett under roterende struktur	5	Kompleks løsning med usikkerhet spesielt i det koniske giret og overføringen opp til toppstruktur.	1
Strøm- og luftoverføring	20%	Kan designe spesialdesignet tannhjul som har hull til luft og strømovertføring.	4	Kan designe spesialdesignet tannhjul som har hull til luft og strømovertføring	4	Utfordrende å få til luft og strømovertføring	3	Utfordrende å designe spesialdesignet løsning for konisk tannhjul	2
Sum	100%	Usikkerhet på overføring og robusthet.	3,0	Jevnt god på det meste.	3,8	God på det meste, utenom formlikhet.	3,8	Usikkerhet på flere ting, kompleks.	1,6

5.4 Valg til første prototype

Vi har valgt å gå inn for konseptet med reimdrift for prototype 1 ettersom vi tror at dette er en løsning som kan fungere og samtidig oppfylle kravene vi har rundt formlikhet og rotasjon. Dette er også en løsning som vi fort kan få bygd også ettersom det kun var innkjøp av belte som måtte gjøres. Resten av delene skal 3D-printes. Om det skulle vise seg at reimdrift er en dårlig løsning så vil vi se mer på andre løsninger i fremtiden.

6 Konstruksjon 1

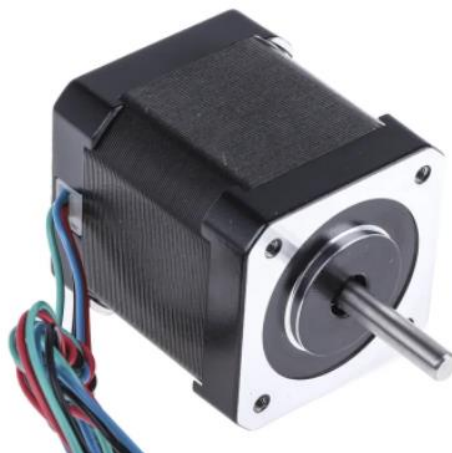
6.1 Mål for iterasjonen

Målet for denne iterasjonen var å ha en designplan for hvordan det valgt konseptet skal brukes og plasseres inn i systemet. Denne iterasjonen var bare på to uker og mye tid gikk med til forberedelser til presentasjon 2. Arbeidet med designet kom derfor ikke så langt i denne iterasjonen.

6.2 Komponentvalg

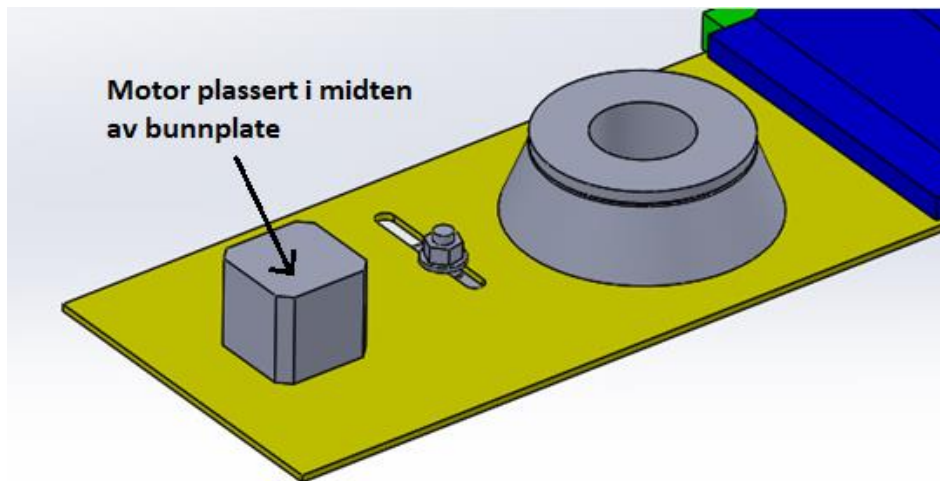
I bunnstrukturen skal reimdriften plasseres. Reimdrift består av reimskiver og reim. Det må være en strammefunksjon som bedrer grepet mellom reim og reimskiver. Videre må det også være hull for luft- og strømovertføring opp til toppstruktur. Reimskiven for roterende struktur må derfor være hul og festes til toppstruktur med skruer.

Det finnes mange ulike motortyper. Etter en samlet vurdering av motorer vi hadde tilgjengelig på markedet, samt deres fordeler og ulemper, endte vi med å ville bruke en steppermotor. Grunnene til dette var blant annet at denne typen motor er sterk og har godt holdemoment. At en steppermotor har godt holdemoment vil si at den klarer å stoppe rotasjonen ved stor presisjon uten at den vil rotere mye over det rotasjonen er satt til. Holdemomentet gjør at rotasjonsmekanismen kan holde riktig vinkel selv ved ekstern påvirkning, som for eksempel ved avfyring. Hos en DC-motor finnes det ikke holdemoment, det var en av grunnene til å ikke bruke en slik motor til rotasjonsmekanismen. Se *EL002 - Utviklingslogg, motorer og regulering* for mer spesifikasjoner.



Figur 20: Steppermotor.

Fra utdypning 2 hadde vi plassert motoren i midten av bakre kasse. Dette var før vi fant ut at vi måtte ha en enkoder i kretsen. Rotasjonsenkoderen er viktig på grunn av at den holder styr på rotasjonen selv om steppermotoren hopper over steg eller møter på motstand. Dette er viktig for å opprettholde kravet om rotasjon til en bestemt posisjon.



Figur 21: Viser motorplasseringen i midten av bunnplaten.

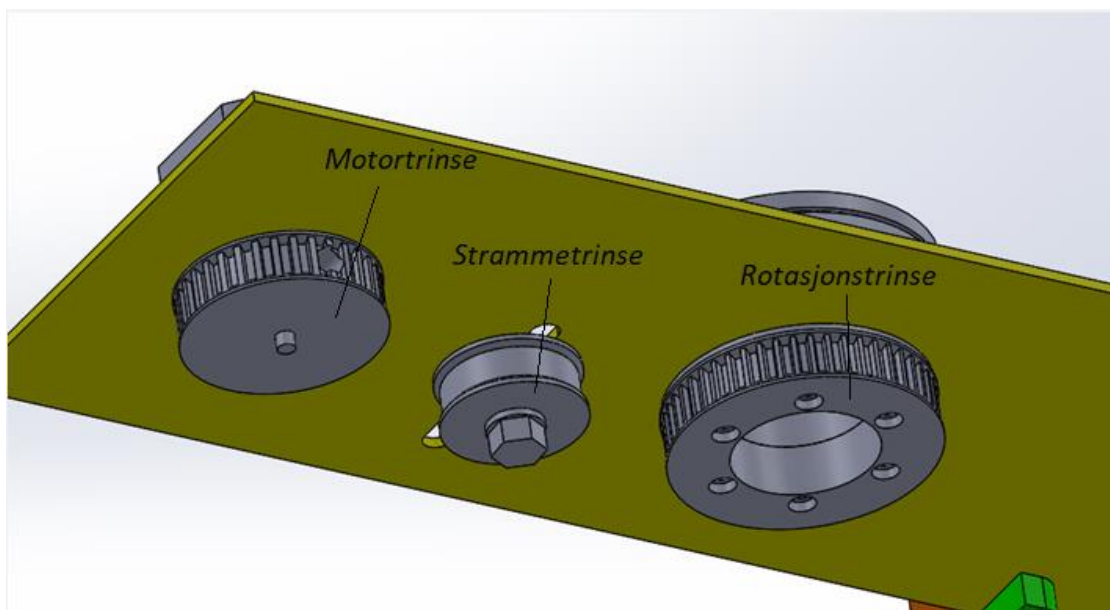
Valget av enkoder skjedde ved hjelp av to faktorer. For det første så var monterbarheten til enkoderen viktig. Vi ønsket derfor å kjøpe en enkoder som lett kunne demonteres og monteres ved hjelp av en skrue. Videre så var det viktig at enkoderen oppfylte kravene for nøyaktighet. Se *EL002 - Utviklingslogg, motorer og regulering* for mer spesifikasjoner.

I konstruksjon 1 ble det også valgt reimprofil. Ettersom vi hadde krav om nøyaktig og presis rotasjon ønsket vi å bruke tannprofil. Vi valgte å gå for en registerreim. Registerreimen har tenner som griper inn i reimskivene. En tannprofil gir en nøyaktig og presis overføring av kreftene uten tapt effekt og minimalt med slark.

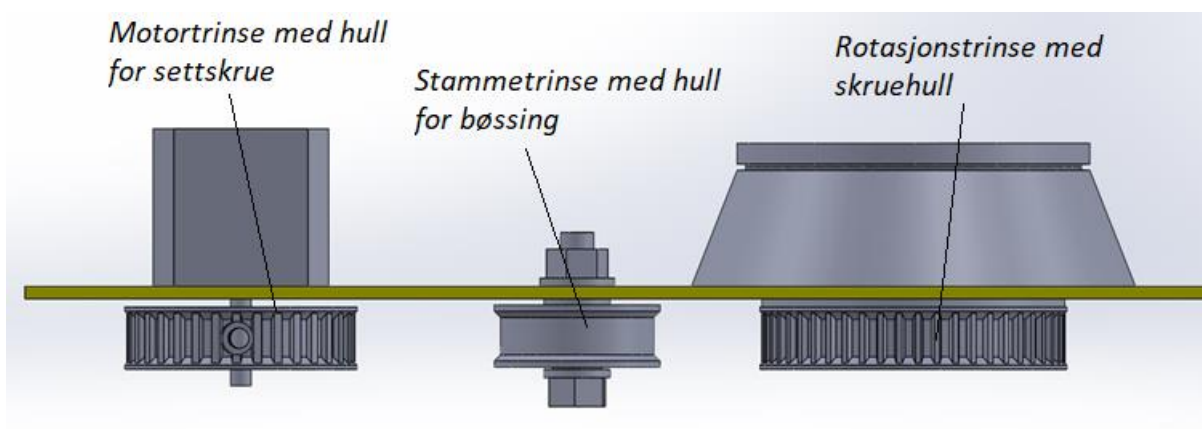
Andre alternativer som flatprofil og V-profil belter ble vurdert, men ble ikke valgt på grunn av usikkerhet rundt slark og effektiv overføring av krefter mellom belte og reimskiver. Usikkerheten rundt om beltene ville glippe litt ved rotasjon til flere posisjoner ble avgjørende for valget.

6.3 Detaljdesign

I konstruksjon 1 ble det utarbeidet en 3D-modell som visualiserer rotasjonsmekanismen. Som nevnt tidligere valgte vi i konstruksjon 1 å kjøpe inn rotasjonsenkoder og denne blir modellert inn i konstruksjon 2.



Figur 22: Reimdrift løsning sett fra undersiden.



Figur 23: Reimdrift løsning sett fra siden.

7. Konstruksjon 2

7.1 Mål for iterasjonen

Målet i konstruksjon 2 var å utføre detaljdesign av bunnstrukturen og rotasjonsmekanismen. Valg og plassering av komponenter, innfestning av komponenter, strukturell oppbygning av bunnstruktur og utforming av 3D-printede komponenter.

7.2 Detaljdesign av bunnstruktur

Mini Launcheren skal være formlik 3D-modell gitt av KDA (FK1-0) og systemets total lengde kan ikke overstige 500mm (FK-8-0). For å opprettholde formlikheten og størrelses kravet er utvendige mål på bunnstrukturen satt til 496 x 193 x 78. For å få en fungerende rotasjonsmekanisme med valgt konsept for rotasjon (reimdrift) er det som skal plasseres i bunnstrukturen følgende: steppermotor, rotasjonsenkoder, reimskiver, registerreim og strammehjul.

Andre ting som skal plasseres i bunnstrukturen er en Arduino Mega 2560 med en tilhørende Ethernet Shield 2, to motorkontrollere for å kontrollere rotasjon og elevasjon og en elektrisk bryter for å hindre avfiring av prosjektiler. Luftslangene og kabler skal også plasseres i bunnstruktur og det må lages et hull i et av dekslene for luft tilførsel fra FDC.

7.2.1 Designfaktorer

Designarbeidet med bunnstrukturen har i stor grad gått ut på å utvikle et design som oppnår en balanse mellom mange ulike faktorer. Kritisk faktor for bunnstrukturen er å finne en løsning for rotasjonsmekanismen på en slik måte som gjør at vi oppfyller kravene rundt formlikhet.

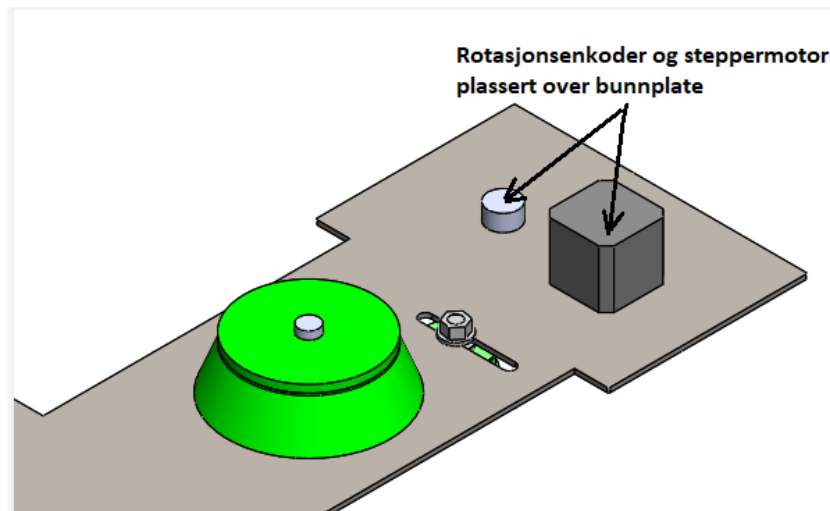
Andre faktorer som er tatt hensyn til i designet av bunnstrukturen er monterbarheten. Bunnstrukturen må være designet med mulighet for å demontere/montere på en enkel måte. Vi ønsket å ha et design som fungerte slik at deksler og annen utvendig geometri er uavhengig for at Launcheren skal fungere. Det vil si at Mini Launcheren er operativ uten utvendig geometri. Dette gjør det også enklere å drive feilsøking og vedlikehold.

For rotasjonsmekanismen så har vi landet på å bruke 3D-print for reimskivene i rotasjonsmekanismen. Det er flere hensyn å ta ved bruk av 3D-print. 3D-print gir et betydelig avvik mellom mål spesifisert i 3D-modell og mål på ferdig printet produkt. 3D-printede deler har også stor styrkeforskjell i lagretning. Se *RM002 – Rapport, 3D-print research*.

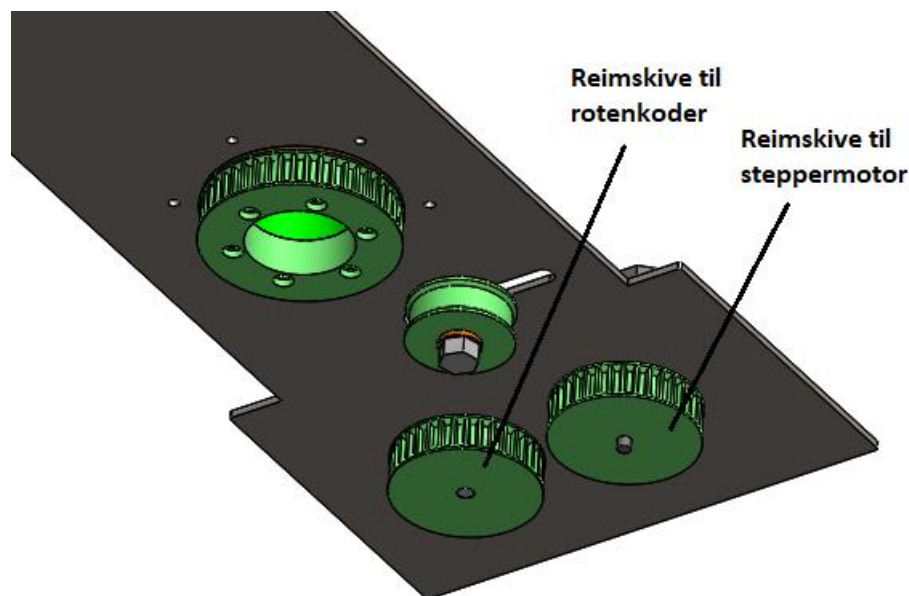
Det er laget en egen rapport for design arbeidet ved reimskivene. Her forklares de ulike faktorene som spiller inn i designet. Den endelige utregningen av reimskivene er også med. Se *RM010 - Rapport, reimskivedesign*.

7.2.2 Utforming av bunnstruktur

For å få plass til både rotasjonsenkoder og motor i kassene så måtte motoren flyttes vekk fra senter av bunnplaten. Rotasjonsenkoderen ble plassert på samme linje som steppermotoren. Dette gjorde at vi fikk plass til både rotasjonsenkoder og steppermotoren innenfor dekslet.



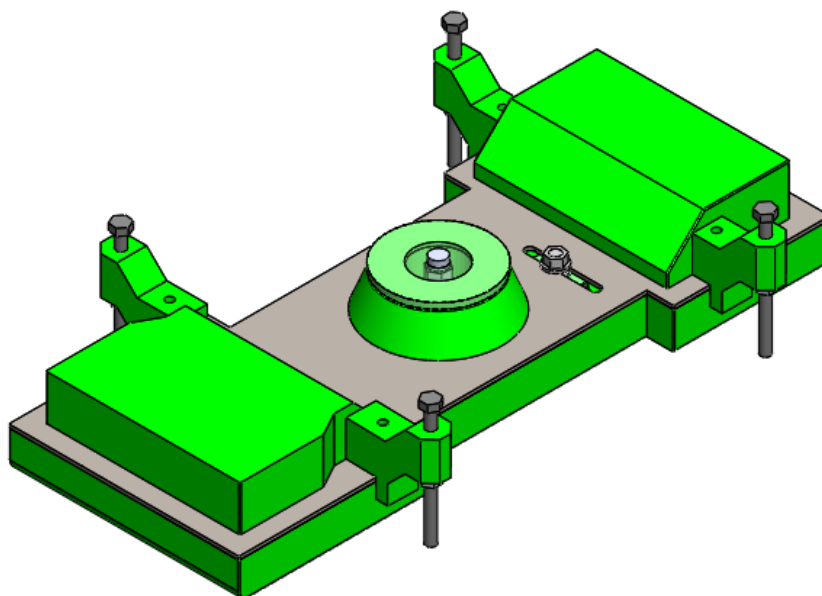
Figur 24: Reimdriftløsning med rotasjonsenkoder fra konstruksjon 2.



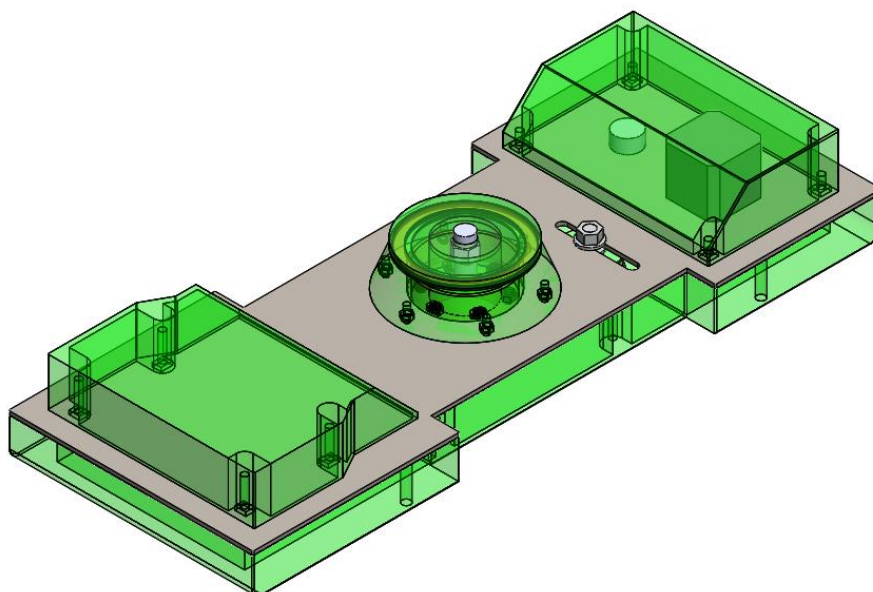
Figur 25: Viser reimskivene til rotasjonsenkoder og motor.

Om vi ser på figuren over så har enkoderen og steppermotoren lik utveksling. Dette var viktig for oss ettersom det lettet arbeidet med å kontrollere rotasjonen.

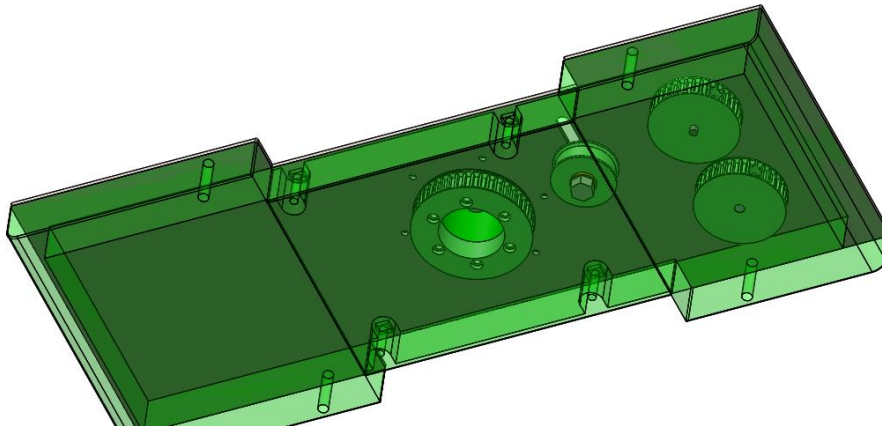
Videre så ble utforming av deksler til bunnstrukturen laget. Viktige faktorer som spilte inn på design var at launcheren ikke måtte treffe dekslene ved rotasjon og elevasjon samtidig som at de burde være nokså formlike og gjenspeile 3D-modell gitt av KDA. Dekslene er tenkt demonterbare uten å gå på bekostning av funksjonalitet.



Figur 26: Foreløpig bunnstruktur med enkle deksler.



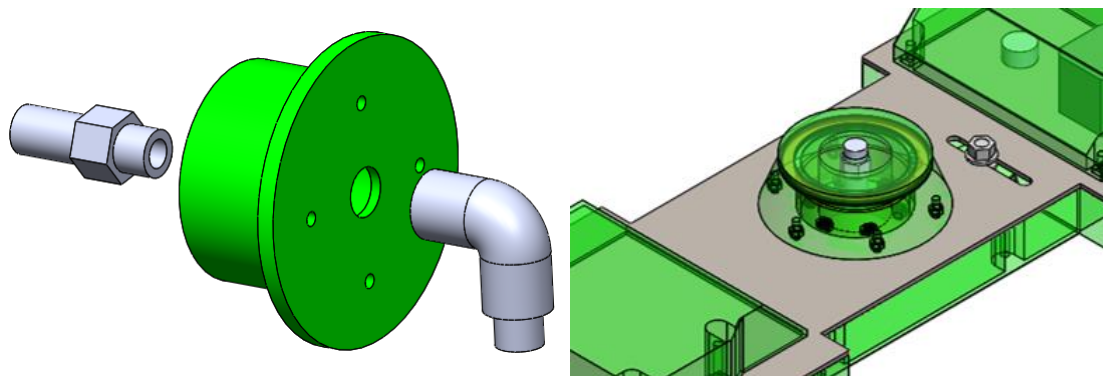
Figur 27: Bunnstruktur med transparente kasser.



Figur 28: Rotasjonsmekanismen sett fra undersiden.

7.2.3 Rotasjonssylinder

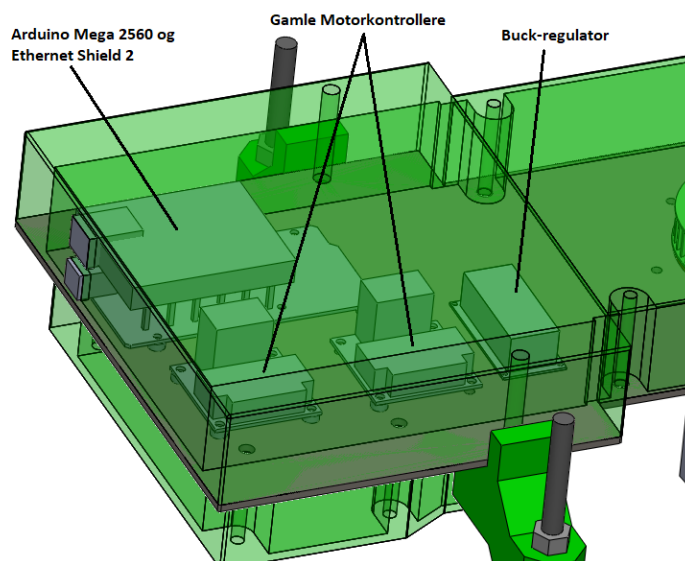
Rotasjonssylinderen er viktig med tanke på overføringen av luft og kabling til toppstrukturen. På denne designvarianten så mangler hull for kabler, så et redesign måtte til. I konstruksjon 3 er endelig design vist.



Figur 29: Viser en designvariant av rotasjonssylinderen med til hørende deler.

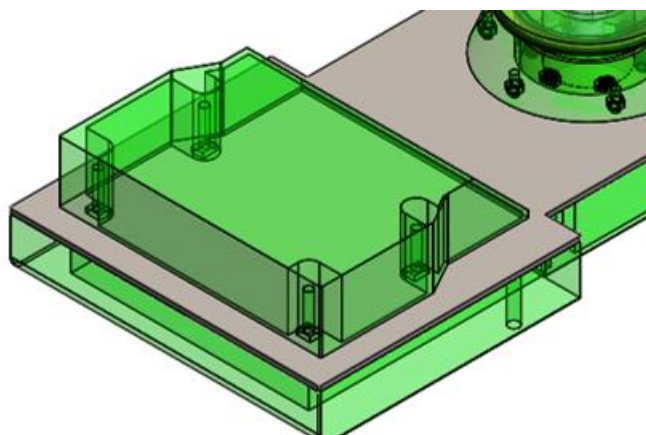
7.2.4 Arduino Mega, Ethernet Shield, motorkontrollere og Buck-regulator

I konstruksjon 2 ble det også sett mye på plasseringer av elektroniske komponenter i bunnstrukturen. Viktige faktorer som spilte inn på plassering var plassutnyttelse. Andre faktorer var logisk plassering av elektronikk i forhold til kabling mellom elektronikk i bunnstrukturen og toppstrukturen.



Figur 30: Første designvariant.

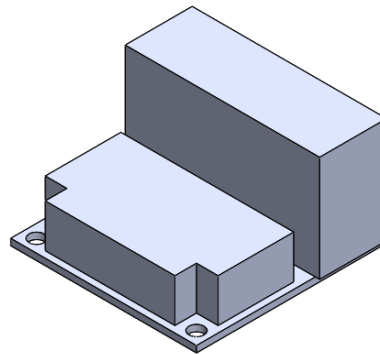
Designvarianten på bildet over viser hvordan mikro- og motorkontroller ble plassert i konstruksjon 2. Her er alle komponentene plassert under bunnplaten. Dette viste seg å være dårlig plassutnyttelse ettersom at vi da fikk et deksel der ingenting var plassert. Vi ønsket derfor å endre designet slik at mikrokontrolleren ble plassert i dekselet over bunnplaten. Slik får vi bedre plass til både mikrokontrollere og motorkontrollere.



Figur 31: Viser kasse som ikke har noen funksjon eller hensikt.

7.2.5 Motorkontroller L298N

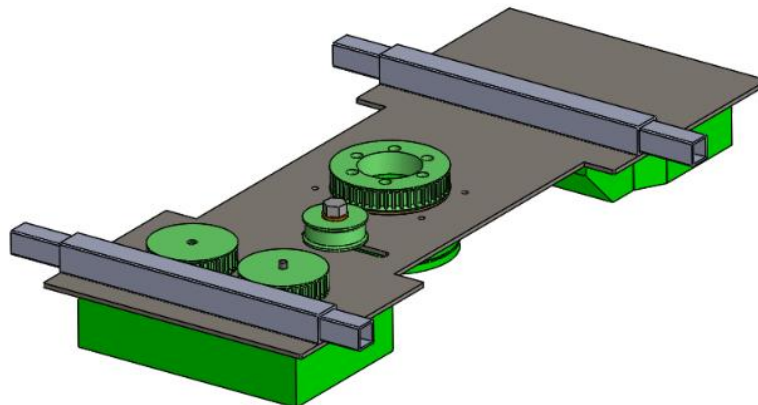
Testing av rotasjonsmekanismen ved bruk av motorkontroller L298N resulterte i at motorkontrolleren ble veldig varm. Etter ca. 10 rotasjoner så var den nærmere 90 grader. Motorkontrolleren er beregnet for å tåle 130 grader maks. Uansett så er det ikke bra at den ble så fort varm på så kort tid. Mini Launcheren skal jo kunne brukes uten å måtte stoppe for å kjøles etter bare noen sekunders bruk. Vi valgte derfor å gå for noen nye motorkontrollere av typen TB6600 som er beregnet for å tåle mye mer. Mer om dette senere.



Figur 32: Motorkontroller L298N.

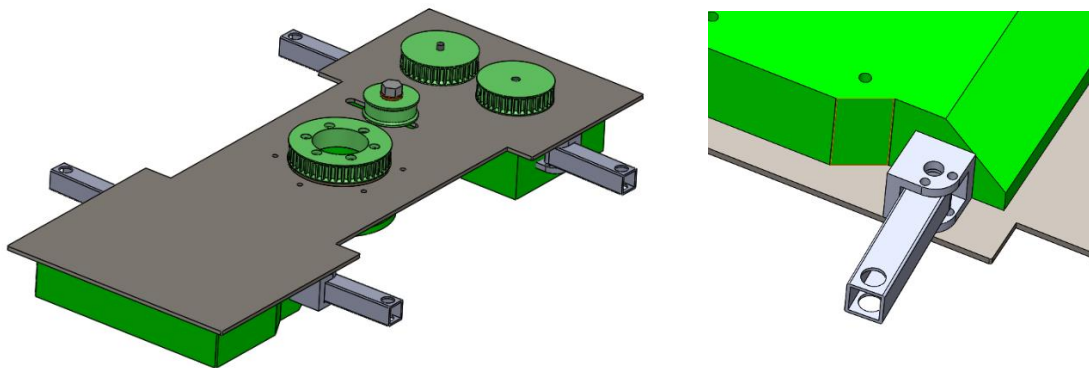
7.2.7 Alternative løsninger

I konstruksjon 2 ble det også sett på løsninger for å ha sammenleggbare/innskryvne bein. Dette viste seg å være utfordrende med vår valgte løsning for rotasjon.



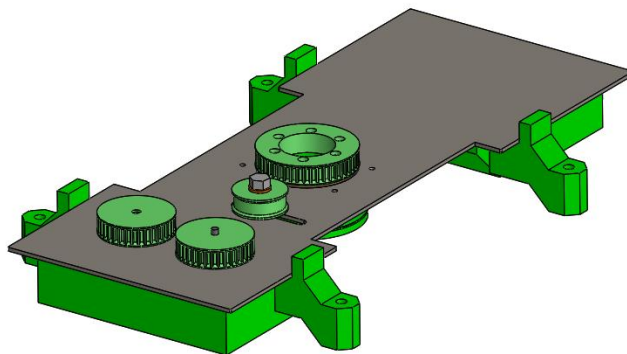
Figur 33: Viser designvariant 1 av bein.

Designvariant 1 viser firkantprofiler som kan skyves inn og ut. Dette kan gi bedre stabilitet for launcheren. Problemet var plassen rotasjonsmekanismen krevde. Stålprofilene tok også mye plass noe som gjorde det vanskelig å plassere de rett i forhold til tyngdepunkt.



Figur 34: Viser designvariant 2.

Designvariant 2 viser en brakett hvor beinet er festet med en skrue. Denne løsningen gir launcheren mulighet til å legge sammen beina. På denne måten blir launcheren mindre og er enklere å pakke sammen ved for eksempel transport. Problemet med løsningen var plasseringen av brakettene på bunnplaten uten at det skulle gå utover formlikheten.



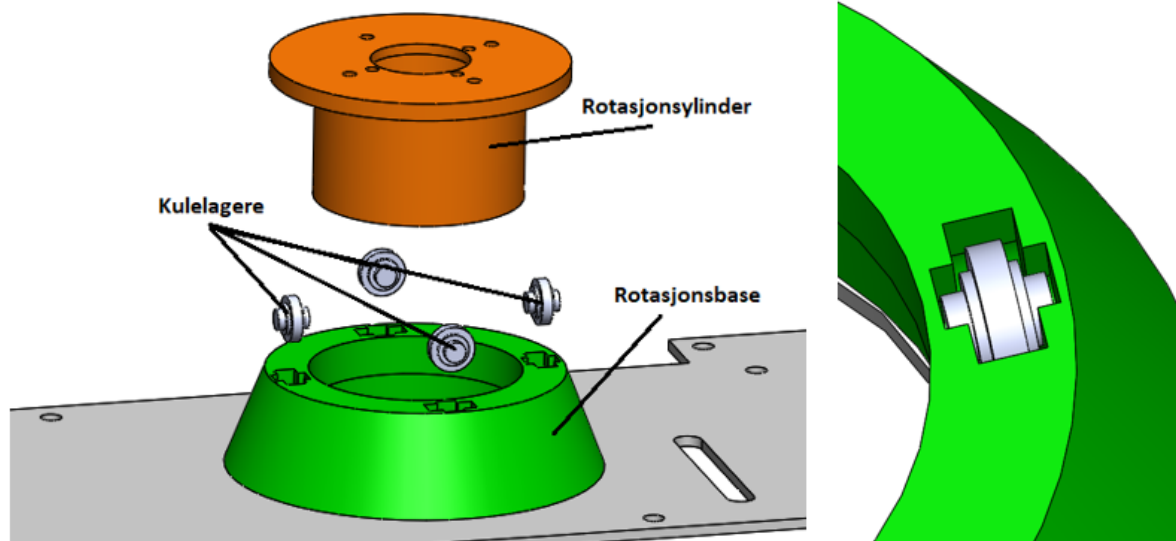
Figur 35: Viser designvariant 3.

Vi valgte derfor å gå for designvariant 3 som ble designet i konstruksjon 1. Dette er enkle 3D-printede bein der det er tenkt at skruer skal justere høyde på launcher. Dette var en enkel og fin løsning og gjorde at vi bedre klarte å oppfylle kravet om formlikhet.

Kulelager løsning

For å minske friksjonen mellom toppstrukturen og rotasjonssylinderen har vi sett på en løsning ved hjelp av radielle kulelagre. Om vi ser på figur 36 kan vi se hvordan løsningen er tenkt. Rotasjonssylinderen ligger og hviler på kulelagrene som legges i spor i rotasjonsbasen. Kulelagrene er montert utenpå en 6mm aksel.

Denne løsningen ble bare et konsept grunnet tidsbegrensninger.



Figur 36: Kulelagerløsning.

7.3 Utregning av dreiemoment steppermotoren må dra

Steppermotoren vi vurderte er av typen RS Pro 2.8V Hybrid. Den hadde maksimum holdemoment på 0,36Nm. Et veldig kritisk punkt er at motoren må klare å rotere toppstrukturen. Viktige faktorer her er utveksling, friksjon, motorens holdemoment og nøyaktigheten på tenna.

Vi veide toppstrukturen til 3,5kg. Dette var utenom deksler. Vi la derfor til 0,5kg for å være sikre på at motoren skulle klare å rotere toppstrukturen. Den veide da 4kg.

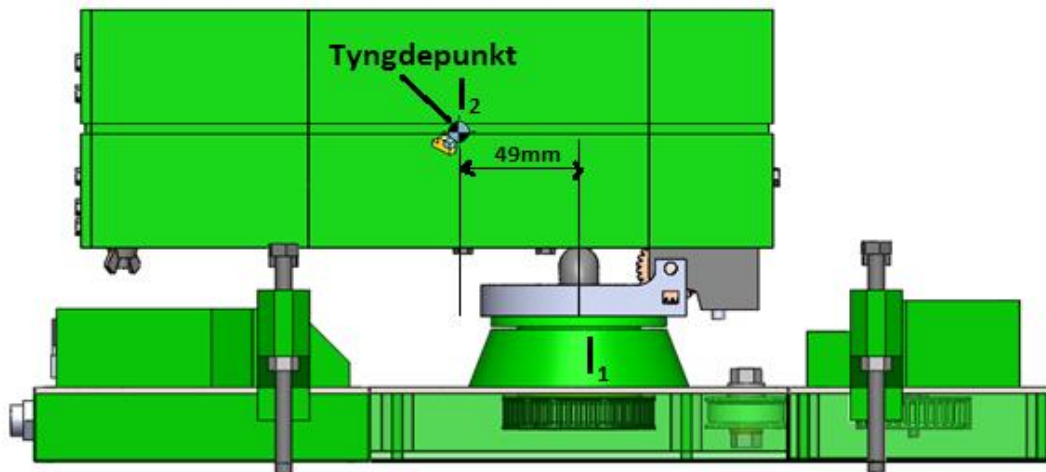
Formelen vi valgte å bruke for å regne ut dreiemomentet som motoren måtte klare var parallellakseteoremet.

$$I_2 = I_1 + md^2$$

Om vi ser på illustrasjonen under så kan vi se tyngdepunktet til toppstrukturen. Vekta av toppstrukturen er 4kg. Tregghetsmomentet om I_1 fant vi ut ifra «Mass Properties» i SolidWorks. $I_1 = 5,66 \cdot 10^7 \text{ gmm}^2$. Akselerasjonen til motoren er på $\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$. Satt inn i formelen får vi:

$$I_2 = 5,66 \cdot 10^7 \text{ gmm}^2 + 4000 \text{ g} \cdot 49\text{mm}^2 = 66204000 = 6,62 \cdot 10^{-2} \text{ kgm}^2$$

$$T = I\alpha = 6,62 \cdot 10^{-2} \text{ kgm}^2 \cdot \pi \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} = 0,208 \text{ Nm.}$$



Figur 37: Illustrasjon av tyngdepunkt i toppstruktur.

Bidrag fra friksjon:

$$F = mg = 4kg \cdot \frac{9,81m}{s^2} = 39,2N$$

$$T = F\mu r = 39,2N \cdot 0,3 \cdot \frac{0,075}{2} m = 0,44Nm.$$

$$T_{total} = T_1 + T_2 = 0,208Nm + 0,44Nm = 0,648Nm.$$

Hensyn til utveksling:

$$\frac{0,648Nm}{1,3} = 0,498 Nm.$$

Utteksling endres til 1:3

For å minske belastningen for motoren modellerte vi nye tannreimer for rotasjonen. Tannreimen for den roterende toppstrukturen ble endret til 100mm i diameter, mens de to minste tannreimene på motoren og rotasjonsenkoder ble endret til 32mm. Se *RM010 - Rapport, reimskivedesign* for detaljer.

Om vi bruker den nye utvekslingen i utregningen for dreiemoment blir det:

$$\frac{0,648Nm}{3,15} = 0,206Nm$$

0,206Nm er langt under det motoren skal klare å dra.

Vi testet så rotasjonen igjen. Ting som ble observert var at rotasjonsmekanismen fungerte betraktelig bedre, den klarte å rotere stort sett, motoren spant hele tiden, om den ikke roterte så var det settskruen som ikke var festet skikkelig på akselen til motoren.

Problemet var at den ikke var helt pålitelig og at den fortsatt tullet litt noen ganger. Etter observasjoner og litt testing så fant vi ut at tennene på beltet ikke passet 100% i reimskiva for toppstrukturen. For å få registerreima til å ligge i sporet så måtte vi stramme ekstra på strammehjulet. Dette gjorde at akselen fra motoren fikk for stor belastning i radiell retning slik at den ikke klarte å rotere toppstrukturen.

Denne lille unøyaktigheten med tannhjulet er problemet for at rotasjonen ikke fungerer helt gunstig. En ny tannreim skal nå modelleres og bli finjustert for å eliminere dette problemet. Innkjøp av en sterkere motor kommer også til å skje.

7.3.1 Sammenligning av motorer

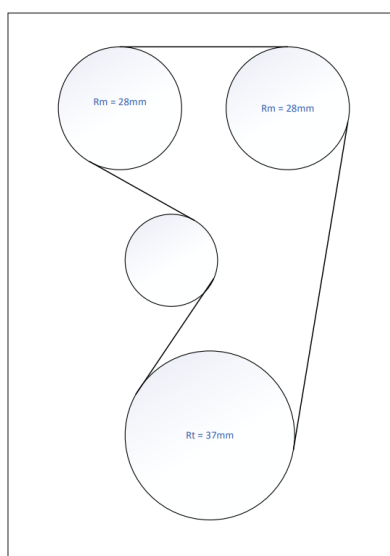
Hoved forskjellen på motoren som ble vurdert er at *Hybrid Steppermotor FL42STH* er en del sterkere. Vi kan se at den har bedre holdemoment, og at den tåler litt mer radiell belastning. Vi valgte derfor å kjøpe inn en ny motor for å sikre oss at rotasjonen fungerte fint.

Tabell 5: Teknisk data for vurderte steppermotorer.

Data	RS Pro 2.8V Hybrid	Hybrid Steppermotor FL42STH
Holdemoment	0,36 Nm	0,44 Nm
Treghetsmoment	54 g.cm ²	68 g.cm ²
Grader pr. stepp	1,8	1,8
Maks radiell belastning	28 N	36 N
Bredde	42x42 mm	42x42 mm
Høyde	38mm	48mm

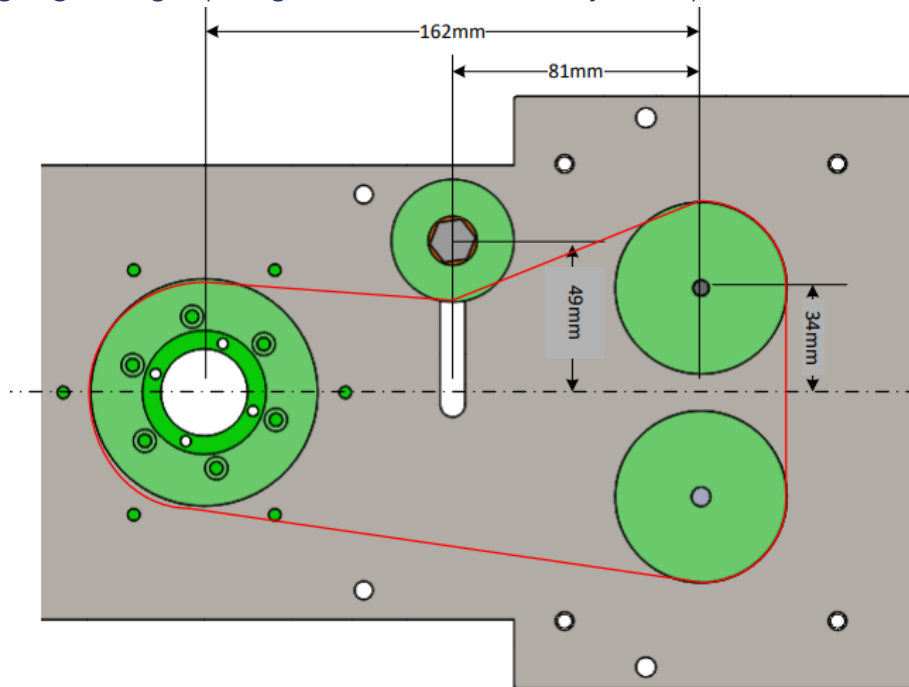
7.4 Utrekning av lengde på belte

En vesentlig komponent til reimdriften var registerreima. Det er utført beregninger for å finne lengden på beltet.



Figur 38: Illustrasjon av radius på reimskiver.

7.4.1 Utregning av lengde på registerreim når strammehjulet er plassert helt ute i kanten:



Figur 39: Lengde på registerreim når strammehjulet er helt ute i kanten.

For å regne ut lengden på registerreimen brukte vi en del enkle formler.

Omkretsen av en sirkel:

$$O = \pi D$$

Omkretsen av rotasjonsreimskiven:

$$O = \frac{\pi * D}{2} = \frac{\pi * 74mm}{2} = 116,23mm$$

Omkretsen av enkoder- og motorreimskive:

$$O = \frac{\pi * D}{4} = \frac{\pi * 56mm}{4} = 43,98mm$$

Pytagoras mellom rotasjonsreimskive og strammehjul:

Vi vet fra figur 38 at diameteren på rotasjonsreimskiven er 74mm og 40mm på strammehjulet. For å kunne regne ut lengden på belte mellom rotasjonsreimskiven og strammehjulet finner vi $\text{katet}_1 = 162mm - 81mm = 81mm$. Vi vet også at lengden fra senter av rotasjonsreimskiven til senter av strammehjulet er 49mm. Radius på strammehjulet blir 20mm. $49mm - 20mm = 29mm$ ved tuppen av strammehjulet. Radius på rotasjonsreimskiven blir 37mm. $\text{katet}_2 = 37mm - 29mm = 8mm$.

Pytagoras læresetning:

$$\text{hypotenus} = \sqrt{\text{katet}_1^2 + \text{katet}_2^2} = \sqrt{81^2 + 8^2} = 81,394\text{mm} \approx 81,4\text{mm}$$

Pytagoras mellom motorreimskive og strammehjul:

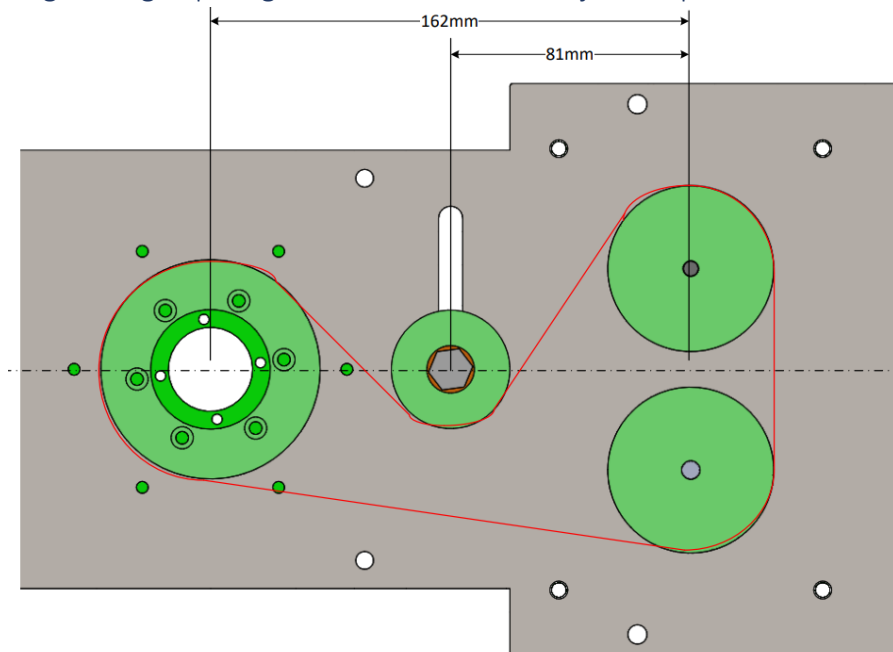
Katet₁ = 81mm. For å finne lengden på katet₂ må vi ta avstanden fra senter ut til motorreimskiven – avstanden fra tuppen av strammehjulet. Det blir 34mm – 29mm = 5mm. Så tar vi 5mm + 28mm som er radiusen på motorreimskiven. Katet₂ = 33mm.

$$\text{hypotenus} = \sqrt{\text{katet}_1^2 + \text{katet}_2^2} = \sqrt{81^2 + 33^2} = 87,464\text{mm} \approx 87,5\text{mm}$$

Total lengde på registerreim:

$$\text{Totalengde} = 116,2\text{mm} + 81,4\text{mm} + 87,5\text{mm} + 43,98\text{mm} + 68\text{mm} + 43,98\text{mm} + 162\text{mm} = 603,1\text{mm}.$$

7.4.2 Utregning av lengde på registerreim når strammehjulet er plassert ved senter



Figur 40: Lengde på registerreim når strammehjulet er i senter.

Pytagoras mellom rotasjonsreimskive og strammehjul:

Diameteren på rotasjonsreimskiven er 74mm. Strammehjulet har diameter på 40mm. Katet₁ = 81mm. Vi vet også at lengden fra senter av rotasjonsreimskiven til tuppen av strammehjulet er 20mm, eller med andre ord radiusen til strammehjulet. Radius på rotasjonsreimskiven blir 37mm. Katet₂ = 37mm + 20mm = 57mm.

Pytagoras læresetning:

$$\text{hypotenus} = \sqrt{\text{katet}_1^2 + \text{katet}_2^2} = \sqrt{81^2 + 57^2} = 99,045\text{mm} \approx 99,05\text{mm}$$

Pytagoras mellom motorreimskive og strammehjul:

Katet₁ = 81mm. For å finne lengden på katet₂ må vi ta avstanden fra senter til tuppen av motorreimskiven + avstanden fra senter og ut til tuppen av strammehjulet. Det blir 62mm + 20mm = 82mm. Så tar vi 5mm + 28mm som er radiusen på motorreimskiven. Katet₂ = 33mm.

$$\text{hypotenus} = \sqrt{\text{katet}_1^2 + \text{katet}_2^2} = \sqrt{81^2 + 82^2} = 115,26\text{mm} \approx 115,3\text{mm}$$

Total lengde på registerreim:

$$\text{Totalengde} = 116,2\text{mm} + 99,5\text{mm} + 115,3\text{mm} + 43,98\text{mm} + 68\text{mm} + 43,98\text{mm} + 162\text{mm} = 648,5\text{mm}$$

For å være sikker på at beltet passer går vi for et belte med lengde innenfor området på 605-645mm.

8. Konstruksjon 3 og overgang

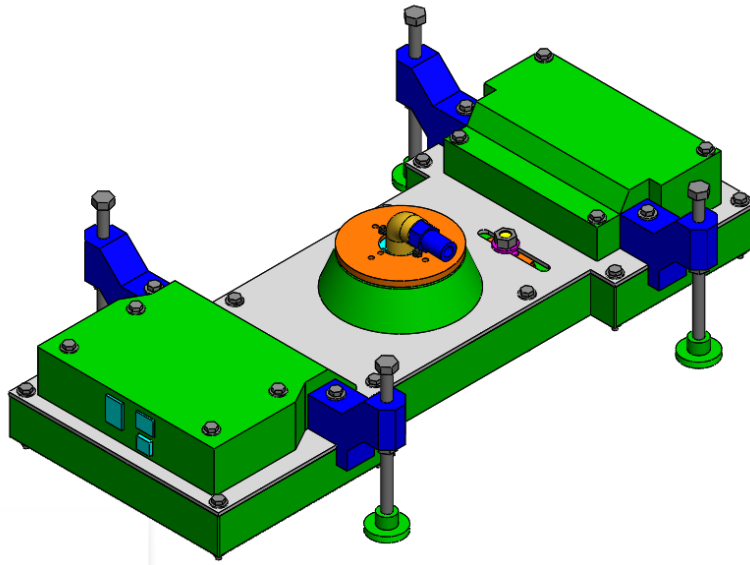
8.1 Mål for iterasjonen

Målet i disse iterasjonene var å ferdigstille designet av bunnstrukturen og rotasjonsmekanismen. Det siste designarbeidet ble gjennomført i starten av denne iterasjonen.

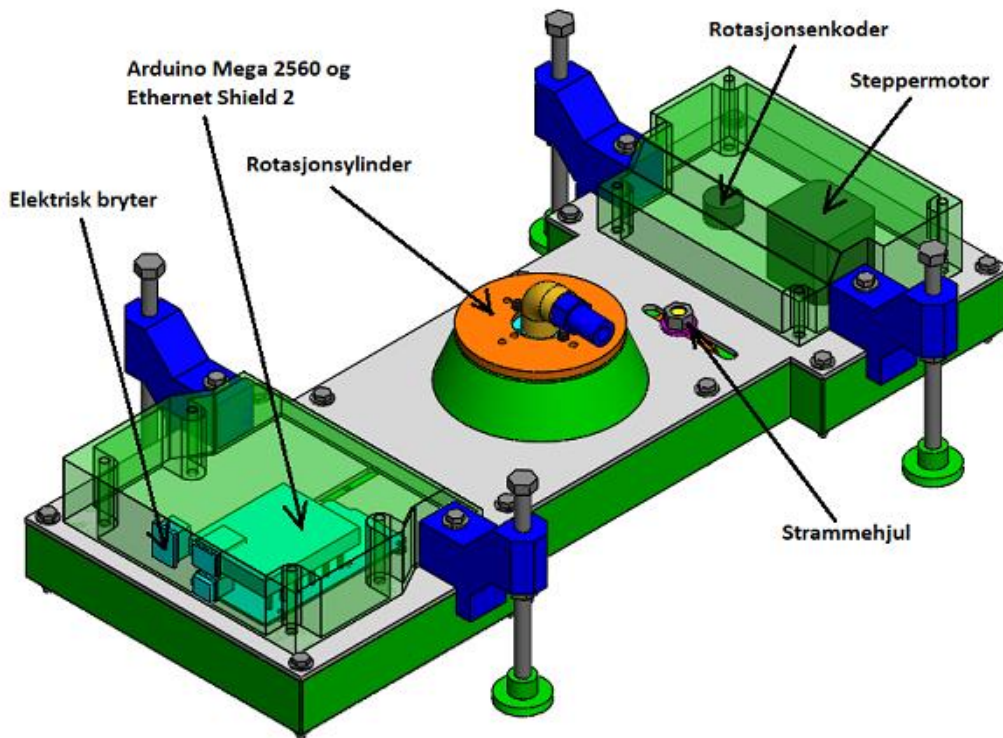
8.2 Detaljdesign av bunnstruktur

Hoved endringene av ting som ble gjort i konstruksjon 3 var noe plassering av komponenter:

- Mikrokontroller ble flyttet
- Nye motorkontrollere ble modellert inn i bunnstruktur
- Reimskivene til rotasjonsmekanismen endrer størrelse.

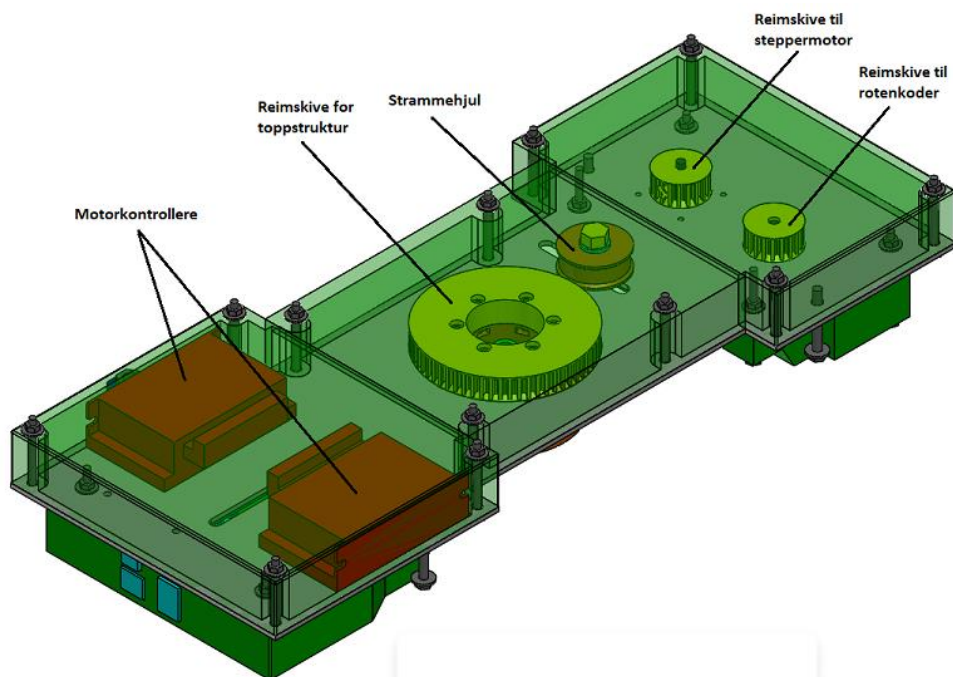


Figur 41: Viser ytre komponenter i bunnstruktur uten komponenter for elevasjon.



Figur 42: Viser viktige komponenter i rotasjonsmekanismen.

Figur 42 viser mikrokontrolleren plassert i dekselet over bunnplaten. Sikkerhetsbryteren ble plassert ved siden av Arduinoen. Det ble laget et slissespor i bunnplaten for at kabler kunne gå mellom elektronikken.

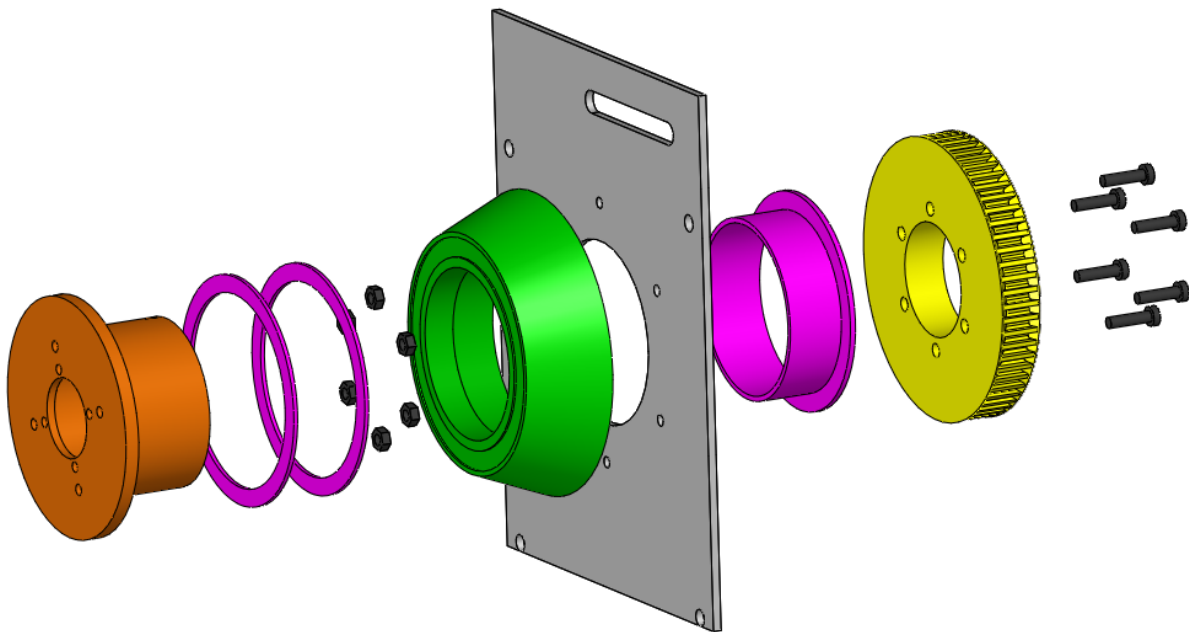


Figur 43: Viser viktige komponenter for at rotasjonsmekanismen skal fungere optimalt.

I figur 43 kan de nye mikrokontrollerne sees. Disse er plassert under bunnsplaten.

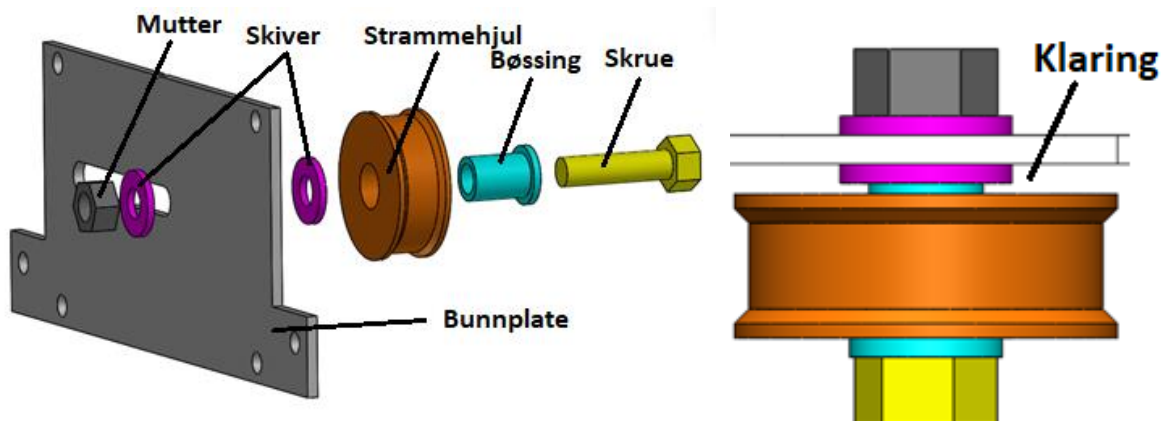
Rotasjonsmekanismen

På figur x så kan vi se rotasjonsenkoderen og steppermotoren. Disse har utstikkende aksler som kommer ut på undersiden av bunnsplaten. På figur x så kan vi se de to akslene hvor to reimskiver festet ved hjelp av en settskrue og en mutter. Reimskiven for toppstrukturen er festet med flere skruer inn mot rotasjonssylinderen. Se figur x.



Figur 44: Viser hvordan reimskiven for toppstruktur er festet til rotasjonssylinderen.

En registerreim er montert utenpå de tre reimskivene vist i figur x. Rotasjonsreimskiven roterer toppstrukturen. For at reimdriftsløsningen skal fungere så må vi ha et strammehjul. Strammehjulet er festet i et slissespor slik at vi kan stramme belte for å få bedre overføring og presisjon. Vi har her en skrue, en mutter, et par skiver og en bøssing for at ikke hjulet skal strammes sammen med skruen. Bøssingen gjør at hjulet roterer fint og har god klaring fra skruen. Se figur x.



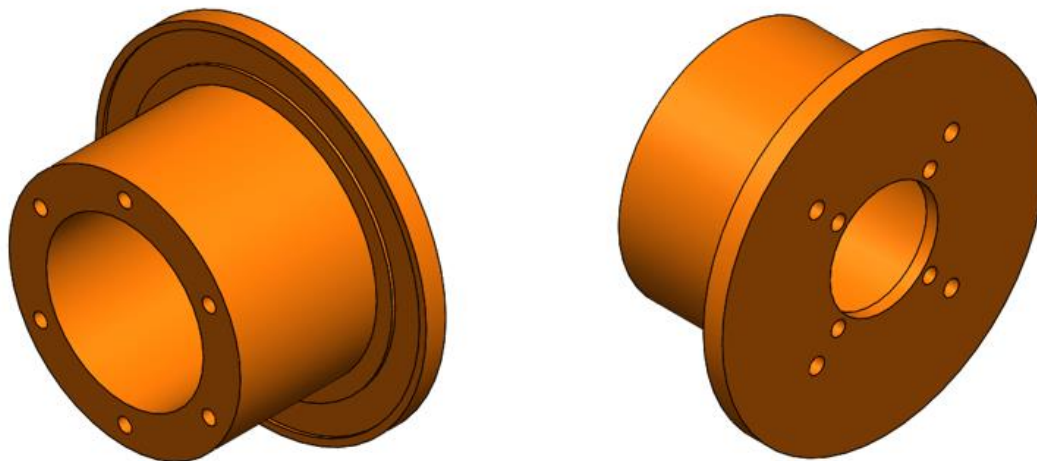
Figur 45: Viser strammehjul løsning.

Bøssing 8mm

En veldig viktig del i strammehjulsammenstillingen er bøssingen. Den sitter mellom skrua og strammehjulet og gjør at strammehjulet kan rotere fritt. Fra konstruksjon 2 så var bøssingen dårlig designet. Når vi strammet skruen som skulle stramme reima, strammet vi også selve strammehjulet. Bøssingen var altså ikke lang nok og hadde ikke den funksjonen som den egentlig skulle hatt. Dette løste vi med å modellere en ny bøssing som var 0,5mm lengre. strammehjulet kunne da strammes ordentlig og det roterte fortsatt fint og fritt rundt.

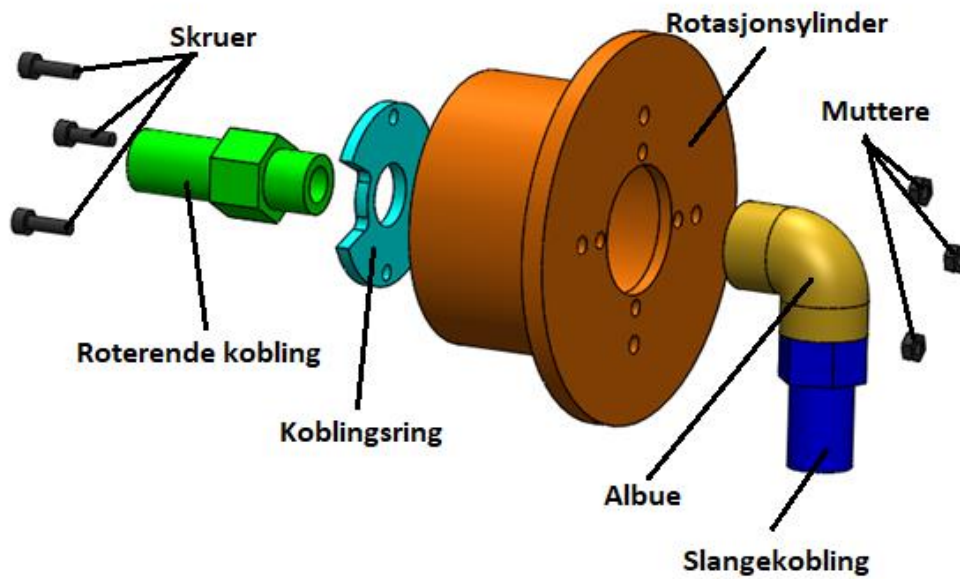
Rotasjonssylinderen

Rotasjonssylinderen er delen som forbinder bunnstrukturen med toppstrukturen. Denne delen er viktig fordi den er koblingspunktet mellom topp- og bunnstrukturen. Delen er valgt 3D-printet grunnet kompleksitet samtidig som at den har god nok styrke. Delen blir printet massivt.



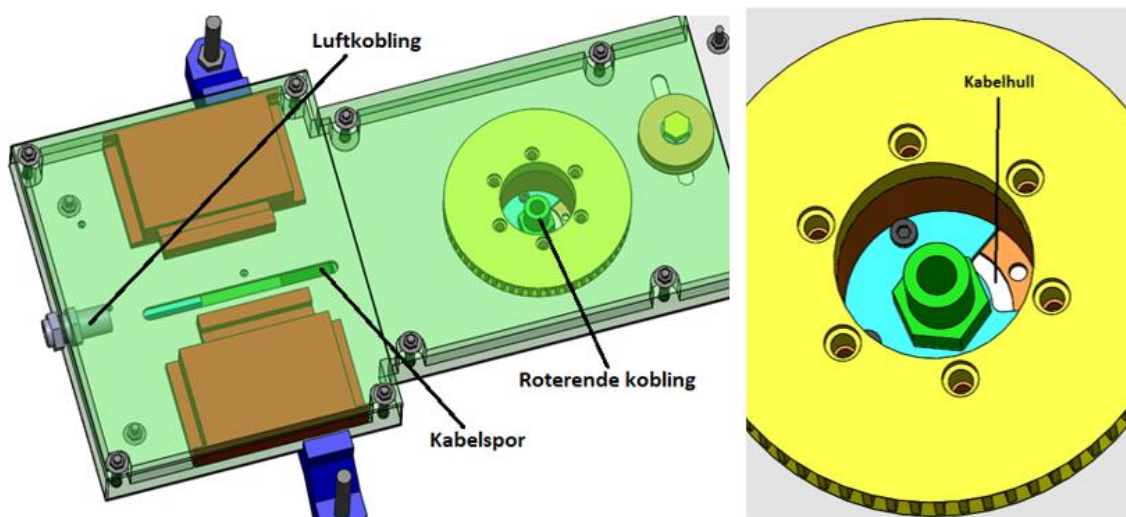
Figur 46: Rotasjonssylinder.

Videre fra rotasjonssylinderen er det en del deler for å få transportert luft og strøm fra bunnstruktur oppgjennom midtstrukturen og til slutt til toppstrukturen. En modifisering av rotasjonssylinderen er gjort for å få plass til at kablene kan komme videre til toppstrukturen. Delen Roterende koblingslokk er også laget. Dette var fordi vi måtte senke albuen og slangekoblingen eller så hadde den truffet opp i toppstrukturen når den sto i null-posisjon.



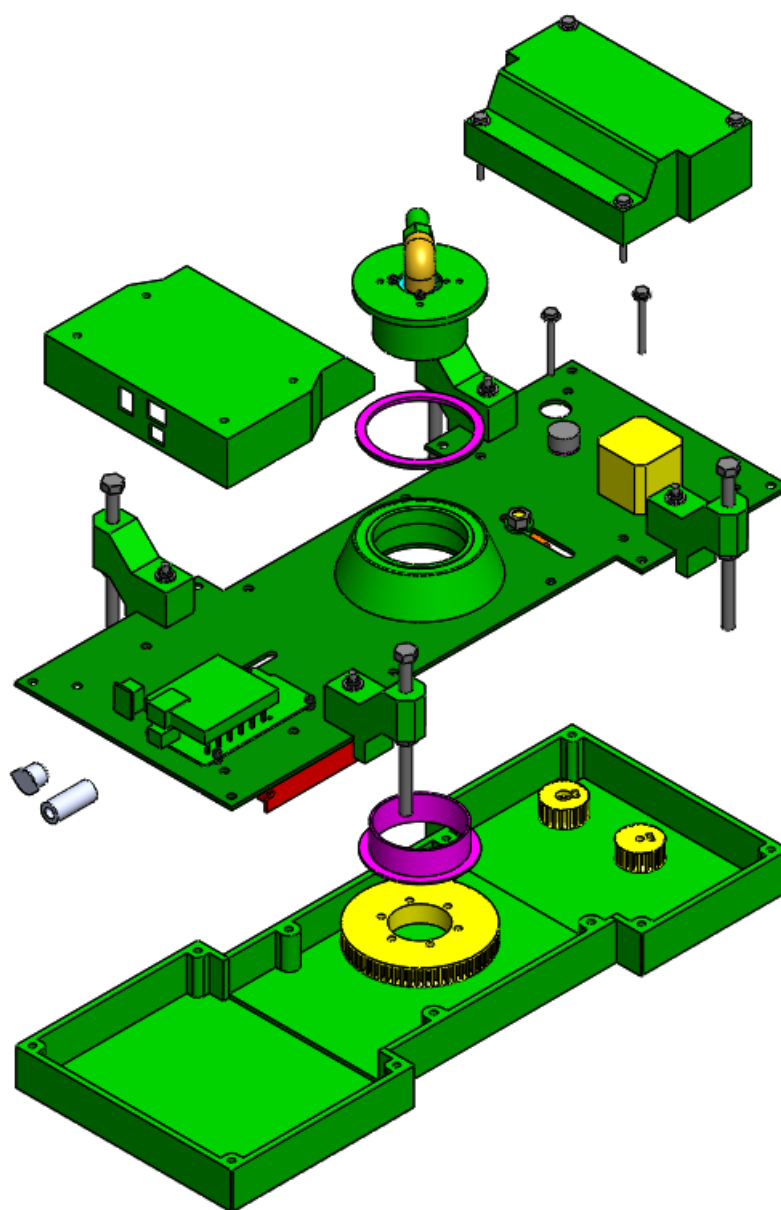
Figur 47: Sammenstilling av rotasjonsylinder.

Under på figur x ser man hvordan luften og strømmen er tenkt at skal overføres gjennom bunnstrukturen. Den kommer inn i lufttilkoblingen fra ekstern boks. Mellom lufttilkoblingen og den roterende koblingen er det en elastisk slange som tåler å bli bøyd og vrent på. På figuren under kan man også se et slissespor. Grunnen til det er at vi må ha en plass for at plugger og kabler kan koble sammen elektronikken mellom arduino, motorkontroller og toppstruktur.



Figur 48: Luft- og strømovertføring.

Strukturell oppbygning



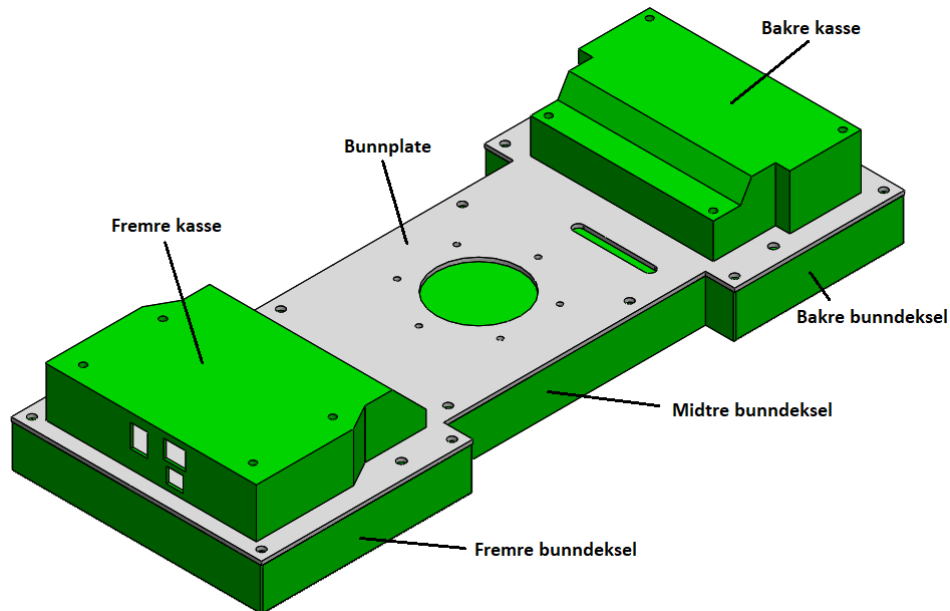
Figur 49: Oppbygning av bunnstrukturen.

Figuren over viser alle inngående komponenter i bunnstrukturen.

Bunnplate og karosseri

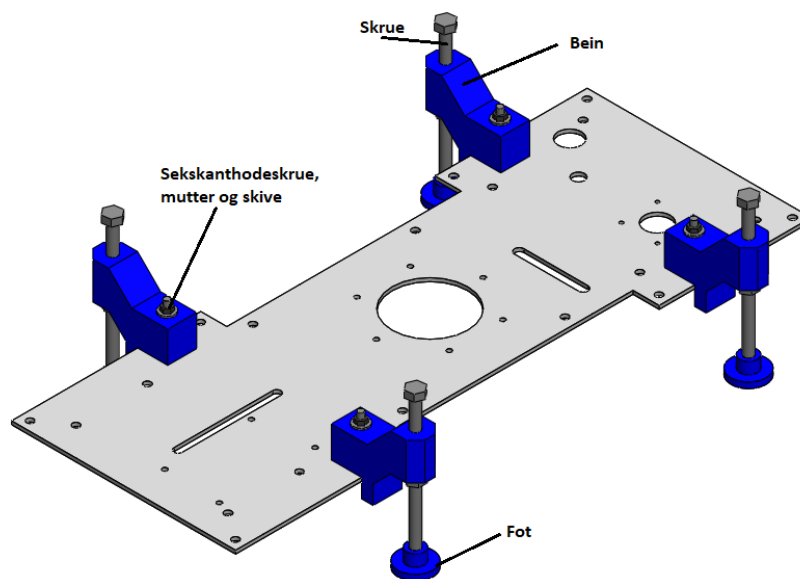
Bunnplaten er selve fundamentet i bunnstrukturen. Den gjør det mulig å bygge opp Mini Launcheren på en smart måte. I bunnplaten er viktige komponenter som motor, rotasjonsenkoder, strammehjul og annen elektronikk festet. Bunnplaten er laget av en 3mm tykk kaldvalset stålplate og veier ca 2kg. Grunnen til at vi valgte å gå for en så solid bunnplate var for å få mer tyngde ned i bunnstrukturen ettersom at toppstrukturen var ganske tung. Stålplaten er overdimensjonert styrkemessig, men ble valgt på grunn av at det trengtes vekt i bunnstrukturen. Karosseriet består av 5 deler; to kasser og tre bunndeksler.

Karosseriet er ikke funksjonelt. Det vi mener med det er at om vi skulle demontere dekslene, så fungerer fortsatt rotasjonsmekanismen. Karosseriet skjuler og bevarer komponentene i rotasjonsmekanismen fra skitt og dritt.



Figur 50: Viser karosseriet til bunnstrukturen.

Beina er viktige for launcheren. Beinsammenstillingen består av beinet som er festet til bunnplassen ved hjelp av en sekskanthodeskrue, en skive og en mutter. Den store skruen man kan se på figur x er M8. Denne er blitt gjenget i 3D-printen, men hviler også mot en mutter på undersiden av beinet for at den skal tåle mer. Beina er valgt 3D-printet og det skal utføres en analyse på belastningen beina må tåle. Se *RM006 - Analyserapport, bein til bunnstruktur*.

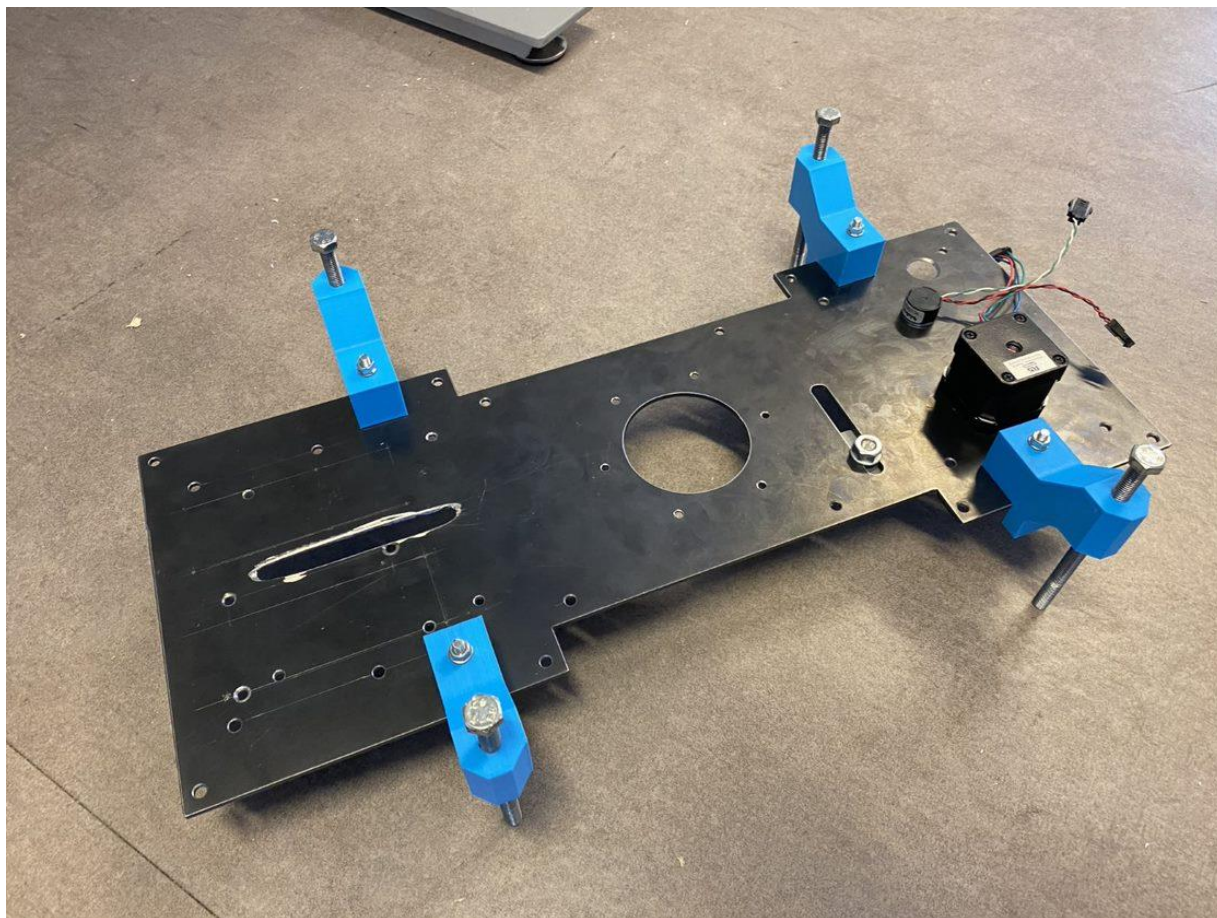


Figur 51: Beinsammenstilling.

8.3 Bilder fra bygging av fysisk produkt



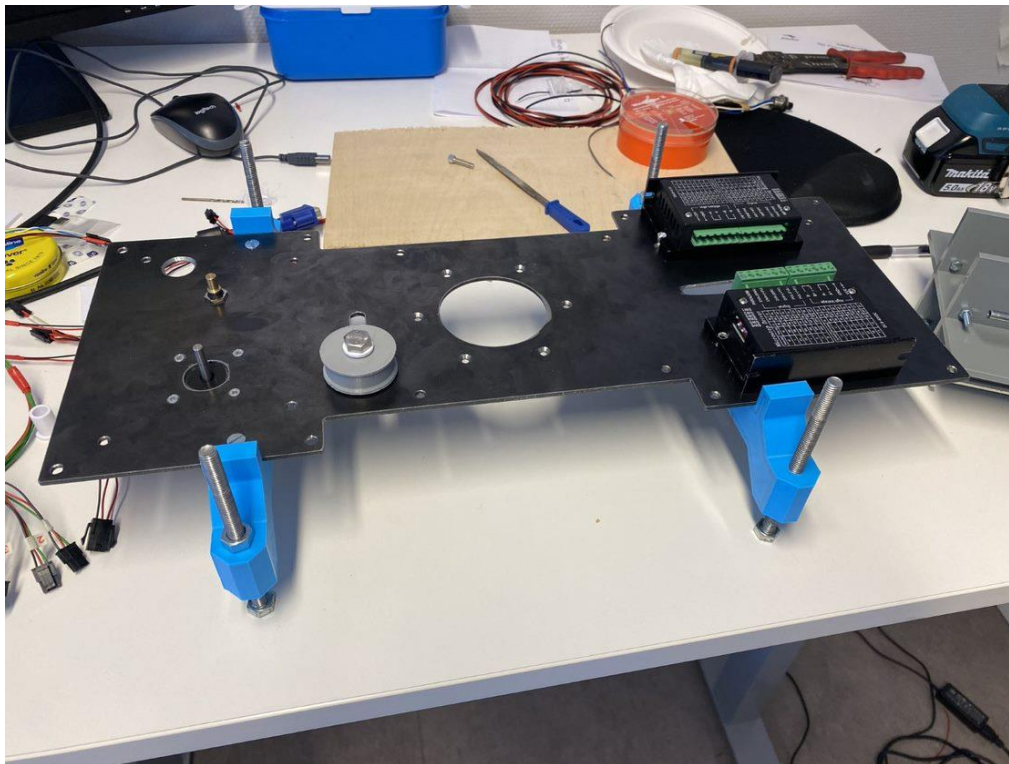
Figur 52: Montering starter med bunnplata.



Figur 53: Bein, motor og enkoder monteres.



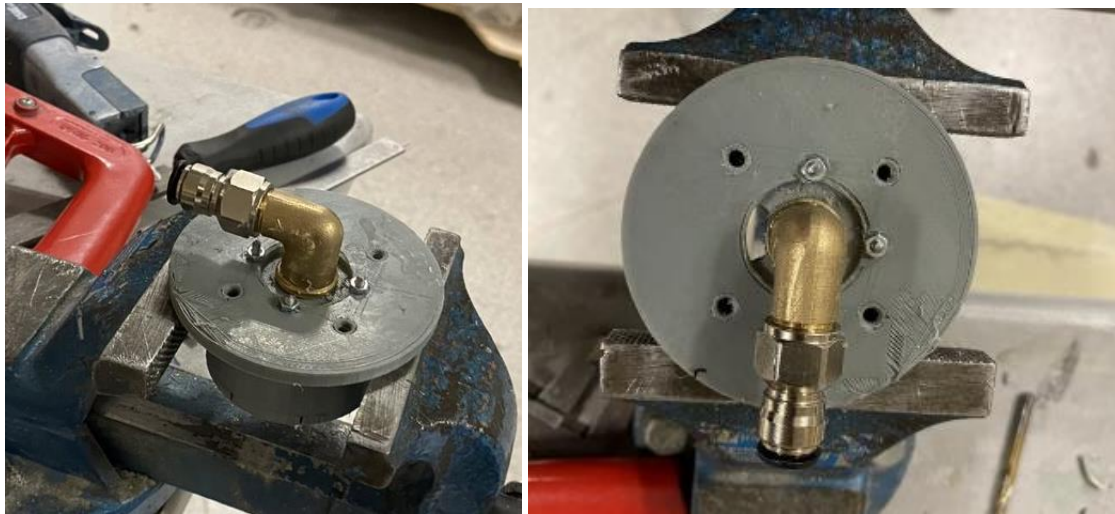
Figur 54: Strammehjul sammenstilles.



Figur 55: Motorkontrollerne og strammehjul festes til bunnplate.



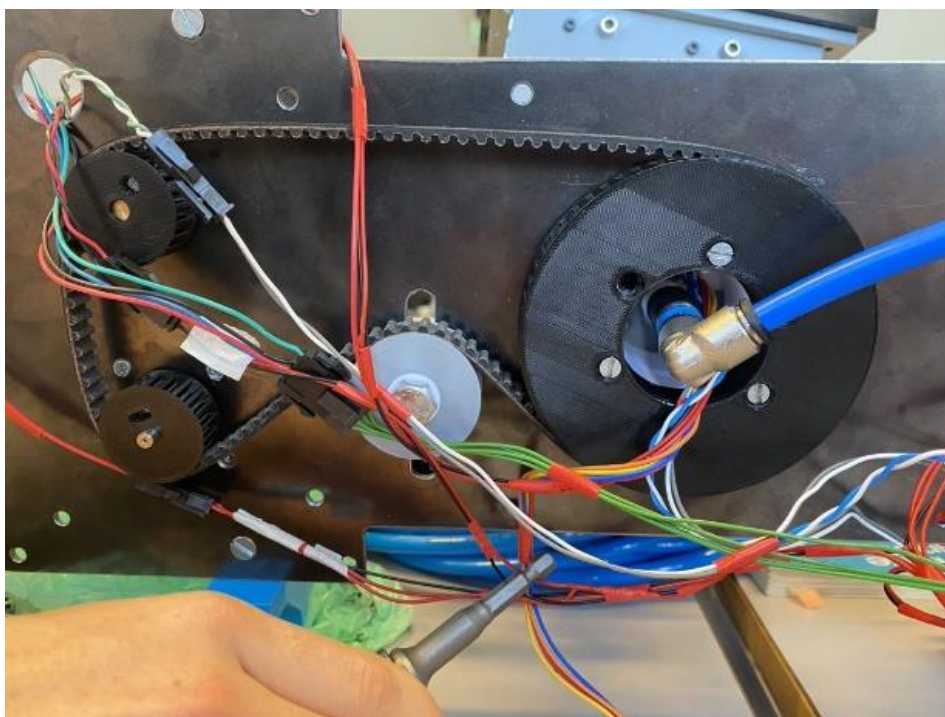
Figur 56: Rotasjonsbase og festes til bunnplate.



Figur 57: Luft- og strømovertføring monteres.



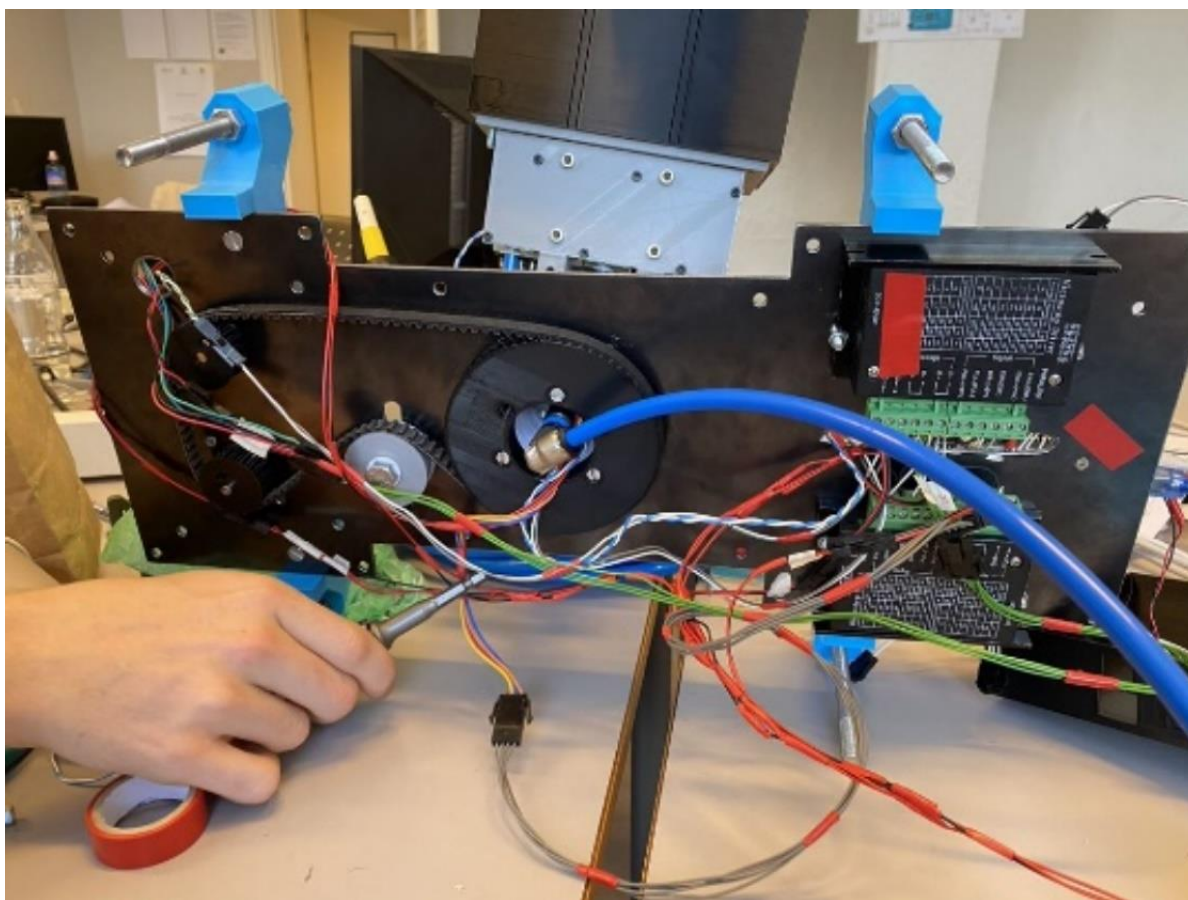
Figur 58: Viser rotasjonsbase og lufttilkobling montert på bunnplate.



Figur 59: Reimskivene monteres på aksler og til toppstruktur.



Figur 60: Deksel for å skjule mekanismer og elektronikk.



Figur 61: Viser bunnstrukturen uten deksler.

9. Referanser

- [1] Datablad for registerreim. <https://www.optibelt.com/fileadmin/pdf/datenblaetter/Technical-Data-Sheet-optibelt-OMEGA-linear-5M.pdf>
- [2] Datablad for steppermotor. <https://docs.rs-online.com/8c64/0900766b8n157d548.pdf>

RM001 – Rapport, prosjektilbaner

Dokumentbeskrivelse

Dette dokumentet beskriver undersøkelser gjort for å utforske treffavstandens følsomhet for endringer i utgangshastighet og elevasjonsvinkel. Disse undersøkelsene baserer seg på teoretiske beregninger av prosjektilbaner.

Revisjon	Skrevet av	Dato	Godkjent av
A	Simen Tråstadkjølen	18.02.2022	Martin Slettedal

Innhold

1. Introduksjon	2
2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter	3
2.1 Dokumenthistorie	3
2.2 Refererte dokumenter	3
3. Beskrivelse	3
4. Resultater	4
4.1 Følsomhet for endringer i utgangshastighet	4
4.2 Følsomhet for endringer i utskytingsvinkel	4
5. Konklusjon	5

Figurliste

Ingen figurer i rapporten.

Tabelliste

Tabell 1: Nødvendige utgangshastigheter ved 40°	4
Tabell 2: Nødvendige utgangshastigheter ved 20°	4
Tabell 3: Nødvendige utskytingsvinkler ved utgangshastighet 9,922 m/s.	4
Tabell 4: Nødvendige utskytingsvinkler ved utgangshastighet 12,188 m/s.	5

1. Introduksjon

Formålet med undersøkelsene beskrevet i denne rapporten er å lære om treffavstandens følsomhet for endringer i elevasjonsvinkel og utgangshastighet. Dette er gjort for å gi en indikasjon på hva slags nøyaktighet som kreves fra mekanismene for elevasjon og avfiring for å tilfredsstille krav for avfyringspresisjon. Kravet for avfyringspresisjon er følgende:

- FK4-4: Systemet skal kunne treffe et mål innenfor en radius på 30 cm med 10 meters avstand. (Prioritet B).

I undersøkelsene er det tatt utgangspunkt i treffnøyaktigheten som beskrives i kravet FK4-4, og undersøkelsene går ut på å finne ut hvor store avvik som kan tillates i elevasjonsvinkel og utgangshastighet for fortsatt å oppfylle kravet. Dette kravet gir kortest tillatt treffavstand på 9,7 m, ideell treffavstand 10 m og lengste tillatt treffavstand 10,3 m.

2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter

2.1 Dokumenthistorie

Revisjon	Beskrivelse	Dato
A	Nyopprettet	18.02.2022

2.2 Refererte dokumenter

Tittel	Revisjon	Utgiver
KS001 – Kravspesifikasjon	B	Project Mini Launcher

3. Beskrivelse

Undersøkelsene baserer seg på teoretisk utregning av prosjektilbaner med ulike elevasjonsvinkler, utgangshastigheter og avstand til treffpunkt. Utregningene baserer seg på ligning 1 og 2, og tar ikke hensyn til luftmotstand. S_x og S_y er tilbakelagt strekning i henholdsvis x- og y-retning (m), V_0 er utgangshastighet (m/s), α er elevasjonsvinkel, g er tyngdeakslerasjonen ($9,81 \text{ m/s}^2$) og t er svevetid (s). For S_y er $-0,1 \text{ m}$ brukt ettersom prosjektilet forlater launcheren litt over bakken, noen nøyaktig verdi her er ikke nødvendig for formålet med disse undersøkelsene.

$$S_x = V_0 \cos(\alpha) t \quad (1)$$

$$S_y = V_0 \sin(\alpha) t - \frac{1}{2} g t^2 \quad (2)$$

Totalt er fire undersøkelser gjennomført. To for å for å undersøke følsomheten for endringer i utgangshastighet, og to for å undersøke følsomhet for endringer i avfyringsvinkel. Utregninger for følsomhet for endringer i utgangshastighet er gjort ved elevasjonsvinkel 40 grader og 20 grader. For utregninger av følsomhet for endring i elevasjonsvinkel er utregningene gjort for 9,922 m/s og 12,188 m/s da dette er utgangshastighetene som gir ideell treffavstand, 10 m, ved elevasjonsvinkler på henholdsvis 40,00 grader og 20,00 grader.

4. Resultater

4.1 Følsomhet for endringer i utgangshastighet

Tabell 1: Nødvendige utgangshastigheter ved 40°.

	Avstand (m)	Utgangshastighet (m/s)
Korteste tillatt avstand	9,70	9,770
Ideell avstand	10,00	9,922
Lengste tillatt avstand	10,30	10,071

Resultatene viser at kravet oppfylles med en maksimal tillatt toleranse i utgangshastighet på +0,149 m/s og -0,152 m/s, dette tilsvarer +1,502% og -1,532%.

Tabell 2: Nødvendige utgangshastigheter ved 20°.

	Avstand (m)	Utgangshastighet (m/s)
Korteste tillatt avstand	9,70	11,998
Ideell avstand	10,00	12,188
Lengste tillatt avstand	10,30	12,374

Dette gir en tillatt toleranse i utgangshastighet på +0,186 m/s og -0,190 m/s, dette tilsvarer +1,526% og -1,559%.

4.2 Følsomhet for endringer i utskytingsvinkel

Tabell 3: Nødvendige utskytingsvinkler ved utgangshastighet 9,922 m/s.

	Avstand (m)	Utskytingsvinkel (grader)
Korteste tillatt avstand	9,70	36,20
Ideell avstand	10,00	40,00
Lengste tillatt avstand	10,30	Ikke mulig

En treffavstand på 10,3 m er ikke mulig å oppnå med en utgangshastighet på 9,922 m/s. Maksimal treffavstand er 10,134 m ved 45 grader. Den tillatte toleransen i utskytingsvinkel er på -3,80 grader. Øvre grense vil strengt talt være 53,21 grader, altså +13,21 grader, da denne vinkelen også vil gi en treffavstand på 9,70 m.

Tabell 4: Nødvendige utskytingsvinkler ved utgangshastighet 12,188 m/s.

	Avstand (m)	Utskytingsvinkel (grader)
Korteste tillatt avstand	9,70	19,24
Ideell avstand	10,00	20,00
Lengste tillatt avstand	10,30	20,77

Resultatene viser at for å oppnå kravet kreves en maksimal tillatt toleranse i elevasjonsvinkel på +0,77 grader og -0,76 grader.

5. Konklusjon

Resultatene viser at treffavstanden til prosjektilet er meget følsom for endringer i utgangshastighet. Kravet gir tillatt avvik i treffavstand på $\pm 3\%$, som krever en nøyaktighet på $\pm 1,5\%$ i utgangshastighet. Dette ser ut til å gjelde uavhengig av elevasjonsvinkel.

Resultatene viser også at treffavstanden til prosjektilet er veldig lite følsom for endringer i elevasjonsvinkel ved høy elevasjonsvinkel (i undersøkelsene 40 grader), men betydelig mer følsom ved lavere vinkel (i undersøkelsene 20 grader).

RM002 – Rapport 3D–print research

Dokumentbeskrivelse

Dette dokumentet inneholder en oversikt over kartlegging av avvik, sirkeltoleranser og 3D-printede komponenter.

Revisjon	Skrevet av	Dato	Godkjent av
B	Tobias Nilsen	14.05.2022	Martin Slettedal

Innhold

Figurliste	2
Tabelliste	3
1. Introduksjon	3
2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter	3
2.1 Dokumenthistorie	3
2.2 Refererte dokumenter	4
3. Kartlegging av 3D-printer	4
3.1 Hullavvik	5
3.2 Sylindertoleranser	7
4. Kvaliteten av 3D-print	8
4.1 Strekktesting	9
4.2 Strekktesting av forbedring av prøvestaver	12
5. Innsatser	17
6. Bearbeiding av 3D-printede overflate	19
7. Konklusjon	21
6. Referanser	22

Figurliste

Figur 1: høyt avvik på sirkeltoleranser.	4
Figur 2: lavt avvik på sirkeltoleranser	5
Figur 3: 2D-tegning av testkloss. Mål er oppgitt i millimeter	5
Figur 4: Samsvarende streker for skyvelære målinger.	6
Figur 5: Universal målingsmetode av hullavvik.	6
Figur 6: Universal målemetode av sirkeltoleranser.	7
Figur 7: Slipemaskin for bruk til testkomponenter.	8
Figur 8: Før og etter filing.	9
Figur 9: Typisk Spenning – tøyning kurve for termoplastikk. [2]	10
Figur 10: Strekkmaskin med testkomponent.	11
Figur 11: Strekktestet prøvestaver	12
Figur 12: nøyte kopierte modell prøvestav fra universitetet.	13
Figur 13: veggtykkelse på seks vegger og 100% innfyllingsmateriale	13
Figur 14: Standard modell i slicer-programmet Ultimaker Cura	14
Figur 15: Eget design av strekkstav.	14
Figur 16: Duktilt brudd i prøvestav. Rød ring viser orientering av lag.	16
Figur 17: Sprøtt brudd i prøvestav.	16

Figur 18: Duktilt brudd i strekkmaskin.	17
Figur 19: Innsats for aksiell last. [3].....	18
Figur 20: Innsats som motvirker dreiemoment.	18
Figur 21: Ubehandlet 3D-printet prisme.....	19
Figur 22: Luftdrevet pussemaskin.	20
Figur 23: P120 pussepapir til luftdrevet pussemaskin.	20
Figur 24: Venstre siden P120 og høyre side P500.....	21

Tabelliste

Tabell 1: Fysiske og konstruerte målinger.....	6
Tabell 2: tabell av målinger for konstruerte sylindre.....	7
Tabell 3: Materialeegenskaper for PLA hentet fra datablad. [1]	9
Tabell 4: Resultater fra LLOYD strekkmaskin.	11
Tabell 5: Nye prøvestaver printet 0° i forhold til kraftretning med standardinnstillinger.	15
Tabell 6: Nye prøvestaver printet 0° i forhold til kraftretning med egendefinerte innstillinger.	15

1. Introduksjon

Bacheloroppgaven som er gitt av Kongsberg Defence & Aerospace omhandler å lage et fysisk produkt. Mye av dette produktet vil basere seg på 3D-printede komponenter med tanke på tilgjengeligheten og høy fleksibilitet i design.

Fordelene med additiv produksjon er at man kan produsere relativt komplekse deler, som ellers hadde vært vanskelig å produsere ved for eksempel maskinering. Det er også veldig tidsbesparende og delene har høy styrke i forhold til vekt.

Rapporten inneholder kartlegging av printerens til USN, styrken til termoplasten PLA, avvik fra 3D-modellen og bearbeiding av overflaten.

2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter

2.1 Dokumenthistorie

Revisjon	Beskrivelse	Dato
B	Utvidet delkapittel 4.1: «Denne ble sjekket av en sertifisert tekniker fra Tinius Olsen, og maskinen viste kun to prosent for mye i henhold til virkelighetens tall.» Utvidet kapittel 3:	10.05.2022

	<ul style="list-style-type: none"> - STL filer sine toleranser <p>Utvidet kapittel 4:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Strekktesting av egne prøvestaver <p>Laget kapittel 5</p>	
--	--	--

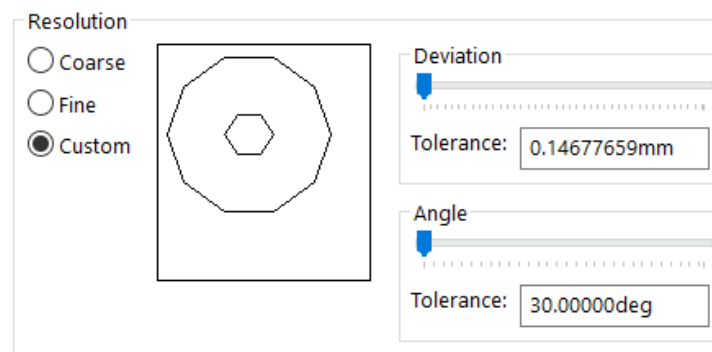
2.2 Refererte dokumenter

Tittel	Revisjon	Utgiver

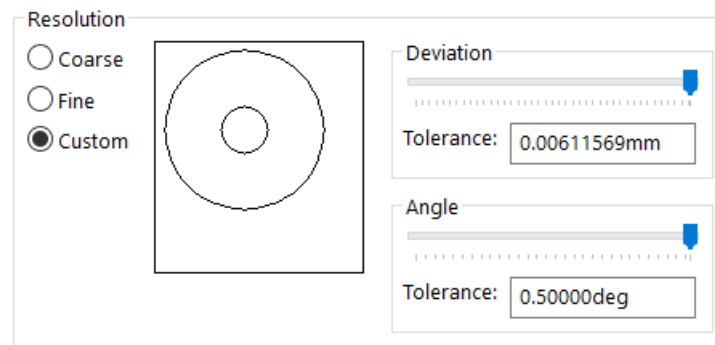
3. Kartlegging av 3D-printer

En av det første vi må få kartlagt 3D-printeren til USN. Vi har valgt å kartlegge printerens hullavvik og sirkeltoleranser, så vi kan utnytte dette senere i prosjektet og gi produktet vårt et solid design uten slark og upresise pasninger. 3D-printerne til USN er av merket Ultimaker 3, som kan printe 215 mm bredt, 215 mm langt og 200 mm høyt.

Før vi kartlegger noe fra 3D-printeren kan vi gjøre prosessen mer nøyaktig ved å lagre STL-filen med mindre avvik på sirkeltoleranser ved å gå inn på *options* etter man velger Solid Works-filen til STL-fil, og deretter dra *Deviation* og *Angle* helt til høyre på grafene. Du kan tydelig se forskjell på dette i figur x og 2x. Dette gjør at én mindre variabel vil påvirke resultatet av komponenten som blir 3D printet.



Figur 1: høyt avvik på sirkeltoleranser.



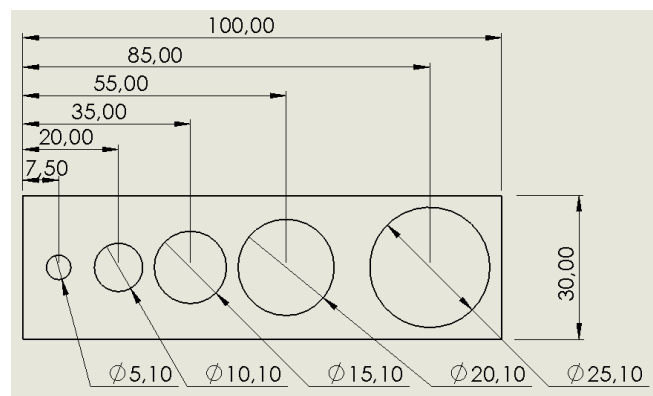
Figur 2: lavt avvik på sirkeltoleranser.

Før vi gjorde de offisielle målingene, la vi merke til at hver gang vi målte hullene og sirklene så hadde de forskjellige mål. Derfor valgte vi å markere 8 motstående punkter der to punkter illustrerer en rett linje og går gjennom sentrum av sirkelen. Dette ble gjort på hvert hull og hver sirkel så vi kan ta forskjellige målinger med skyvelæret. Deretter å ta et gjennomsnitt av disse målingene for å finne den gjennomsnittlige diameteren av sirkelen. Vi vil også dokumentere om det er for stort avvik mellom hvert mål.

Hvert hull ble konstruert til å være 0,1 mm mer enn hva sirklene er konstruert, for å få de til å passe i hverandre. Så hvis en sirkel er 25 mm, så er hullet som samsvarer 25,10 mm.

3.1 Hullavvik

Vi valgte å 3D-printe en kloss med fem hull i forskjellige størrelser, så vi får en indikasjon på hullavvikene som kan forekomme i 3D-printeren til USN. Vi valgte å gi de gitte målene som kan ses i figur 1.



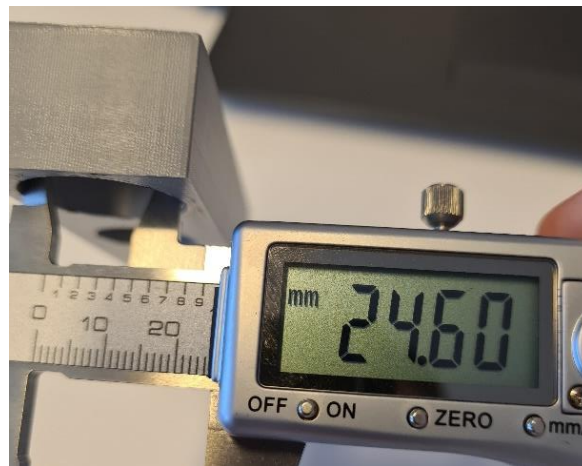
Figur 3: 2D-tegning av testkloss. Mål er oppgitt i millimeter.

Vi skal nå se på hvordan målene stemte med den fysiske modellen, så vi kan få en indikasjon på hvordan vi skal konstruere komponentene våre i henhold til avvikene. Vi valgte å bruke et digitalt skyvelære for å måle de faktiske målene til de fysiske komponentene våre.

Vi målte alle hull på lik måte og skyvelæret plasseres på de samsvarende punktene på sirkelen som vist i figur 3, som er illustrert med røde streker i figur 2.



Figur 4: Samsvarende streker for skyvelære målinger.



Figur 5: Universal målingsmetode av hullavvik.

Tabell 1: Fysiske og konstruerte målinger.

Konstruerte målinger	Faktiske målinger				Gjennomsnittlig måling	Rundhet avvik
25,10 mm	24,68 mm	24,67 mm	24,60 mm	24,70 mm	24,66 mm	0,10 mm
20,10 mm	19,67 mm	19,70 mm	19,48 mm	19,64 mm	19,62 mm	0,22 mm
15,10 mm	14,74 mm	14,75 mm	14,71 mm	14,79 mm	14,75 mm	0,08 mm
10,10 mm	9,75 mm	9,61 mm	9,71 mm	9,76 mm	9,71 mm	0,15 mm
5,10 mm	4,72 mm	4,81 mm	4,81 mm	4,84 mm	4,80 mm	0,12 mm

I tabell 1 så har vi konstruert målene til 0,1 mm mer enn det vi ønsket, så har vi fortsatt et rundhetsavvik på alt fra 0,08 mm til 0,22 mm. Dette gjør at vi må ta dette i betraktning hver eneste gang vi skal konstruere et hull i en komponent.

3.2 Sylindertoleranser

Vi konstruerte også fem forskjellige sylindre av lik størrelse som komponenten med hullavvik. Vi målte på samme måte som den andre komponenten, bare med det andre måleverktøyet til skyvelæret, dette kan sees i figur 6.



Figur 6: Universal målemetode av sirkeltoleranser.

Tabell 2: tabell av målinger for konstruerte sylindre.

Konstruerte målinger	Faktiske målinger				Gjennomsnittlig måling	Rundhet avvik
25,00 mm	25,10 mm	25,03 mm	25,07 mm	25,08 mm	25,07 mm	0,07 mm
20,00 mm	20,08 mm	20,02 mm	20,07 mm	20,08 mm	20,06 mm	0,06 mm
15,00 mm	15,06 mm	15,10 mm	15,11 mm	15,06 mm	15,08 mm	0,05 mm
10,00 mm	10,08 mm	10,05 mm	10,10 mm	10,04 mm	10,07 mm	0,05 mm
5,00 mm	5,08 mm	5,05 mm	5,11 mm	5,09 mm	5,08 mm	0,06 mm

Vi ser i tabell 2 at sirkeltoleransene for 3D-printede sylindre er mye mindre enn til hullavvik. Det var overraskende hvor mye forskjell det var fra sirkeltoleranser til hullavvik, og man ser her at rundhetsavviket til sylindrene er så godt som neglisjerbart i forhold til de 3D-

modellerte sylindrene. Dette gjør at vi kan ta i betraktning at den konstruerte sylindren er lik den 3D-printede sylindren med ganske god nøyaktighet.

4. Kvaliteten av 3D-print

Vi må forsikre om at materialene vi bruker i prosjektet vårt, har blitt kartlagt og testet. Dette gjøres gjerne i en strekkmaskin. Med hjelp fra Richard Thue fikk vi designet og printet noen testkomponenter som ble laget i PLA-plastikk. Dette er et produkt som er billig å kjøpe, og enkelt å få tak i. Disse testkomponentene er 3D-printet i en slik fasong at de får plass i strekkmaskinen sine gripearmer og har en rektangulær form. Det ble gjort tester der vi så at de originale gripearmene slet med å ta tak i prøvebitene, så vi valgte å gå for et design i kryssfinerplater for å få bedre hold på komponenten.

I midten av denne rektangulære formen er det en innsnevring som er bevisst plassert her for å øke stresskonsentrasjonen i akkurat dette området. Da kan vi manipulere hvor testkomponentene vil ryke. Ulike faktorer i selve filamentets oppbygning spiller en viktig rolle om bruddet skjer i innsnevringens punkt. Før vi begynte måtte vi file ned spissen som man kan se på figur 5 og 6. Dette var fordi den ene siden av testkomponentene vi fikk tildelt hindret den i å få plass i gripearmene til strekkmaskinen.



Figur 7: Slipemaskin for bruk til testkomponenter.



Figur 8: Før og etter filing.

Generelt sett var alle disse komponentene designet til å få plass i strekkmaskinen, og testen vår gikk ut på å kartlegge forskjellen mellom printretning av lagene i henhold til lastretningen. Vi hadde to komponenter av hver printretning. Disse var printet liggende flatt, stående, og 45° vinkel i forhold til printretningen. Grunnen til dette var å finne styrken og forlengelsen av PLA-plastikken i forskjellige printretninger.

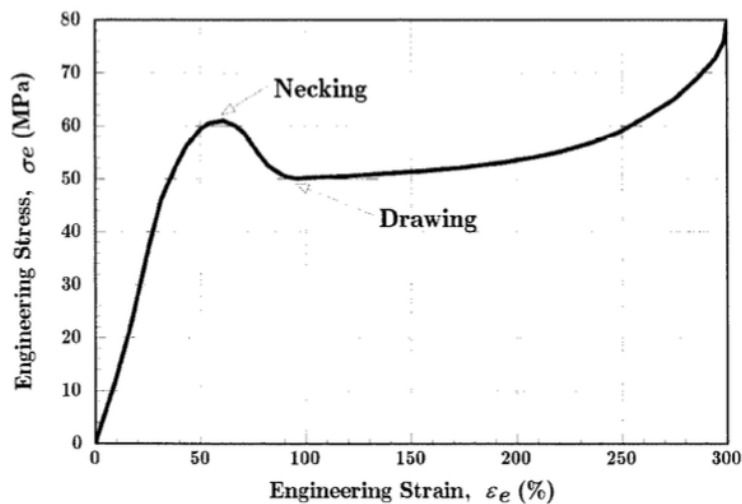
4.1 Strekktesting

Herfra brukte vi de behandlede testkomponentene i strekkmaskinen og testet én og én. I figur 7 er de to lengst til venstre printet med lagene parallell til lastaksen, mens de to i midten er tverrgående til lastaksen. De til høyre er 45° i forhold til lastaksen. Det er generelt antatt at 3D-printede komponenter er sterkere når de strekkes med lagene i samme retning som lastaksen, fordi sammensmeltingen mellom lag for lag er generelt svakere enn polymeren i seg selv. For å vite hva slags materialegenskaper PLA-plastikken har, gikk vi i databladet til Ultimaker og fant de oppgitte dataene.

Tabell 3: Materialelegenskaper for PLA hentet fra datablad. [1]

Egenskap	Verdi
Flytegrense	52,5 MPa
Strekfasthet	45,5 MPa
E-modul	2 346,5 MPa
Massetetthet	1,24 g/cm ³
Poisson's ratio	0,30

Hvis vi ser på figur 8 kan vi se at en typisk spenning – tøyning kurve for termoplast, der strekkfastheten er på en høyere verdi enn flytegrensen. Vi la merke at databladet oppga flytepenning som høyere enn strekkfasthetsspenningen. Noe som er uvanlig i termoplast.



Figur 9: Typisk Spenning – tøyning kurve for termoplastikk. [2]

Testkomponentene ble testet i en LLOYD strekkmaskin. Denne ble sjekket av en sertifisert tekniker fra Tinius Olsen, og maskinen viste kun to prosent for mye i henhold til virkelighetens tall. Basert på testingen fant vi forlengelse og maks last. Alle testene viste sprø oppførsel med tanke på at ingen plastisk deformasjon foregikk. Alle testkomponentene fulgte Hooke's lov, som betyr at de ble deformert lineært i henhold til påsatt last. Som et resultat av strekktestingen var det et område på grafen som hadde en flat seksjon. Dette er området der prøvebiten la seg til rette i posisjon før den begynte å bli deformert av den påførte lasten.

Ved å sette rundt 25 N som maks last kan vi stramme prøvestaven på plass og unngå deformasjon som kan påvirke resultatene. Etter dette endret vi innstillingene til å strekke med nok kraft, og tillegg nullstille parameterne for å få riktig resultat.

Vi fulgte også standard ASTM D638 der vi satte strekkhastigheten på 5 mm/min. De dimensjonerte prøvestavene vi fikk av universitetets lab-ingeniør fulgte ikke standarden for lengde, bredde og tykkelse. Dette så vi på som irrelevant med tanke på at vi skal sammenlikne forskjellige printretninger og da vil størrelsen på våre prøvestaver være likt dimensjonert.



Figur 10: Strekkmaskin med testkomponent.

Tabell 4: Resultater fra LLOYD strekkmaskin.

Prøvestav	1	2	3	4	5	6
Printretning i forhold til kraftretning	0°	0°	90°	90°	45°	45°
Forlengelse på maks strekkbelastning (mm)	5,2	5,3	2,7	2,9	2,75	3
Maks strekkbelastning (N)	1601,1	1453	1037	961,3	696,6	657,7
Stresskonsentrasjon (MPa)	42	38,3	27,3	25,3	18,3	17,3

Vi ser at retning av lastaksen har aldeles høyest strekkbelastning, og dette er noe vi tar med videre i prosjektet. Vi vil da planlegge å designe komponentene våre så vi utnytter styrken av polymeren der vi kan. Ved og dele lasten på tverrsnittet av prøvestaven finner vi stresskonsentrasjonen, som vi kan se i tabell 4.

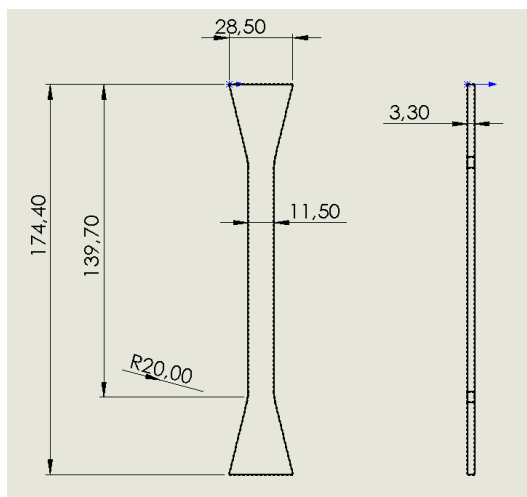


Figur 11: Strekktestet prøvestaver.

Figur 7 viser at alle testkomponentene røk ikke i de antatte områdene, og de som ble printet 45° til lastaksen røk i printretningen. Dette kan ha forskjellige årsaker, men vi antar at det handler om ujevne styrker i filamentet og dette kan føre til brudd i tilfeldige plasser, selv med innsnevring i prøvestaven.

4.2 Strekktesting av forbedring av prøvestaver

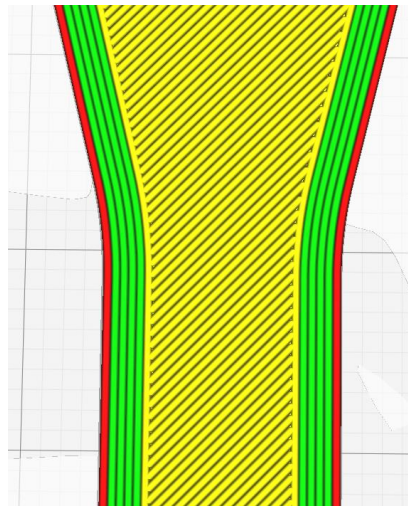
Vi la merke til at de 3D-printede prøvestavene som vi fikk fra universitetets lab-ingeniør ble printet slik at veggene av staven lå i retning av kraftretning, mens mye av innsiden av prøvestaven var printet i 45°. I figur x ser man hvordan lite av prøvestaven utnytter seg av printretning selv om de er printet liggende som ga best styrke i testen vår i tabell 4. Vi lagde en kopi av prøvestavene i Solid Works som vi ser på figur 2/x og lot være å designe et innsnevret område der vi så dette slo lite ut på testen. Deretter lastet vi ned slicer-programmet som lager den såkalte g-koden man laster opp i printeren, kunne vi se at dette var standardinnstillinger selv med 100% innfyllingsmateriale. Dette så vi på som noe som kunne blitt forbedret og brukte tid på å finne ut hvordan disse komponentene kunne blitt forbedret i form av styrke. Dette så vi på noe som kunne blitt iverksatt rett inn i de stressbelastende komponentene våre i Mini Launcher.



Figur 12: nøye kopiert modell prøvestav fra universitetet.

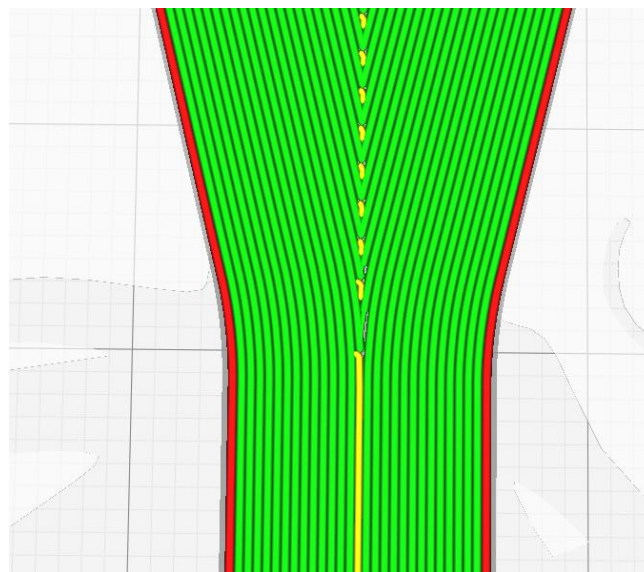


Figur 13: veggtykkelse på seks vegger og 100% innfyllingsmateriale.



Figur 14: Standard modell i slicer-programmet Ultimaker Cura.

Etter mye undersøkelser av innstillinger i slicer-programmet Ultimaker Cura, kunne vi se på noen få innstillinger som kunne forbedre styrken på prøvestavene. Vi ser på figur 2x at dette tilsvarer den fysiske modellen i figur x. Det er et seks vegger rundt komponenten som faktisk er i kraftretning. Resten er i omvendte 45° vinkler for hvert lag som printes. Vi prøvde flere metoder, men kom frem til å overskrive alt standardmodellen ved å velge *wall thickness* større mer enn hva komponenten er i lengde. Dette gjør at vi kan printe hele komponenten i retningen av veggene, dette ser vi godt i figur 3x. Dette strekktester vi for å se om vår hypotese stemmer overens med resultatet.



Figur 15: Eget design av strekkstav.

På grunn av mangel på tid valgte vi å bruke en annen 3D-printer enn Ultimaker 3 for de nye prøvestavene. Hensikten med testen var å kartlegge de forskjellige prøvestavene sin

oppbygging og ikke forskjellen på 3D-printer. Dette vil ikke det ha noe betydning for resultatet. For å vite om det nye designet på prøvestavene faktisk var sterkere valgte vi å ha fem prøvestaver av hvert design.

Tabell 5: Nye prøvestaver printet 0° i forhold til kraftretning med standardinnstillinger.

Prøvestav	1	2	3	4	5
Maks strekkbelastning (N)	1837,1	1825,3	1822,2	1801,1	1836
Forlengelse mm	8,3	8,2	8,4	8,1	8,6
Stresskonsentrasjon (MPa)	48	48	48	47,5	48

Tabell 6: Nye prøvestaver printet 0° i forhold til kraftretning med egendefinerte innstillinger.

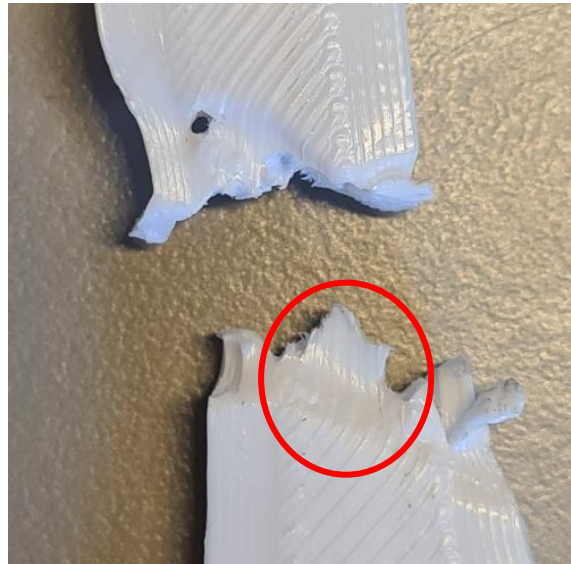
Prøvestav	1	2	3	4	5
Maks strekkbelastning (N)	2193,2	2217,9	2191,1	1958	1984
Forlengelse mm	9	10,9	10,81	8,2	9
Stresskonsentrasjon (MPa)	57	58	57,3	51,6	52,3

Vi kan se at i tabell x at prøvestaver med standardinnstillinger får brudd ved mindre kraft enn våre egendefinerte prøvestaver. Alle fem prøvestavene ga veldig like verdier på bruddpunktet og dette tyder på at 3D-printeren er presis. Det er verdt å nevne at vi glemte å endre strekkhastigheten i tabell 2x til 5 mm/min som er i standarden ASTM D638. Denne sto på 25 mm/sekunden og hvordan dette har påvirket de tre første prøvestavene er å ha gitt dem en høyere strekkbelastningsverdi.

Det man tror er grunnen til dette er at sensorene til strekkmaskinen ikke registrerer brudd hurtig nok ved denne hastigheten, som vil igjen vises som en større belastning på bruddpunktet enn det egentlig er. Dette tas med i betraktning og ser på de to siste prøvestavene med riktig strekkhastighet og velger å se på de som nok data til å dra konklusjonen på at de verdiene er riktige. Dette er fordi det vises til en usedvanlig lik strekkbelastning på alle ti prøvene når parameterne var like. Dette gjelder altså i tabell x, de tre første prøvene i tabell 2x og de to siste i tabell 2x.

Det som ikke var forventet var et duktilt brudd i de tre av fem prøvestavene i tabell x. Hvis vi sammenlikner figur 5x og figur 4x ser man det duktile bruddet. Det ble fastslått en teori om

det duktile bruddet var på grunn av orienteringen av lagene i 3D-printen. De er lagt i 45° i annen hver retning. Dette gjør at når prøvestaven går over flytegrensen vil lagene orientere seg i kraftretning og holde igjen lenger i en lenger periode enn om lagene allerede var i samme retning. Hvis man ser tydelig i figur 13, ser man faktisk lagene er flyttet til retning av lastaksen, noe som kan støtte opp under teorien vår.



Figur 16: Duktilt brudd i prøvestav. Rød ring viser orientering av lag.



Figur 17: Sprøtt brudd i prøvestav.

Hvis vi kommenterer det duktile bruddet som skjer i figur 15 kan vi se det tydelig var plastisk og dette korresponderte til grafen. Hvis vi sammenlikner figur 16 og 17 ser man på førstnevnte at spenning-tøyning kurven hadde en elastisk region før det ganske brått kom til brudd. Dette er figur for prøvestavene med lagene i lastretning, mens figur 17 hadde en lang såkalt *necking* prosess. I Figur 9 ser man en typisk kurve for termoplast og det virker som våres prøvestaver aldri kom over *necking*-prosessen. Uten å kommentere for mye på materialegenskapene, så må det sies at dette kan korrespondere med databladets lavere strekkfasthetsverdi enn flytegrense verdi.



Figur 18: Duktilt brudd i strekkmaskin.

5. Innsatser

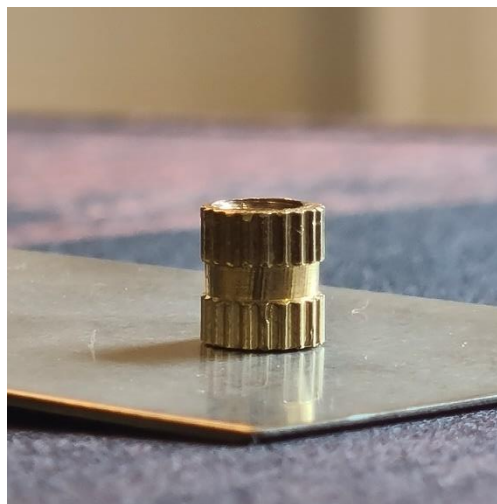
I prosjektet har det vært en diskusjon om innsatser var nødvendig. En innsats er noe man smelter inn eller presser inn i en 3D-printet komponent. Dette er ofte en bedre metode å feste to komponenter sammen på, om man ikke har tilgang på mutter som kan festes på andre siden av godset. Den primære fordelene med innsatser er å skru inn og skru ut skruer uten at gjengene slites ut. Disse kommer i gitte lengder og er permanente. De kan altså ikke tas ut når de er plassert i komponenten.

Det enkleste er de som smeltes inn, og her brukes gjerne en loddebolt for å varme opp komponenten for så å plassere denne i et eksisterende hull som har noe mindre diameter enn innsatsen. Her er det nødvendig at området rundt er stort nok til å bruke en slik innsats, siden den er avhengig av å binde seg til materialet rundt.

Det finnes forskjellige typer innsatser. Noen passer bedre til dreiemoment mens andre passer til aksial last. Man får også tak i kombinerte innsatser. Figur 6 viser et eksempel på en innsats som er egnet til aksial last.



Figur 19: Innsats for aksial last. [3]



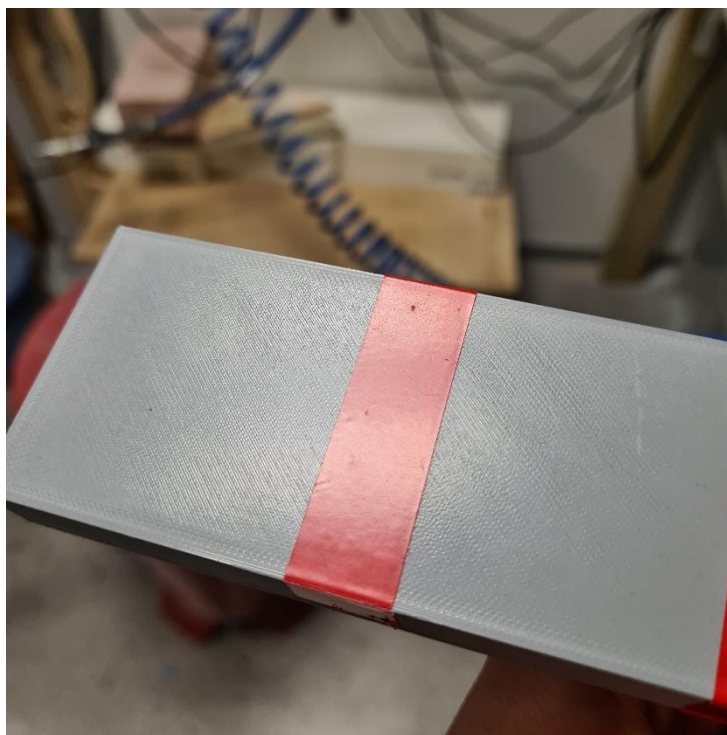
Figur 20: Innsats som motvirker dreiemoment.

Gruppen fant ut at dette kunne være en mulig forbedring av komponentene i midten av prosjektet. Det ble gjort undersøkelser og ble funnet ut at de få antallet man skulle ha var ikke tilgjengelig hos forhandlere uten å kjøpe i store kvanta. Universitetets lab-ingeniør hadde modellen som vist i figur 7 tilgjengelig. Etter litt undersøkelser ble det funnet ut at disse ikke var ideelle for vårt behov, med tanke på at disse passer bedre i en dreiemomentsituasjon. Figur 7 er størrelsen for en M4 skrue, og denne innsatsen var 6 mm lang, samt 5,2 mm i diameter. Med tanke på manglende innsatser til vårt bruk ble fastsatt at ønsket å bruke skrue til å direkte skru inn i komponenten var best. Da ble det designet komponenter både med hull til muttere, samt hull til skrue som i utgangspunktet fra en gjengetabell der et hull for en M4 skrue burde vært 3.3 mm i diameter. Fordelen med dette er at man ikke er avhengig av innsatsen lengde, og kan dermed utnytte lengre skrue av samme dimensjon for å få større styrke i forbindelsen.

6. Bearbeiding av 3D-printede overflate

Vi vet at 3D-printede komponenter avhenger veldig av lagtykkelsen når det kommer til utseende. Tykk lagtykkelse gir kortere printetid, men samtidig kan gi en grov overflate som er visuelt mindre behagelig å se på. Vi kan minke denne grove overflaten ved å ha mindre lagtykkelse, men på bekostning av tiden det tar for print og dette er ugunstig i noen sammenhenger.

Vi har derfor bestemt oss for å se om det er gunstig å printe grovt som tar kortere tid, for å overflatebehandle komponenten for å spare tid, men også få en penere overflate. Dette er blant annet gunstig i komponenter som er synlig og er ikke-funksjonelle. Komponentene vi behandler er et prisme som vi har fremhevet områder på, der vi skal pusse ned med sandpapir. Dette er for å se hvordan overflaten håndterer sandpapir og om dette blir visuelt bedre.



Figur 21: Ubehandlet 3D-printet prisme.

Man kan se figur 21 er en 3D-printet komponent. Vi fikk tildelt denne med lagtykkelse 0,02 mm fra universitetets Ultimaker 3 3D-printer. Man kan argumentere her at det ikke trengs noe overflatebehandling, men vi ønsket å se hvor mye bedre vi kunne få utseende til å se ut når vi kommer til å ha noen komponenter som trolig trenger denne behandlingen. Vi brukte P120 pussepapir som starten på vår overflatebehandling. Dette er godt for å pusse ned store områder og fortsatt få en grei finish. Vi brukte først pussepapir for hånd, men dro fort konklusjonen med å prøve den luftdrevne pussemaskinen som lå på komposittlabben.

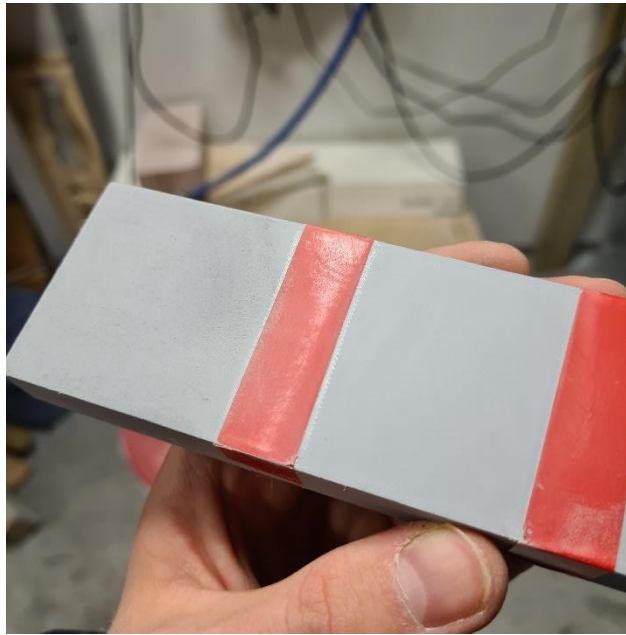


Figur 22: Luftdrevet pussemaskin.



Figur 23: P120 pussepapir til luftdrevet pussemaskin.

Vi fortsatte med P120 med denne maskinen og fikk komponenten ferdig på kort tid. Vi så at både dette tok kort tid å komme gjennom øverste lag med PLA-plast, men også at det lot en ujevn overflate være igjen. Det vi trodde var årsaken er at pussepapirets grovhet gjorde det ble for mye varmeutvikling som gjorde at termoplasten begynte til å smelte igjen på overflaten. I motsetning til herdeplast deformerer termoplast seg ved varme og som all annen termoplast har ikke PLA ett smeltepunkt, men en smeltesone hvor det gradvis blir mer og mer flytende.



Figur 24: Venstre siden P120 og høyre side P500.

Ved å bytte ut P120 til P500 gikk prosessen mye bedre. På figur 13 ser man at høyre siden er betraktelig mye glattere enn da vi brukte P120 og dette er akkurat det vi ønsket. Vi har planer om å lakkere flere av våre komponenter, og denne overflaten gjør sluttproduktet mye mer profesjonelt enn om det skulle vært ubehandlet.

7. Konklusjon

Vi så at avvikene til 3D-printeren skilte seg veldig fra hverandre når det gjaldt hullavvik og sirkeltoleranser. Sirkeltoleransene for solide sylindere var mye mer nøyaktig enn det var for hullavvik. Dette gjør at vi kan ta i betraktning at den konstruerte sylindere er lik den 3D-printede sylindere med ganske god margin, men kan ikke konkludere med det samme med sirkulære hull.

Vi så også at man kan strekkteste prøvestaver og konkludere med at de komponentene er sterkere når de strekkes med lagene i samme retning som lastaksen. Helt til slutt, når man har komponenten sin ferdig laget, er det en betydelig forskjell på overflatefinish etter at man har bearbeidet komponenten. Dette vil igjen spille en viktig rolle i sluttproduktet vårt.

Hullavvik

Konklusjonen for hvordan hull burde dimensjoneres var at hullet burde dimensjoneres gjennomsnittlig 0.4 mm større enn hva tallet i 3D modeller er. Det har mye å si hvor hullene er plassert i forhold til komponenten. Om hullene er plassert helt nederst på byggeplaten til 3D-printeren, vil det ha større sjanse for at hullene siger utover og blir enten større eller

ujevn. Om hullene er plasser lenger opp fra byggeplaten vil hullene ha mindre sjanse for å utvide seg og dimensjoneringen på 0.4 mm større er hensiktsmessig.

Sirkeltoleranser

Vi fant ut at sirklene har meget god toleranse i forhold til 3D modellen. Dette vil ikke være et problem for dette prosjektet med tanke på at vi har minimalt med roterende sirkulære deler.

Strektesting

Vi så at prøvestavene er sterkest når trådene går er parallell med lastretningen. Dette gjør at vi er mer oppmerksomme på at vi burde planlegge hvordan en komponent blir 3D-printet i henhold til hva slags laster som komponenten opplever. Det er mye endringer man kan gjøre i Ultimaker Cura, men ikke alltid kan man bestemme retning av print

Innsatser

Vi konkluderte med innsatser som var tilgjengelige for oss ikke passet vårt behov. Dermed til vi til å lage komponenter med muttere som festemiddel og skruer som direkte skrus inn i komponenten. Selv om dette har større sjanse for å ødelegge hullet, er antall monteringer og demonteringer såpass få at dette er neglisjerbart om man entrer skruen i gjengene som lages første gangen hver gang.

Bearbeiding av 3D-printet overflate

Vi ser at 3D-printeren gir en nokså jevn overflate, så det må diskuteres om etterarbeid av overflaten er nødvendig. Med tanke på tidspresset i prosjektet må dette avgjøres i tidspunktet som er for lakkering og eventuelt 3D-printes med en lav lagtykkelse.

6. Referanser

[1] Ultimaker. (2022, 20 april) Teknisk datablad. Hentet fra

<https://support.ultimaker.com/hc/en-us/articles/360011962720-Ultimaker-PLA-TDS>

[2] Roylance, D. (2021). *Stress-strain curve for polyamide thermoplastic*. Hentet fra [https://eng.libretexts.org/Bookshelves/Mechanical_Engineering/Mechanics_of_Materials_\(Roylance\)/01%3A_Tensile_Response_of_Materials/1.04%3A_Stress-Strain_Curves](https://eng.libretexts.org/Bookshelves/Mechanical_Engineering/Mechanics_of_Materials_(Roylance)/01%3A_Tensile_Response_of_Materials/1.04%3A_Stress-Strain_Curves)

[3] Grabcad (2022, 19 oktober 2015) *Brass Threaded Insert for Plastic*. Hentet fra

<https://grabcad.com/library/fitsco-heatfit-range-brass-threaded-insert-for-plastic-1>

RM003 – Rapport, research avfyring

Dokumentbeskrivelse

Dette dokumentet beskriver utført testing av prosjektilavfyring basert på trykkluft. Denne testingen ble utført i fasen utdypning 2.

Revisjon	Skrevet av	Dato	Godkjent av
A	Simen Tråstadjølen og Martin Slettedal	04.03.2022	Martin Slettedal

Innhold

1. Introduksjon	3
2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter	3
2.1 Dokumenthistorie	3
2.2 Refererte dokumenter	3
3. Beskrivelse	3
3.1 Oppsett	3
3.2 3D-printet prosjektil	6
3.3 Tester	7
4. Resultater	9
4.1 Test 1	9
4.2 Test 2	10
4.3 Test 3	12
4.4 Feilkilder og usikkerhetsmoment	13
5. Konklusjon	13

Figurliste

Figur 1: Testoppsett.	4
Figur 2: Markeringer for å se treffpunkt.	4
Figur 3: Avfyriingsstruktur.	5
Figur 4: Nerf-prosjektil og 3D-printet prosjektil.	5
Figur 5: Rutenett med koordinatretninger.	6
Figur 6: 3D-modell av prosjektilet.	6
Figur 7: Oppboring av hull.	7
Figur 8: Avfyriingsrør og prosjektil.	8

Tabelliste

Tabell 1: Treffpunkt test 1.	9
Tabell 2: Avvik fra gjennomsnittlig treffpunkt, test 1.	10
Tabell 3: Treffpunkt test 2.	10
Tabell 4: Treffpunkt test 3.	12
Tabell 5: Avvik fra gjennomsnittlig treffpunkt, test 3.	12

1. Introduksjon

For å lære om presisjon og andre sider ved avfiring av prosjektiler med trykkluft valgte vi å kjøre noen enkle tester i fasen utdypning 2. Vi satte sammen en enkel testtrigg som kan avfyre Nerf-prosjektiler og lignende. Formålet med testingen var å få praktisk erfaring med presisjon i avfiring med trykkluft og prøve å forstå hvilke faktorer som spiller inn. Rapporten er med å danne grunnlaget for utvikling av avfyringsmekanismen og prosjektilene. Se ML003 – Utviklingsrapport, avfiring og toppstruktur og RM009 – Rapport, prosjektildesign.

2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter

2.1 Dokumenthistorie

Revisjon	Beskrivelse	Dato
A	Nyopprettet	04.03.2022

2.2 Refererte dokumenter

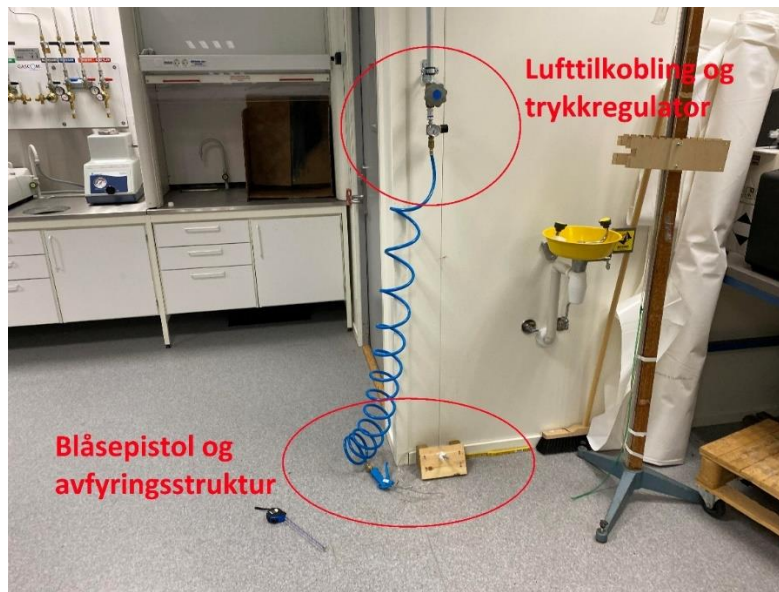
Tittel	Revisjon	Utgiver
ML003 – Utviklingsrapport, avfiring og toppstruktur	A	Project Mini Launcher
RM009 – Rapport, prosjektildesign	A	Project Mini Launcher

3. Beskrivelse

3.1 Oppsett

Oppsettet for testingen er en liten struktur med et avfyringsrør koblet til trykkluft som prosjektilet tres på og markering på gulvet for å se hvor prosjektilet treffer. Trykkluft leveres til avfyringsrøret fra trykklufttanken til laboratoriet via en trykkregulator og en blåsepistol. Trykkregulatoren brukes for å justere trykket ned slik at vi får en passende utgangshastighet og avfyringslengde. Blåsepistolen er brukt som utløser, altså en ventil for å slippe igjennom luft for avfiring. Vinkelen på avfyringsrøret er 30 grader fra horisontalt. Oppsettet er vist i figur 1, 2 og 3.

Vi utførte testing med to prosjektiler, et Nerf-prosjektil og et 3D-printet prosjektil. Avfyringsrøret hadde en innvendig diameter på 5,1 mm og en utvendig diameter på 5,7 mm. Dette røret ble valgt ettersom det passet bra til Nerf-prosjektilet. Det 3D-printede prosjektilet ble laget slik at det også passet på samme røret. Prosjektilene er vist i figur 4.



Figur 1: Testoppsett.



Figur 2: Markeringer for å se treffpunkt.



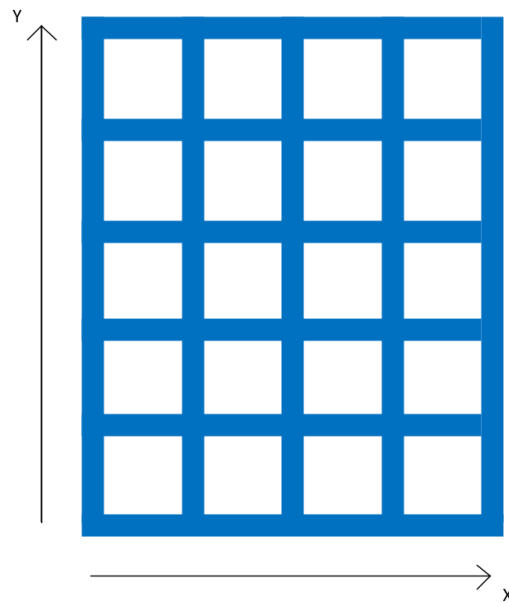
Figur 3: Avfyringsstruktur.



Figur 4: Nerf-prosjektil og 3D-printet prosjektil.

For å avgjøre treffpunkt markerte vi et rutenett på gulvet med maskeringsteip. Første strek i rutenettet er 5 meter unna avfyringsstrukturen. Strekene har 20 cm mellomrom. Vi noterte treffpunkt til nærmeste 10 cm, ettersom det var så nøyaktig som vi greide å observere visuelt. Dette er nøyaktig nok for formålet med denne testingen. For å mer nøyaktig kunne finne treffpunktet kan vi ved senere tester som krever med nøyaktighet bruke optak i sakte film.

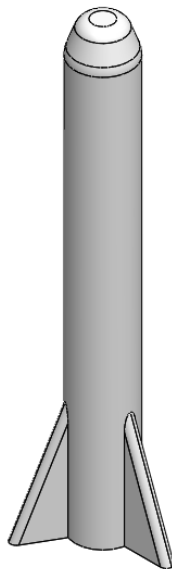
Vi noterte treffpunkt ut fra venstre hjørne nærmest avfyringsstrukturen. Dette hjørnet er altså (0, 0) i resultatene senere i rapporten. Dette er illustrert i figur 5.



Figur 5: Rutenett med koordinatretninger.

3.2 3D-printet prosjektil

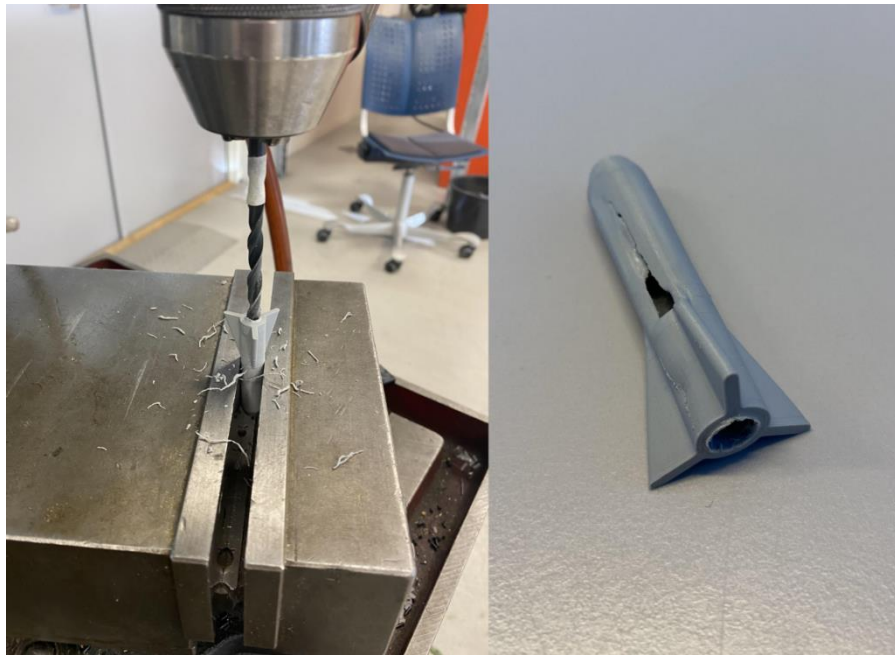
Det 3D-printede prosjektilet ble som nevnt laget for å passe på samme avfyringsrør som Nerf-prosjektilet. Figur 6 viser 3D-modell av prosjektilet.



Figur 6: 3D-modell av prosjektilet.

Ved å lage og teste dette prosjektilet lærte vi et par ting som er verdt å merke seg når vi skal lage prosjektiler til systemet. Først modellerte vi prosjektilet med hull til avfyringsrøret litt under den diameteren vi ønsket, med plan om å bore det opp, slik at vi fikk et mer nøyaktig hull og bedre kontroll på diameteren enn rett fra 3D-printeren. Som figur 7 viser var det vanskelig å gjennomføre dette i praksis med det oppsettet vi brukte på grunn av

vanskeligheter med å holde prosjektilet i ro i skrustikka kombinert med varmeutvikling som gjorde plasten myk. Vi gikk derfor over til å forsøke å printe prosjektilet med den diameter vi ønsket. Etter et par forsøk fant vi ut at å angi mål på hullet lik 6,2 mm i modellen ga oss en fysisk hull-diameter på 5,8 mm. Dette gjorde at prosjektilet passet fint rundt avfyringsrøret med utvendig diameter 5,7 mm. Klaringen mellom røret og innsiden av prosjektilet kan være en faktor i overføring av energi til prosjektilet og dermed utgangshastighet og treffavstand, men dette ble ikke utforsket i denne testen.



Figur 7: Oppboring av hull.

Ved prøveavfiring observerte vi at prosjektilet roterer i lufta i stedet for å fly stabilt. Til sammenligning så vi at Nerf-prosjektilet fløy overraskende stabilt fra testtriggen i forhold til hvordan det flyr ut av en Nerf-pistol. Ved nærmere inspeksjon observerte vi at tyngdepunktene er på helt ulike plasser i de to prosjektilene. Tyngdepunktet til 3D-print-prosjektilet ligger 42 mm fra tuppen, av en total lengde på 80 mm. Tyngdepunktet til Nerf-prosjektilet ligger rundt 19 mm fra tuppen, av en total lengde på 72 mm. Vi tror at tyngdepunktets posisjon i forhold til angrepspunktet til luftmotstanden er avgjørende for stabiliteten til prosjektilet i lufta. Prosjektilets tyngdepunkt bør være foran angrepspunktet til luftmotstanden for å oppnå stabilitet. Også verdt å merke er forskjellen i vekt mellom de to prosjektilene, det 3D-printede prosjektilet er betydelig tyngre enn Nerf-prosjektilet.

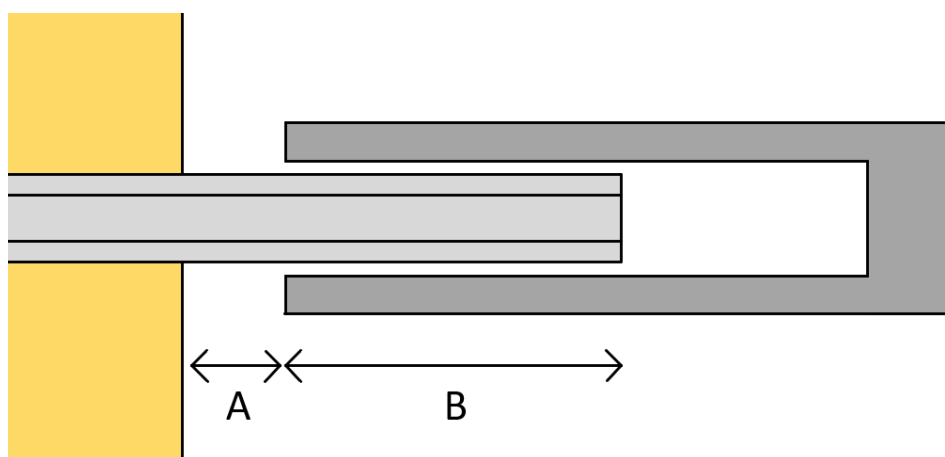
3.3 Tester

Hovedtesten vi gjennomførte var avfiring av et 3D-printet prosjektil mot rutenettet. Etter litt prøving fant vi ut at å stille trykkregulatoren til omtrent 3,25 bar ga oss treff innenfor rutenettet. Derfor valgte vi å kjøre testen ved dette trykket. Vi utførte 20 avfiringer og noterte treffpunktene. Ved denne testen ble prosjektilet tredd helt ned mot bunnen av

avfyringsrøret så langt det lot seg gjøre, i figur 8 m gir dette mål A lik 4 mm og mål B lik 28 mm. Denne testen er referert til som test 1.

I tillegg til denne testen kjørte vi en kort test med prosjektilet tredd delvis ned på avfyringsrøret, med mål A lik 25 og mål B lik 7 mm. Denne testen ble gjennomført for å se hvilken innvirkning dette har på avfyringsavstand. Formålet med denne testen var ikke å lære noe om presisjonen i avfyringen, men for å se grovt hvilken innvirkning dette har treffavstanden. Vi utførte 5 avfyring for å sikre at resultatet var riktig og repeterbart. Denne testen er referert til som test 2.

Vi utførte også en til test tilsvarende test 1, men med et Nerf-prosjektil. For å treffe innenfor rutenettet fant vi at det var nødvendig å stille trykket ned til omtrent 1,5 bar og plassere Nerf-prosjektilet bare delvis ned på avfyringsrøret, mål A lik omtrent 12,5 mm og mål B lik 19,5 mm. Denne testen er referert til som test 3.



Figur 8: Avfyringsrør og prosjektil.

4. Resultater

4.1 Test 1

Tabell 1 viser treffpunktene i de 20 avfiringene som ble utført som del av test 1. Her ble 3D-printet prosjektil benyttet med et trykk på 3,25 bar. Merk at verdiene her er i forhold til nullpunkt definert i kapittel 3.1.

Tabell 1: Treffpunkt test 1.

Avfyringsnr.	x-retning (m)	y-retning (m)
1	0,1	0,3
2	0,3	0,4
3	0,5	0
4	0,5	0,1
5	0,5	0,1
6	0,7	-0,1
7	0,3	0,5
8	0,5	0,1
9	0,3	0,2
10	0,4	0,1
11	0,3	0,2
12	0,5	0,1
13	0,6	0,3
14	0,5	0,2
15	0,4	0,3
16	0,5	0,2
17	0,7	0,5
18	0,4	0,1
19	0,4	0
20	0,2	0
Gjennomsnitt	0,43	0,18

For å lettere kunne se presisjonen i avfiringene fra resultatene vist i tabell 1, har vi i tabell 2 vist treffpunktens posisjon som avvik fra gjennomsnittlig treffpunkt for alle 20 avfiringene. Gjennomsnittlig treffpunkt har en posisjon $x = 0,43$ m og $y = 0,18$ m. Det vil si en avstand på 518 cm fra avfyringsstrukturen og 43 cm fra venstre side av rutenettet, altså 3 cm fra senterlinja i rutenettet. For verdier i tabell 2 er gjennomsnittlig treffpunkt også avrundet til nærmeste 10 cm, altså $x = 0,4$ m og $y = 0,2$ m.

Tabell 2: Avvik fra gjennomsnittlig treffpunkt, test 1.

Avfyringsnr.	x-retning (m)	y-retning (m)
1	-0,3	0,1
2	-0,1	0,2
3	0,1	-0,2
4	0,1	-0,1
5	0,1	-0,1
6	0,3	-0,3
7	-0,1	0,3
8	0,1	-0,1
9	-0,1	0
10	0	-0,1
11	-0,1	0
12	0,1	-0,1
13	0,2	0,1
14	0,1	0
15	0	0,1
16	0,1	0
17	0,3	0,3
18	0	-0,1
19	0	-0,2
20	-0,2	-0,2

Største avvik i de 20 utførte avfyringene er $\pm 0,3$ m i både x og y retninger.

4.2 Test 2

Test 2 hadde som formål å se hvilken innvirkning det vil ha på treffavstanden å tre prosjektilet kortere ned på avfyringsrøret. Vi merket ikke opp nøyaktig på gulvet for denne testen, da vi bare var interessert i å finne veldig omtrentlig treffavstand. Årsaken til at vi utførte 5 avfyringer er i hovedsak å forsikre oss om at resultatet var korrekt og repeterbart.

Tabell 3: Treffpunkt test 2.

Avfyringsnr.	Treffavstand
1	2,5
2	2,5
3	2,5
4	2,5
5	2,5

Alle avfyringene landet om lag 2,5 meter unna avfyringsstrukturen. Vi ser fra dette resultatet prosjektilets «akselerasjonslengde» har betydelig innvirkning på treffavstanden. Dette er altså avstanden fra bakre ende av prosjektilet til enden av avfyringsrøret når prosjektilet er

tredd på. Ved samme trykk, her rundt 3,25 bar, endret avstanden seg betydelig, fra omtrent 5,2 m når prosjektilet var tredd helt ned til 2,5 m når prosjektilet var tredd delvis ned.

4.3 Test 3

Test 3 var tilsvarende test 1, men med Nerf-prosjektil. Trykket var stilt ned til 1,5 bar og prosjektilet var tredd delvis ned, omtrent 12,5 mm til bunnen. Tabell 1 viser treffpunktene i de 10 avfiringene som ble utført som del av test 3.

Tabell 4: Treffpunkt test 3.

Avfyringsnr.	x-retning (m)	y-retning (m)
1	0,5	0,7
2	0,6	1
3	0,5	1,1
4	0,4	0
5	0,5	0,9
6	0,4	0,6
7	0,5	0,7
8	0,5	0,7
9	0,3	0,9
10	0,2	1
Gjennomsnitt	0,44	0,76

I tabell 5 vises resultatene som avvik fra gjennomsnittlig treffpunkt. Gjennomsnittlig treffpunkt er $x = 0,44$ m og $y = 0,76$ m. Det vil si en avstand på 576 cm fra avfyringsstrukturen og 44 cm fra venstre side av rutenettet, altså 4 cm fra senterlinja.

Tabell 5: Avvik fra gjennomsnittlig treffpunkt, test 3.

Avfyringsnr.	x-retning (m)	y-retning (m)
1	0,1	-0,1
2	0,2	0,2
3	0,1	0,3
4	0	-0,8
5	0,1	0,1
6	0	-0,2
7	0,1	-0,1
8	0,1	-0,1
9	-0,1	0,1
10	-0,2	0,2

Vi ser avfiring 4 har stort avvik fra gjennomsnittet, som traff 0,8 m kortere. Ettersom dette er den eneste av de 10 avfiringene som er i det området er det nærliggende å tenke at noe spesielt har skjedd i forbindelse med denne avfiringen. Største avvik dersom vi ser bort fra avfyringsnummer 4 er +0,3 m og -0,2 m i y-retning, og $\pm 0,2$ m i x-retning.

4.4 Feilkilder og usikkerhetsmoment

Det er en del usikkerhetsmomenter og feilkilder som kan ha spilt inn i testingen. Oppsettet med avfyringsstrukturen er relativt rigid og plassert på en måte som unngår betydelig bevegelse mellom avfyringer, og vi tror ikke dette er faktor som har hatt stor betydning for testingen. Vi oppdaget at hvor hurtig man trykker inn avtrekkeren på blåsepistolen har stor innvirkning på utgangshastighet og treffavstand. For å minimere denne faktoren ble utløsning av prosjektilet gjort av samme person, med likt trykk og sammenhengende med kort tid mellom hver avfyring. Vi oppdaget også at hvor langt prosjektilet ble tredd ned på avfyringsrøret hadde stor innvirkning. Dette viser også resultatene av test 2. I hovedtesten, altså test 1, ble prosjektilet tredd så langt ned som mulig, men på grunn av at røret er limt til resten av oppsettet er det en limfuge som hindrer prosjektilet i å kunne tres helt ned uten at det oppstår friksjon som påvirker avfyringen.

Andre faktorer som påvirker både trefflengde og sideveis avvik er bevegelse og friksjon mellom prosjektil og avfyringsrør og aerodynamiske krefter. Når prosjektilet beveger seg oppover røret vil det kunne oppstå noe tverrbevegelse og vinkling av prosjektilet relativt til røret ettersom det er litt klaring for å unngå friksjon. Etter at prosjektilet forlater røret vil det fremdeles oppleve en kraft fra luftstrømmen ut av røret, og avhengig av hvordan denne luftstrømmen treffer prosjektilet vil dette også påvirke prosjektilets retning. Aerodynamiske krefter igjennom prosjektilets bane vil også kunne ha en innvirkning. Disse effektene vil virke sammensatt, ettersom for eksempel en liten endring i vinkelen til prosjektilet på vei ut av røret vil ha innvirkning de to andre nevnte effektene som luftmotstand og luftstrømmen fra røret.

5. Konklusjon

Etter å ha utført test på avfyring av prosjektiler så fant vi ut at Nerf-prosjektilet og det 3D-printede prosjektilet har veldig ulikt tyngdepunkt. Nerf-prosjektilet hadde tyngdepunktet nærmere tuppen av prosjektilet. Dette gjorde at prosjektilet gikk i en veldig fin og rett bane. Det 3D-printede prosjektilet hadde tyngdepunkt bak midten av prosjektilet. Dette gjorde at banen til prosjektilet ikke ble like rett og forutsigbar. Prosjektilet begynte også å rotere løst og fritt i lufta, noe som ikke er veldig optimalt eller stilfullt.

En annen viktig faktor for avfyring av prosjektilet er hvor langt prosjektilet er plassert inn på røret. Vi fant ut at ved å bare justere noen millimeter på hvor langt inn prosjektilet satt på røret så går prosjektilet veldig mye lengre/kortere.

Resultatene viser at det burde være mulig å oppnå ønsket rekkevidde med trykk innenfor hva en vanlig kompressor kan levere (7-8bar). Vi tror at det er mulig å få til kravet om presisjon dersom vi får kontroll på de fleste av feilkildene.

RM004 – Rapport, testing av prosjektiler og ventiler

Dokumentbeskrivelse

Denne rapporten beskriver testing av prosjektiler og magnetventiler utført i iterasjonen konstruksjon 2.

Revisjon	Skrevet av	Dato	Godkjent av
A	Simen Tråstadkjølen	13.04.2022	Martin Slettedal

Innhold

1. Introduksjon	2
2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter	3
2.1 Dokumenthistorie	3
2.2 Refererte dokumenter	3
3. Oppsett	4
4. Testing av prosjektilenes treffsikkerhet	6
4.1 Beskrivelse	6
4.2 Resultater	7
5. Testing av rekkevidde og nødvendig lufttrykk	7
5.1 Beskrivelse	7
5.2 Resultater	8
6. Konklusjon	8
7. Referanseliste	9

Figurliste

Figur 1: Avfyringsoppsett.	5
Figur 2: Magnetventil og avfyringsrør.	5
Figur 3: Oppmerket mål.	5
Figur 4: Prosjektiler testet.	6
Figur 5: Magnetventiler.	7

Tabelliste

Tabell 1: Krav til rekkevidde og presisjon.	4
Tabell 2: Prosjektiler testet.	6
Tabell 3: Teknisk data for magnetventiler.	7
Tabell 4: Nødvendige trykk for å avfyre 10 m.	8

1. Introduksjon

Denne rapporten beskriver testing av avfyring i iterasjonen konstruksjon 2. Testingen ble utført med et prøveoppsett som funksjonelt ligner avfyringsmekanismen i systemet. Det ble utført testing for å sammenligne ulike alternativer til prosjektiler med tanke på treffsikkerhet og rekkevidde, og det ble sammenlignet to ulike magnetventiler.

Det er gjennomført i to tester. Den første var en sammenligning av prosjektilenes treffsikkerhet. Den andre testen var en sammenligning av nødvendig trykk for å oppnå en rekkevidde på 10 m med de to magnetventilene og i kombinasjon med hvert prosjektil.

2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter

2.1 Dokumenthistorie

Revisjon	Beskrivelse	Dato
A	Nyopprettet	13.04.2022

2.2 Refererte dokumenter

Tittel	Revisjon	Utgiver
KS001 – Kravspesifikasjon	B	Project Mini Launcher
RM003 – Rapport, research avfyring	A	Project Mini Launcher
RM009 – Rapport, prosjektildesign	A	Project Mini Launcher
RM003 – Utviklingsrapport, avfyring og toppstruktur	A	Project Mini Launcher

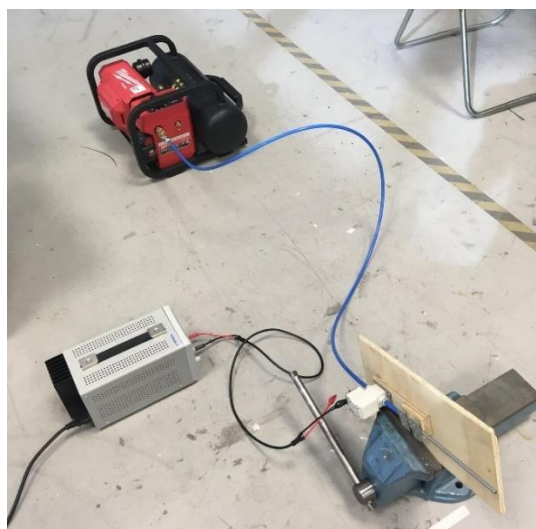
3. Oppsett

Testoppsettet besto av en magnetventil og et rør festet til en plate. Platen ble holdt i en bestemt vinkel i en skrustikke. Magnetventilen ble forsynt med luft fra en kompressor, og med spenning fra en spenningsforsyning. Det ble målt opp og merket av på gulvet 10 m unna avfyringsoppsettet. Det ble også merket av 30 cm radius rundt merket på 10 m. Dette samsvarer med kravene som stilles til det ferdige systemet. Tabell 1 viser kravene for rekkevidde og presisjon, hentet fra KS001 – Kravspesifikasjon.

Tabell 1: Krav til rekkevidde og presisjon.

Krav-ID	Beskrivelse	Prioritet
FK4-3	Systemets prosjektiler skal kunne utløses mot mål innenfor avstander mellom 3 meter og 10 meter fra systemet.	A
FK4-4	Systemet skal kunne treffe et mål innenfor en radius på 30 cm med 10 meters avstand.	B

Denne testingen er på flere måter ganske lik testing utført tidligere, beskrevet i rapport RM003 – Rapport, research avfyring. En vesentlig forskjell er at vi i testingen beskrevet i denne rapporten bruker en magnetventil istedenfor en blåsepistol for å åpne for luft. Dette gir mer repeterbar åpning enn blåsepistolen, der hurtigheten man trekker inn håndtaket med viste seg å gi vesentlig variasjon i treffavstand. En annen vesentlig forskjell er at vi i denne testingen skjøt på samme avstand som ble beskrevet i presisjonskravet, 10 m. Testingen har også et annet formål enn tidligere testing. Med testingen beskrevet i denne rapporten ønsket vi å undersøke mer konkret hva slags prosjektiler og magnetventiler som egner seg til Mini Launcher. Se RM009 – Rapport, prosjektildesign for detaljer om utviklingsprosessen for prosjektiler og ML003 – Utviklingsrapport, avfyringsmekanisme og toppstruktur.



Figur 1: Avfyriingsoppsett.



Figur 2: Magnetventil og avfyriingsrør.



Figur 3: Oppmerket mål.

4. Testing av prosjektilenes treffsikkerhet

4.1 Beskrivelse

Det ble gjennomført testing for å vurdere tre alternativer til prosjektiler med tanke på treffsikkerhet. Det vi i hovedsak ønsket å oppnå med denne testingen, var å finne ut om Nerf-prosjektilet er treffsikkert nok til å oppnå presisjonskravet, eller om vi må designe og lage egne prosjektiler for formålet.

Tre ulike prosjektiler ble testet for å sammenligne treffsikkerhet. Figur 4 viser de tre prosjektilene. Nerf-prosjektilet er til venstre, kort 3D-printet prosjektil i midten og langt 3D-printet prosjektil til høyre. Tabell 2 viser viktig data for hvert av prosjektilene. Alle prosjektilene har lik innvendig diameter på 6 mm.



Figur 4: Prosjektiler testet.

Tabell 2: Prosjektiler testet.

Data	Nerf	3D-printet kort	3D-printet lang
Total lengde (mm)	72	100	150
Innvendig lengde (mm)	58	75	125
Vekt (g)	1 [1]	5	8

Testingen ble gjennomført ved at vi skjøt inn oppsettet til hvert prosjektil ved å justere tilført lufttrykk, slik at treffpunktene var omkring avmerket punkt på 10 m. Vi registrerte ikke nøyaktig hvor hver avfiring traff, men noterte om det traff innenfor eller utenfor radius på 30 cm. Vi utførte en rekke avfyringen med hvert prosjektil.

4.2 Resultater

Resultatene fra denne testingen var at Nerf-prosjektilene var meget uforutsigbare. Noen avfyringer traff innenfor feltet, men de fleste traff langt utenfor. De gikk både for langt, for kort, til høyre og venstre. Både langt og kort 3D-printet prosjektil traff konsekvent innenfor oppmerket felt når vi fant riktig trykkinstilling for disse prosjektilene.

5. Testing av rekkevidde og nødvendig lufttrykk

5.1 Beskrivelse

Vi testet også to ulike magnetventiler med de tre ulike prosjektilene for å sammenligne rekkevidde og nødvendig tilført lufttrykk for å oppnå kravet til rekkevidde på 10 m.

Figur 5 viser de to magnetventilene som ble testet og sammenlignet. Ventilen til venstre er av typen SMC VDW20GA, og ventilen til høyre er av typen SMC VX210MG. Tabell 3 viser utvalgt teknisk data for de to ventilene. Videre i rapporten vil magnetventilene bli referert til som liten ventil og stor ventil.



Figur 5: Magnetventiler.

Tabell 3: Teknisk data for magnetventiler.

Data	SMC VDW20GA [2]	SMC VX210MG [3]
Koblinger	6 mm innstikkskobling	8 mm innstikkskobling
Indre diameter (mm)	1,6	3
Spenningskilde	24V DC	24V DC
Effekt (W)	3	4,5
Høyde (mm)	53	65
Bredde (mm)	20	30
Lengde (mm)	40	67

Maksimalt trykk (bar)	7	6
-----------------------	---	---

Testoppsettet var det samme som i testen i kapittel 4, med unntak av at vi her byttet mellom to ventiler. Elevasjonsvinkel var 30 grader og prosjektilene ble avfyrt mot et mål merket av på gulvet 10 m unna. Det ble gjennomført avfyringer med tre ulike prosjektiler. Flere avfyringer ble gjennomført med hvert av prosjektilene for å sikre at resultatene er riktige. Det ble notert hvor mye tilført lufttrykk som var nødvendig for å avfyre prosjektilene slik at traff målet, 10 m unna. Trykket ble lest av på manometeret på kompressoren.

5.2 Resultater

Tabell 4 viser resultatene fra testingen.

Tabell 4: Nødvendige trykk for å avfyre 10 m.

Prosjektil	Lufttrykk liten ventil (bar)	Lufttrykk stor ventil (bar)
Kort 3D-print	7,0	2,8
Lang 3D-print	3,5	2,2
Nerf-prosjektil	1,7	0,3

Fra resultatene ser vi at det kreves betydelig mer trykk for å avfyre prosjektilene 10 m med liten ventil i forhold til den store ventilen. Vi kan også se at Nerf-prosjektilet krever betydelig mindre trykk for å oppnå 10 m, enn de 3D-printede med begge ventilene.

Vi ser også at det kreves mye høyere trykk for å avfyre kort 3D-printet prosjektil 10 m med den lille ventilen. Vi observerte at rekkevidden endret seg lite per trykkøkning når vi økte trykket videre over 4 bar med den lille ventilen når vi prøvde å oppnå 10 m med kort 3D-printet prosjektil.

6. Konklusjon

Fra resultatene i denne testingen konkluderer vi med at det vi ikke kan benytte Nerf-prosjektiler dersom systemet skal oppnå kravet om treffsikkerhet. De 3D-printede prosjektilene var mer treffsikre, og det bør være mulig å oppnå treffsikkerhetskravet med disse. De 3D-printede prosjektilene krevde med trykk enn Nerf-prosjektilene, men ikke mer enn det vi kan få tilført, i alle fall ikke med den store ventilen.

Fra sammenligningen av magnetventiler konkluderer vi med at den lille ventilen krever høyere trykk enn den store ventilen, men at det likevel bør være mulig å oppnå kravet om rekkevidde over 10 m med et trykknivå innenfor det vi kan forsyne systemet med. Som vi observerte stiller anvendelse av liten magnetventil noe strengere krav til prosjektilet, som må utformes for å ha stor innvendig lengde i forhold til vekt.

7. Referanseliste

- [1] Blasterhub, *Dart Comparison* (20.01.2019) <https://blasterhub.com/darts-comparison/>, hentet april 2022
- [2] SMC Pneumatics, *Compact Direct Operated 2/3 Port Solenoid Valve for Water and Air, Series VDW*, side 29, https://www.smc Pneumatics.com/pdfs/VX21_22_23US.pdf
- [3] SMC Pneumatics, *Compact Direct Operated 2/3 Port Solenoid Valve for Water and Air, Series VX21/22/23*, side 7, <https://www.smc Pneumatics.com/pdfs/VDW.pdf>

RM005 – Analyserapport, sikkerhetslokk

Dokumentbeskrivelse

Dette dokumentet beskriver beregninger gjort for å bekrefte og dokumentere at sikkerhetslokk for avfyringsmekanisme tåler påkjenningene det, og relaterte deler, vil bli utsatt for ved en uønsket avfiring av prosjektiler.

Revisjon	Skrevet av	Dato	Godkjent av
A	Simen Tråstadkjølen	23.04.2022	Tobias Nilsen

Innhold

1. Introduksjon	3
2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter	3
2.1 Dokumenthistorie	3
2.2 Refererte dokumenter	3
3. Bakgrunn	4
3.1 Utforming av mekanisk sikring	4
3.2 Belastningssituasjon	6
3.3 Materialelegenskaper	7
3.3.1 3D-print	7
3.3.2 Festemidler	7
4. Beregninger og resultater	8
4.1 Analyse av sikkerhetslokk	8
4.2 Beregninger av videre kraftoverføring gjennom skillevegger	10
5. Konklusjon	14
6. Referanseliste	14

Figurliste

Figur 1: Toppstruktur	4
Figur 2: Sikkerhetslokk	5
Figur 3: Montering av sikkerhetslokk	5
Figur 4: Laster og låsinger av sikkerhetslokk	8
Figur 5: Mesh av sikkerhetslokk	9
Figur 7: Laster og låsinger på skillevegger	11
Figur 8: Mesh av skillevegger	11
Figur 9: Spenningsplot av skillevegger	12
Figur 10: Laster og låsinger på vinkel	12
Figur 11: Mesh av vinkel	13
Figur 12: Spenningsplot av vinkel	13

Tabelliste

Tabell 1: Modell/tegnings-nummer for komponenter i beregningene	4
Tabell 2: Materialelegenskaper PLA	7

1. Introduksjon

For å unngå skade på personer og omgivelser ved en eventuelt uønsket avfiring av prosjektiler fra Mini Launcher ber kravspesifikasjonen om en mekanisk sikring av prosjektiler.

Dette kravet er løst ved å ha et sikkerhetslokk i forenden av toppstrukturen til Launcheren som fysisk blokkerer for prosjektilene. Dette lokket fjernes manuelt av operatør før bruk. Nærmere detaljer om sikkerhetslokket finnes i utviklingslogg for avfiring.

For å sikre at dette sikkerhetslokket tåler de mekaniske påkjenningene en uønsket avfiring medfører, er det foretatt styrkeberegninger av de ulike delene disse påkjenningene vil påvirke.

2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter

2.1 Dokumenthistorie

Revisjon	Beskrivelse	Dato
A	Nyopprettet	

2.2 Refererte dokumenter

Tittel	Revisjon	Utgiver
KS001 – Kravspesifikasjon	B	Project Mini Launcher

3. Bakgrunn

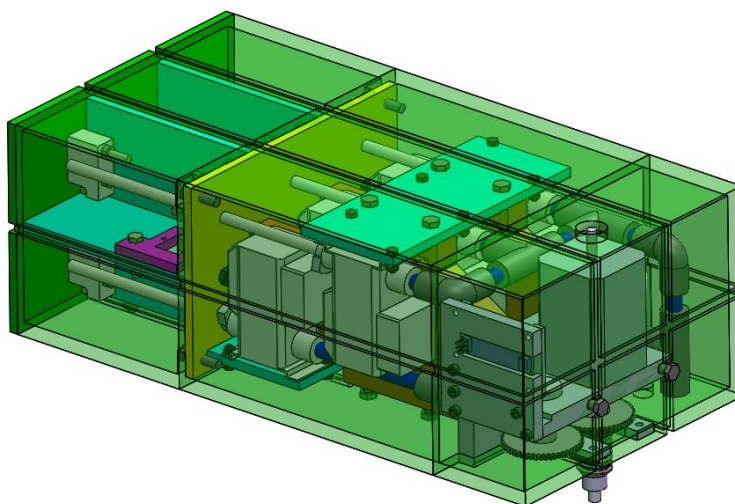
3.1 Utforming av mekanisk sikring

Tabell 1 inneholder tegningsnummer for komponenter referert til i denne rapporten.

Tabell 1: Modell/tegnings-nummer for komponenter i beregningene.

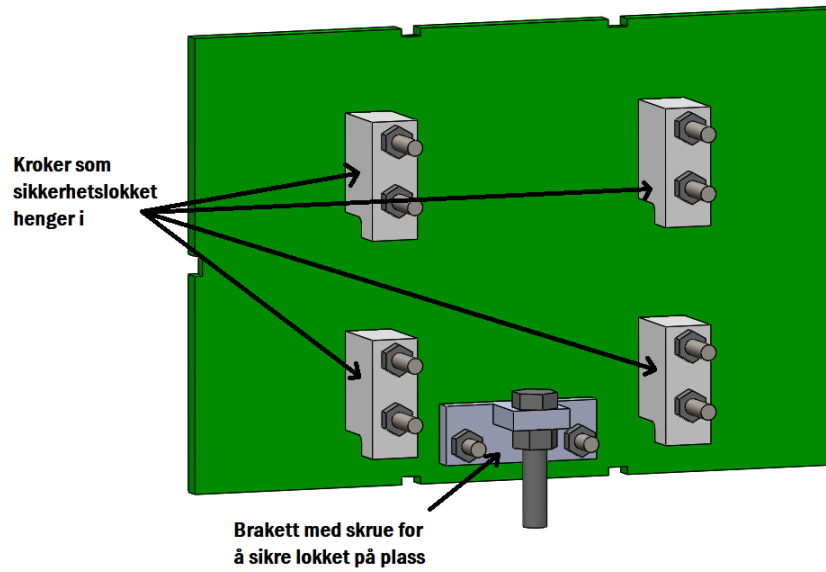
Tegningsnummer	Beskrivelse	Type
0069	Assy toppstruktur	Sammenstilling
0096	Assy frontdeksel (Sikkerhetslokk)	Sammenstilling
0079	Frontdeksel (Sikkerhetslokk)	Komponent
0080	Feste for frontdeksel	Komponent
0092	Assy front toppstruktur	Sammenstilling
0089	Skillevegger toppstruktur	Komponent
0094	Feste for deteksjon vinkel	Komponent

Sikkerhetslokket er i forenden av toppstrukturen, foran kamrene som rommer prosjektilene. Figur 1 viser hele toppstrukturen. Vi ser sikkerhetslokket til venstre i figuren.

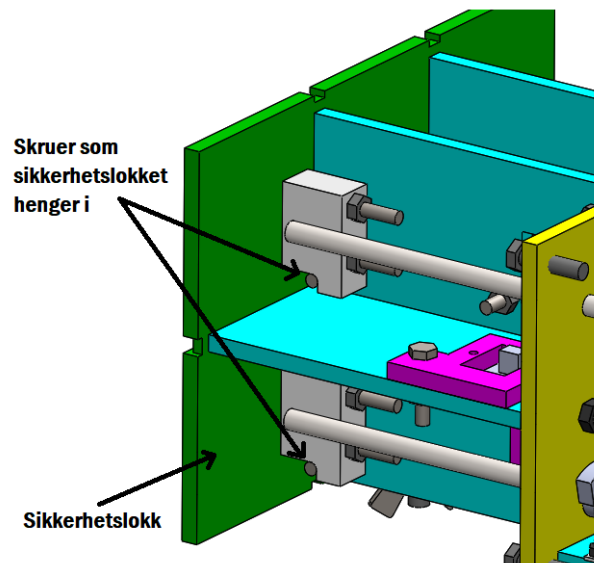


Figur 1: Toppstruktur

Figur 2 viser sikkerhetslokket i isolasjon. Sikkerhetslokket består av en flat plate med fire kroker som sikkerhetslokket henger fast til resten av toppstrukturen med. Det er også en brakett nederst med en skrue. Når sikkerhetslokket henges på toppstrukturen i krokene vil denne skruen stikke ut gjennom bunnen av toppstrukturen slik at sikkerhetslokket kan sikres på plass ved å skru på en enkelt mutter. Figur 3 viser hvordan krokene i sikkerhetslokket henger fast i fire skruer i toppstrukturen.



Figur 2: Sikkerhetslokk



Figur 3: Montering av sikkerhetslokk

3.2 Belastningssituasjon

Beregningene tar utgangspunkt i belastningssituasjonen som oppstår dersom alle 6 prosjektilene avfyres på likt med maksimalt trykk for avfyringsmekanismen, som er 6 bar. Ettersom tuppen av prosjektilene vil være i kontakt med, eller nesten i kontakt med, sikkerhetslokket når det er montert vil kraften sikkerhetslokket opplever være lik den kraften prosjektilene påføres av trykkluften når ventilene åpnes. Kraften fra hvert prosjektil er lik lufttrykket multiplisert med prosjektilets innvendige areal. Ligning 1 viser utregninger av kraften fra hvert prosjektil, F .

$$F = PA = P \frac{\pi d^2}{4} = 6,0 \cdot 10^5 \text{ Pa} \frac{\pi \cdot (6,0 \cdot 10^{-3} \text{ m})^2}{4} = 17,0 \text{ N}$$

Disse kreftene virker på sikkerhetslokket på de 6 punktene der det er kontakt med prosjektilene. Kreftene overføres så via skruene til de fire krokene, fra krokene videre til skruene disse henger i, fra skruene gjennom skilleveggene til platen som holder avfyringsrør og til bærebjelkene for hele toppstrukturen.

3.3 Materialelegenskaper

Det er utført beregninger på deler av to ulike materialer, 3D-printet plast og festemidler i stål.

3.3.1 3D-print

De 3D-printede delene er printet i Ultimaker PLA. Tabell 2 viser materialeegenskapene til denne plasten hentet fra datablad [1].

Tabell 2: Materialelegenskaper PLA.

Egenskap	Verdi
Flytegrense	49,5 MPa
Elastisitetsmodul	2 346,5 MPa
Poissons tall	0,35
Massetetthet	1 240 kg/m ³

Det er viktig å merke seg at alle delene beregningene omfatter, med et unntak, er printet med delvis innfyll. Innfyllsgraden på disse delene er 20%. Dette vil si at disse delene ikke er massiv plast, men for det meste er hulrom med struktur. For å kompensere for dette i beregningene antas flytegrense for delene dette omfatter å være 20% av verdi for massivt materiale. Dette er en grov, men konservativ, forenkling ettersom strukturen i 3D-printen sikrer høyere styrke enn dette for de fleste belastningstyper. Antatt flytegrense blir da 9,9 MPa.

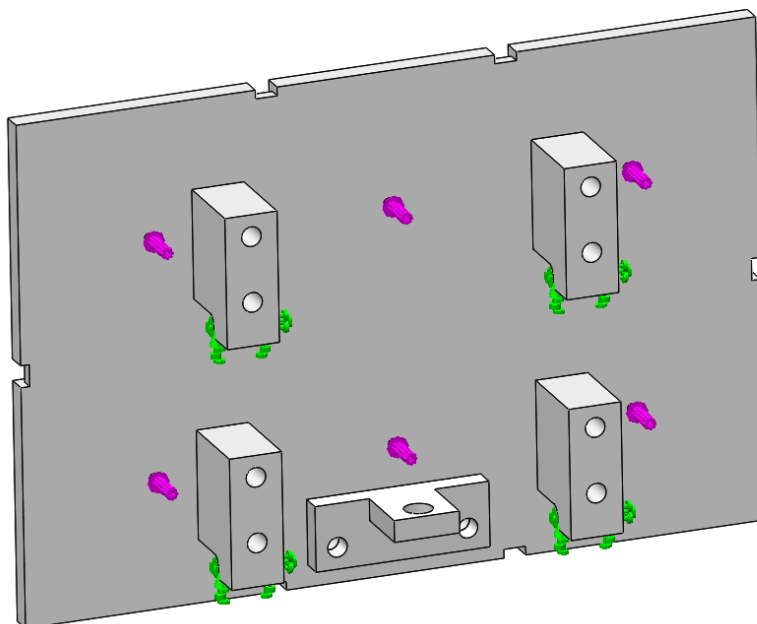
3.3.2 Festemidler

Festemidlene brukt er vanlige maskinskruer og muttere i fasthetsklasse 8.8. Dette gir disse en fasthetsgrense på 800 MPa og en flytegrense på 640 MPa.

4. Beregninger og resultater

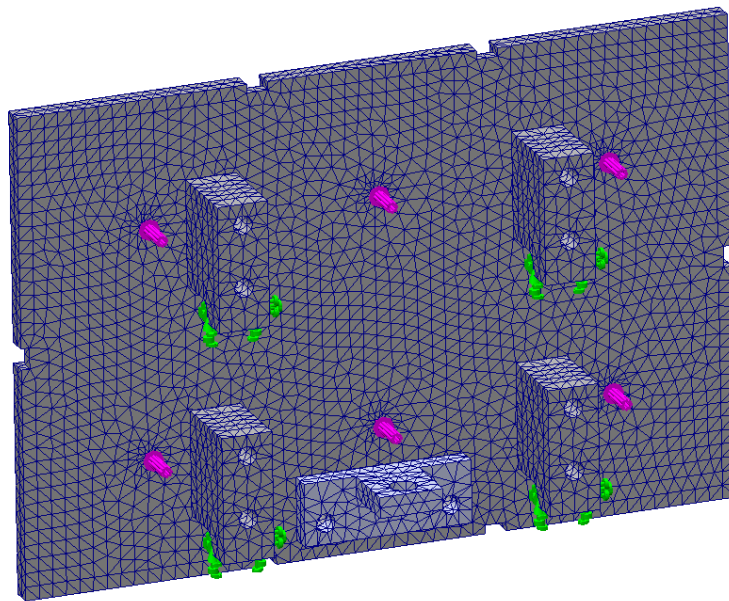
4.1 Analyse av sikkerhetslokk

Styrkeberegning av sikkerhetslokk er gjort ved Finite Element Analysis med SolidWorks Simulation. Analysen er gjennomført på sikkerhetslokket med festekroker som helhet. Skruer og muttere er fjernet i denne analysen, beregninger på skrueforbindelsene er utført separat, og kan finnes nedenfor. Kontaktform mellom komponenter er satt til *bonded*. Det vil si at analysen gjennomføres som om komponentene er limt sammen. Dette er ikke helt presist, men vil i denne sammenhengen virke på omtrent samme måte som om komponentene klemmes sammen av skruer.



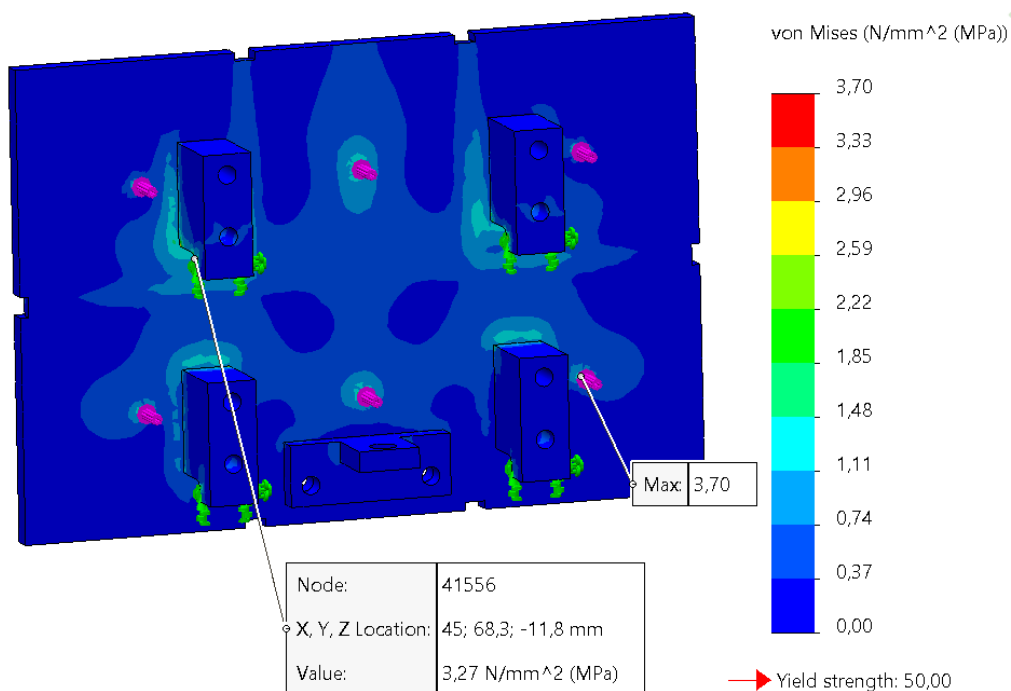
Figur 4: Laster og låsingene av sikkerhetslokk

For å påføre kreftene fra prosjektilene på de riktige stedene på sikkerhetslokket ble *Split Line* funksjonen i SolidWorks brukt for å lage 6 små sirkulære flater der prosjektilene er i kontakt med platen. Hver av disse flatene er påført 17,0 N, vist på figur 4 med lilla piler. Låsingene er der krokene henger i de fire skruene, vist med grønne piler.



Figur 5: Mesh av sikkerhetslokk

Figur 5 viser mesh av sikkerhetslokk. Dette er et automatisk generert standard-mesh med middels elementstørrelse. Disse innstillingene ga to elementer i tykkelsen av platen.



Figur 5: Spenningsplot for sikkerhetslokk

Resultatene fra analysen viser at spenningene stort sett er lave i forhold til flytegrense for materialene. Høyeste spenning var 3,70 MPa, der prosjektilet er i kontakt med sikkerhetslokket. Dette gir en sikkerhetsfaktor på 2,68. Figur 6 viser også spenningen innerst

i hjørne av en av festekrokene. Der var høyeste spenning 3,27 MPa, som gir en sikkerhetsfaktor på 3,03. Disse spenningene er helt akseptable.

Dersom vi antar at belastningen fra prosjektilene på lokket fordeles jevnt som strekkbelastning på alle de 8 skruene som fester krokene til lokket blir kraften hver skrue må overføre:

$$F_{skrue} = \frac{6 \cdot 17 \text{ N}}{8} = 12,8 \text{ N}$$

Dette gir en strekkspenning i hver skrue på:

$$\sigma = \frac{F_{skrue}}{A_{skrue}} = \frac{4 \cdot F_{skrue}}{\pi \cdot d_{skrue,kjerne}^2} = \frac{4 \cdot 12,8 \text{ N}}{\pi \cdot (3,14 \text{ mm})^2} = 1,65 \text{ MPa}$$

Dette er langt under flytegrense på 640 MPa.

Kontaktspenning mellom skrue- og mutterhoder og 3D-print er:

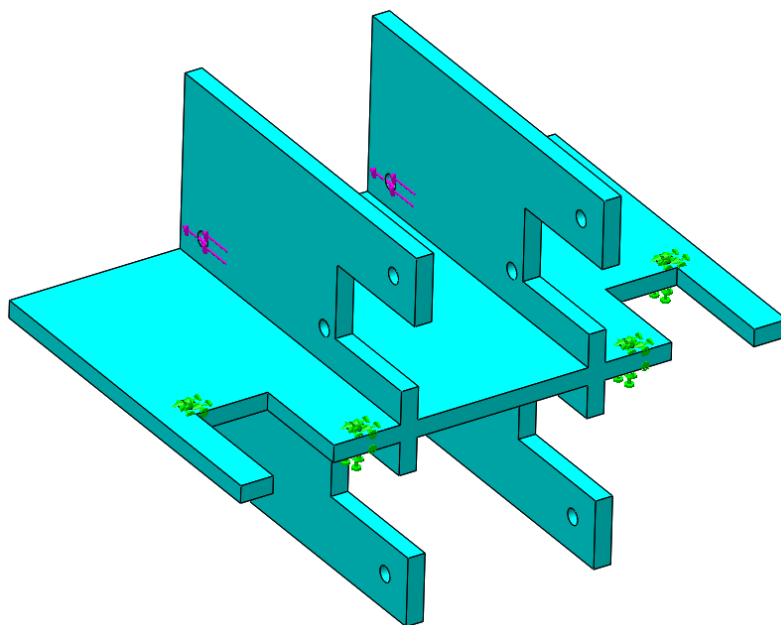
$$\sigma = \frac{F_{skrue}}{A_{anleggsflate}} = \frac{4 \cdot F_{skrue}}{\pi \cdot (D^2 - d^2)} = \frac{4 \cdot 12,8 \text{ N}}{\pi \cdot ((7 \text{ mm})^2 - (4 \text{ mm})^2)} = 0,49 \text{ MPa}$$

Dette er godt under flytegrense til 3D-print på 9,9 MPa.

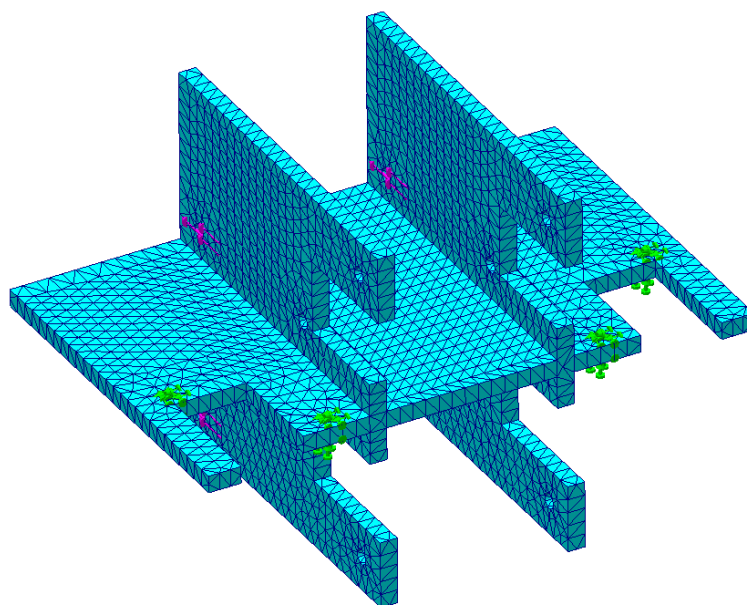
Merk at beregningene på skrueforbindelsene ikke tar hensyn til forspenning i skruene eller bøyemomentet som skapes av at kontaktflaten i krokene er noe nedenfor skruene. Dette kan likevel forsvares ettersom spenningsnivåene er langt under det som er farlig for materialene. Dersom spenningene hadde vært på et potensielt farlig nivå ville mer nøyaktige beregninger blitt gjennomført.

4.2 Beregninger av videre kraftoverføring gjennom skillevegger

Kreftene fra sikkerhetslokket går så igjennom skilleveggene mellom kamrene til bærebjelkene for toppstrukturen. Krokene på sikkerhetslokket henger i fire skruer i forenden av skilleveggene. I analysen er dette kreftene påført her. Det er antatt jevn fordeling av totalkraften på 102 N fra sikkerhetslokket mellom de fire skruene. Låsingene er skruehullene der skilleveggene festes til de to vinklene for montering til resten av toppstrukturen. Figur 7 viser skilleveggene med laster og låsinger.

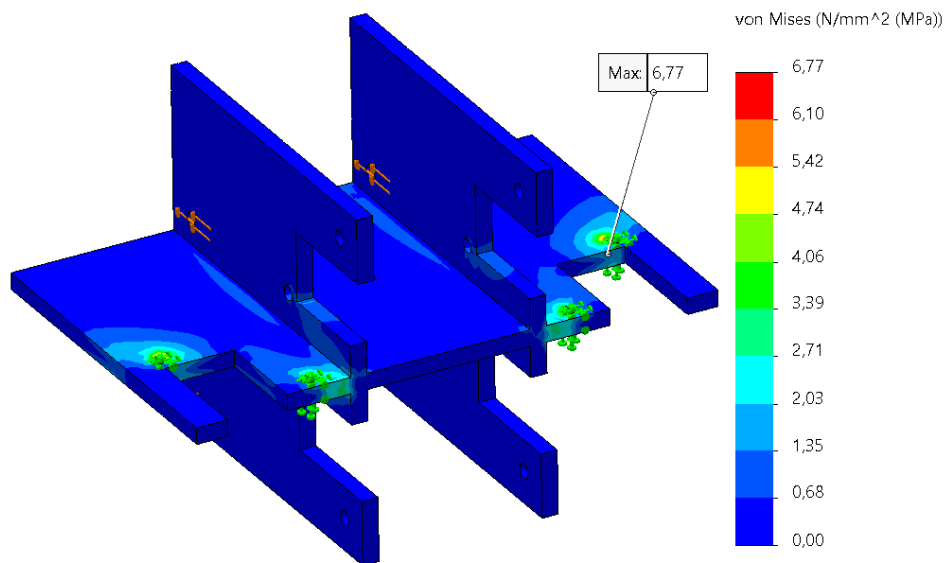


Figur 6: Laster og låsinger på skillevegger



Figur 7: Mesh av skillevegger

Figur 8 viser mesh av skillevegger. Dette er et automatisk generert standard-mesh med middels elementstørrelse.

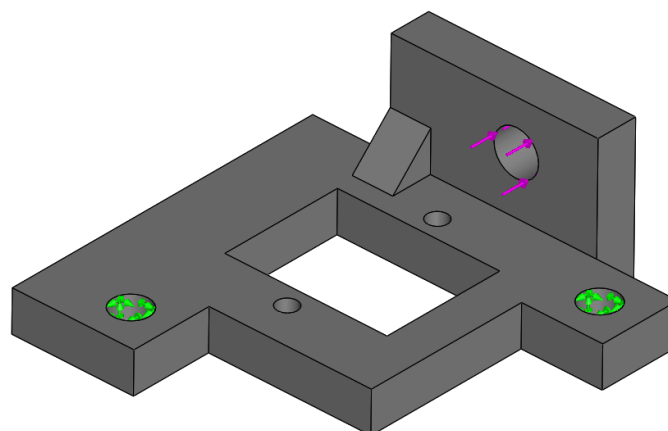


Figur 8: Spenningsplot av skillevegger.

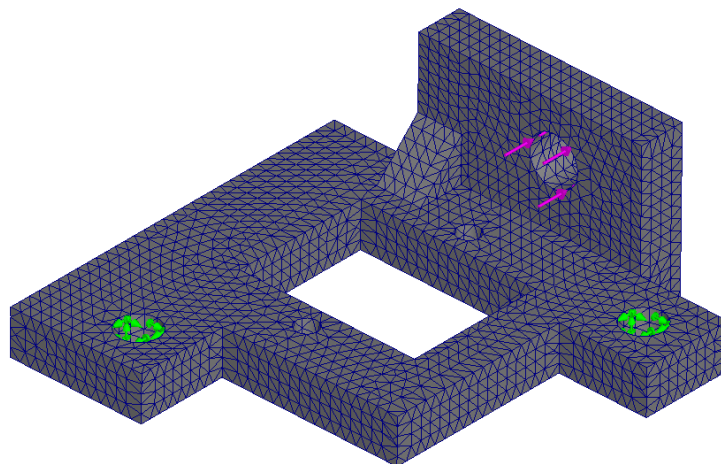
Figur 9 viser resultatene av analysen. Vi ser her at spenningene er høyest rundt skru hullene der delen er låst. Høyeste spenning er på 6,77 MPa. Dette gir en sikkerhetsfaktor på 1,46. Dette er litt lavt, men ettersom det bare er lokalt i kanten av skru hullene er ikke dette problematisk. I virkeligheten vil overføringen av krefter være spredt bedre utover kontaktflaten mellom vinklene og skillevegg-delen, ettersom skruforbindelsene klemmer disse sammen og utnytter friksjonen mellom delene til kraftoverføring.

Skilleveggene er festet til resten av toppstrukturen med to vinkler. Disse er også festene for to av prosjektildeteksjonskretsene. På grunn av dette er deres form derfor ikke helt optimal med tanke på belastningen de påføres.

Figur 10 viser last og låsinger på komponenten. Vinkelen er låst i de to skru hullene som fester vinkelen til skilleveggene. Lasten er halvparten av totalkraften fra prosjektilene, altså 52 N.

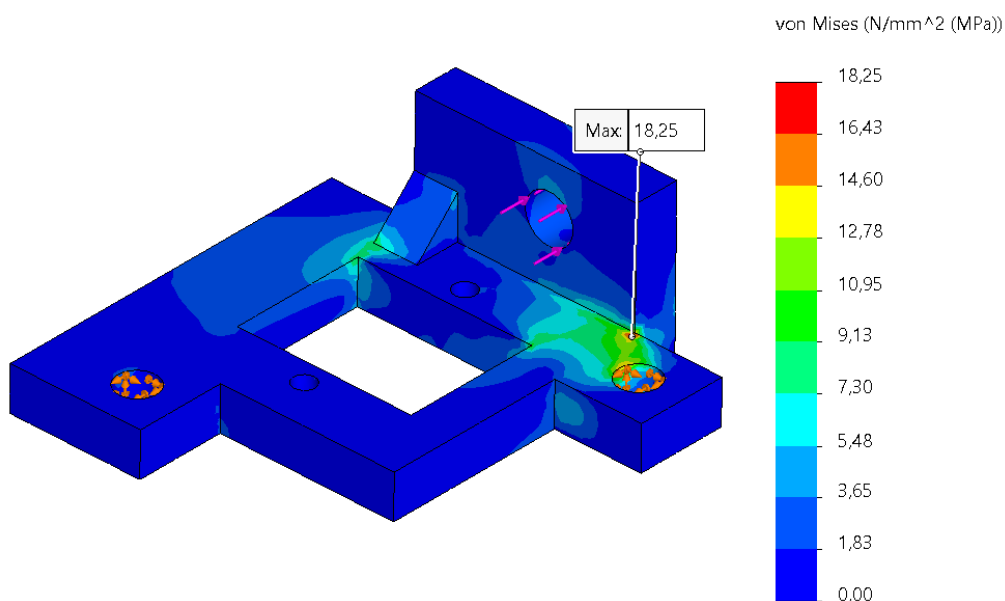


Figur 9: Laster og låsinger på vinkel.



Figur 10: Mesh av vinkel.

Figur 11 viser mesh av komponenten. Det er et automatisk generert standard-mesh og middels elementstørrelse.



Figur 11: Spenningsplot av vinkel.

Resultatene av analysen er vist i spenningsplotet. Vi ser at høyeste spenning i denne komponenten er 18,25 MPa. Ettersom denne komponenten er 3D-printet massiv regner vi 49,5 MPa som flytegrense. Sikkerhetsfaktor blir da 2,71, som er akseptabelt.

5. Konklusjon

Beregningene viser at sikkerhetslokket og tilhørende komponenter tåler de påkjenningene de blir utsatt for ved en uønsket avfiring av alle prosjektilene på likt med fullt trykk (6 bar).

6. Referanseliste

- [1] Ultimaker (2022) *Ultimaker PLA TDS*, <https://support.ultimaker.com/hc/en-us/articles/360011962720-Ultimaker-PLA-TDS>

RM006 – Analyserapport, bein til bunnstruktur

Dokumentbeskrivelse

Dette dokumentet beskriver beregninger gjort for å bekrefte at beina i bunnstrukturen tåler belastningene og vekten av Mini Launcheren.

Revisjon	Skrevet av	Dato	Godkjent av
A	Martin Slettedal	16.05.2022	Simen Tråstadkjølen

Innhold

1. Introduksjon	3
2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter	3
2.1 Dokumenthistorie	3
2.2 Refererte dokumenter	3
3. Bakgrunn	3
3.1 Utforming av beinsammenstilling	3
3.2 Belastningssituasjon	5
3.3 Materialeegenskaper	6
3.3.1 3D-print	6
3.3.2 Festemidler	6
4. Beregninger og resultater	6
4.1 Analyse av bein	6
4.1.1 Laster og låsinger	6
4.1.2 Mesh	7
4.1.3 Spenningsplott	8
4.1.4 Deformasjonsplott	9
5. Konklusjon	10

Figurliste

Figur 1: Bunnstruktur.	4
Figur 2: Beinsammenstilling.	5
Figur 3: Montering av beinsammenstilling	5
Figur 4: Laster og låsinger av bein.	7
Figur 5: Mesh av bein.	7
Figur 6: Spenningsplott for bein.	8
Figur 7: Maksverdi på spenning i bein.	8
Figur 8: Deformasjonsplott av bein.	9

Tabelliste

Tabell 1: Modell/tegningsnummer for komponenter i beregningene.	3
Tabell 2: Materialeegenskaper for Ultimaker PLA.	6

1. Introduksjon

Dette er en analyse av beinsammenstillingen. Beina er printet i materialet Ultimaker PLA.

I kravspesifikasjonen er robusthet og stabilitet vektlagt. Kravene rundt robusthet er løst ved og blant annet ha justerbare bein. Beina består av en sammenstilling med noen enkle deler. Nærmere detaljer finnes i utviklingslogg for rotasjon.

For å sikre at beinsammenstillingen tåler de mekaniske påkjenningene av vekten til launcheren, er det foretatt styrkeberegninger av de ulike delene disse påkjenningene vil påvirke.

2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter

2.1 Dokumenthistorie

Revisjon	Beskrivelse	Dato
A	Nyopprettet	

2.2 Refererte dokumenter

Tittel	Revisjon	Utgiver
ML005 – Utviklingsrapport, rotasjon og bunnstruktur	A	Project Mini Launcher
KS001 - Kravspesifikasjon	B	Project Mini Launcher

3. Bakgrunn

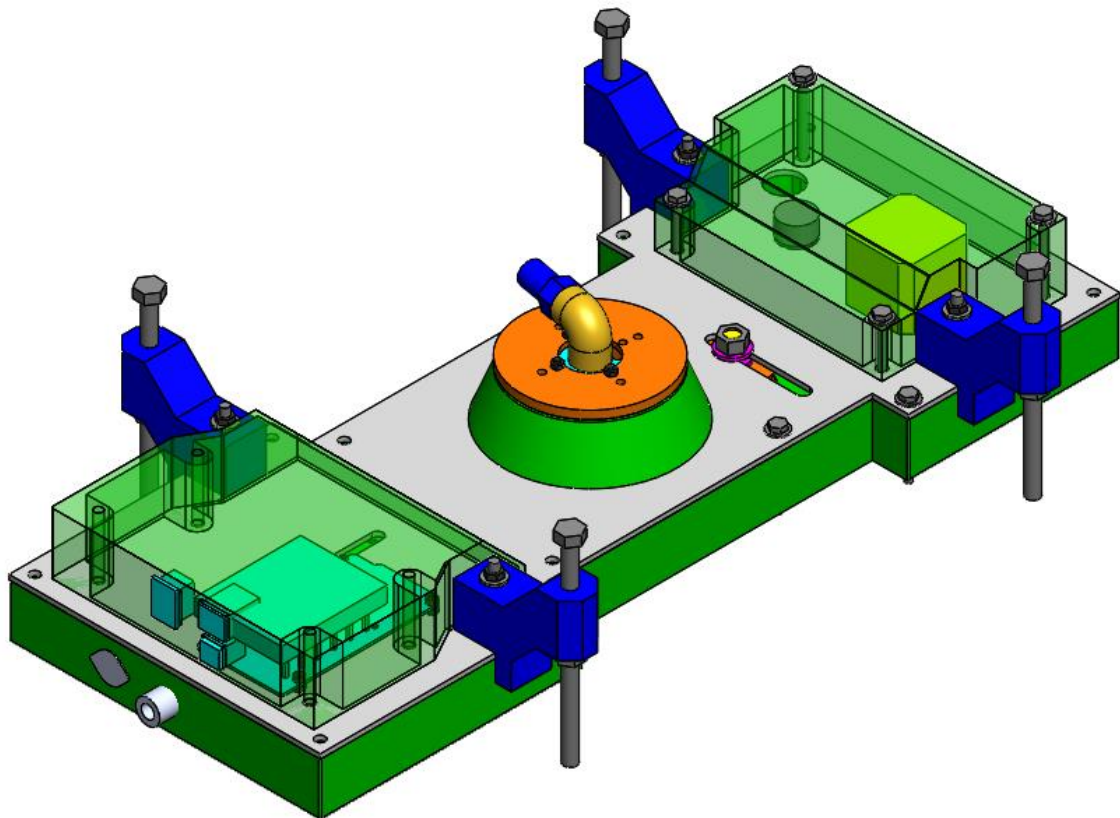
3.1 Utforming av beinsammenstilling

Tabell 3 inneholder tegningsnummer for komponenter referert til i denne rapporten.

Tabell 1: Modell/tegningsnummer for komponenter i beregningene.

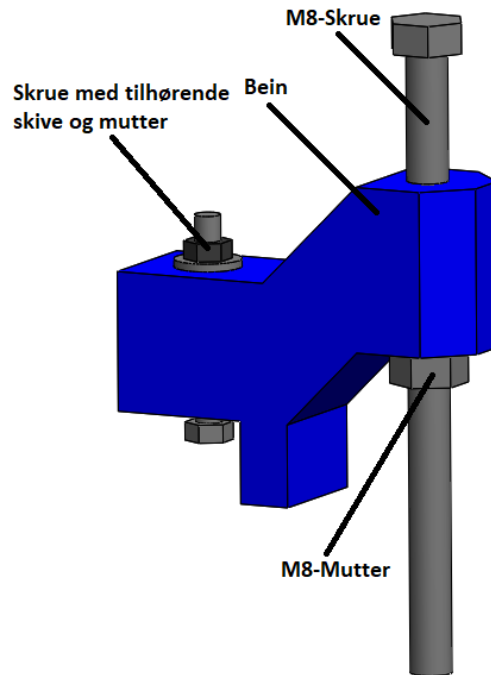
Tegningsnummer	Beskrivelse	Type
0132	Assy bunnstruktur	Sammenstilling
0177	Assy bein	Sammenstilling
0118	Bein	Komponent
0102	Bunnplate	Komponent
0179	Assy beinsammenstilling	Sammenstilling

Beina er plassert på utsiden av dekslene på oversiden av bunnplaten. Figur 1 viser hele bunnstrukturen. Vi ser de fire blå beina i figuren.



Figur 1: Bunnstruktur.

Figur 2 viser beinsammenstillingen i isolasjon. Beinsammenstillingen består av flere deler. En M8-skrue er gjenget gjennom beinet og hviler på en M8-mutter. Det er også en skrue for å feste beinsammenstillingen til bunnplaten. Man plasserer beinet over hullet i bunnplaten, putter skruen gjennom hullet og monterer skive og mutter. Se figur 2 og 3.



Figur 2: Beinsammenstilling.



Figur 3: Montering av beinsammenstilling

3.2 Belastningssituasjon

Beregningene tar utgangspunkt i belastningssituasjonen hvor maksimal vekt av launcheren er brukt. Et av kravene vi har fått er at «Systemets totalvekt skal ikke overstige '2-man lift' i MIL-STD-1472G.» Vi har sjekket opp i den militære standarden og har kommet frem til at maksimal tillatt vekt er 28 kg.

Belastningen beinsammenstillingen må tåle er da 28kg. Det er 4 bein i bunnstrukturen. Belastningen hvert bein må tåle blir da:

$$F = \frac{mg}{4} = \frac{28kg \cdot 9,81N}{4} = 68,67 \approx 68,7N$$

Disse kreftene virker på de 4 punktene der det er kontakt mellom bunnplaten og beina. Kraften overføres så til M8-skruen i de fire beina, fra skruen videre til M8-mutteren som beina hviler mot.

3.3 Materialeegenskaper

Det er utført beregninger på deler av to ulike materialer, 3D-printet PLA og festemidler i stål.

3.3.1 3D-print

Beina er 3D-printet i Ultimaker PLA. Tabell 1 viser materialeegenskapene til denne platen hentet fra datablad.

Tabell 2: Materialeegenskaper for Ultimaker PLA.

Egenskap	Verdi
Flytegrense	49,5 MPa
E-modul	2346,5 MPa
Massetetthet	1240 kg/m ³
Poissons tall	0,35

En viktig bemerkelse er at beina er printet med delvis innfyll. Innfyllsgraden på beina er på 30%. Dette vil si at beina ikke er massiv plast, men er hul innvendig med gitterstruktur. For å kompensere for dette i beregningene antas flytegrensen for beina å være 30% av original verdi for Ultimaker PLA. Dette er en grov, men konservativ forenkling ettersom strukturen i 3D-printen sikrer høyere styrke enn dette for de fleste belastningstyper. Antatt flytegrense blir da 14,9 MPa.

3.3.2 Festemidler

Festemidlene brukt er vanlige maskinskruer, skiver og muttere i fasthetsklasse 8.8. Dette gir de en fasthetsgrense på 800 MPa og en flytegrense på 640 MPa.

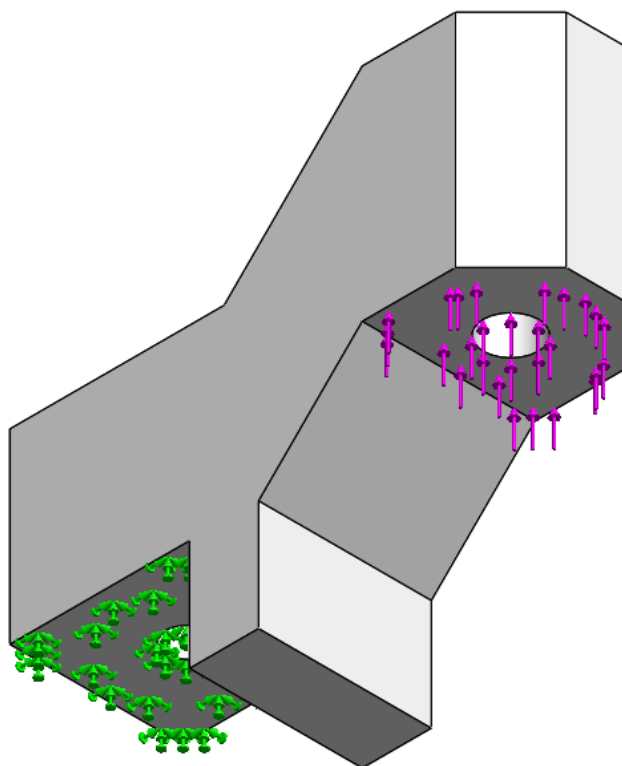
4. Beregninger og resultater

4.1 Analyse av bein

Styrkeberegningen av beina er gjort med FEA i SolidWorks Simulation. Analysen er gjennomført på delen bein.

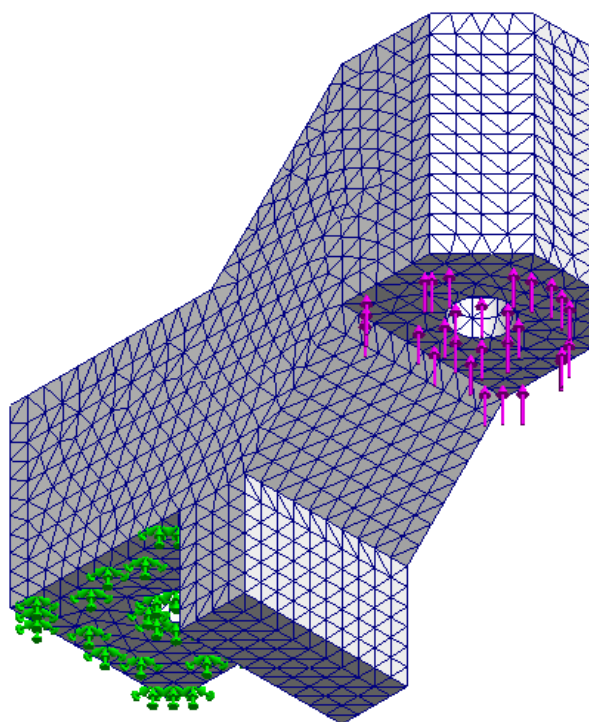
4.1.1 Laster og låsinger

Låsingene kan sees i figur 4 med grønne piler. Beinets låst mot bunnplaten ved hjelp av en skrue. Dette kan tilsvare en låsing som *fixed* i SW Simulation. Lasten som er påsatt beinet er på 68,7N som er ¼ av totalvekten. Lasten peker oppover mot beinet på grunn av at i beinsammenstillingen så er det en mutter som hviler mot beinet. Vekten av launcheren vil da presse ned mot mutteren og en motkraft vil press opp mot beinet.



Figur 4: Laster og låsinger av bein.

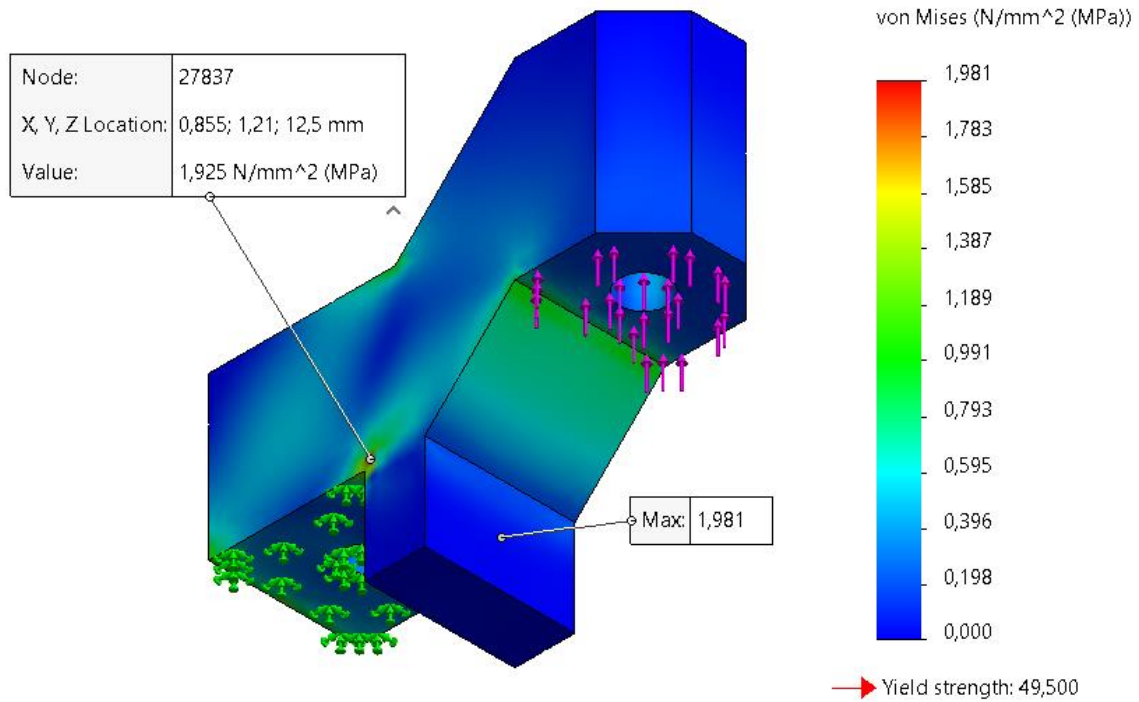
4.1.2 Mesh



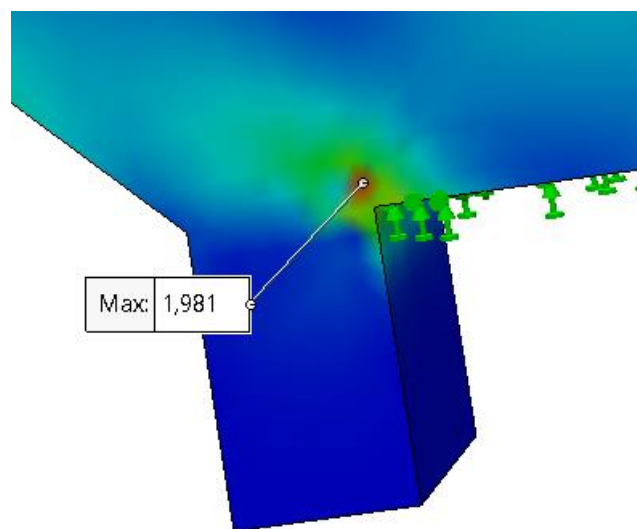
Figur 5: Mesh av bein.

Figur 5 viser *mesh* av beinet. Dette er *standard-mesh*, med en liten justering på finere elementstørrelse for å få en mer nøyaktig belastningssituasjon. Siden elementstørrelsen var nokså fin med *standard-mesh* er valget om å bruke *mesh control* utelukket.

4.1.3 Spenningsplott



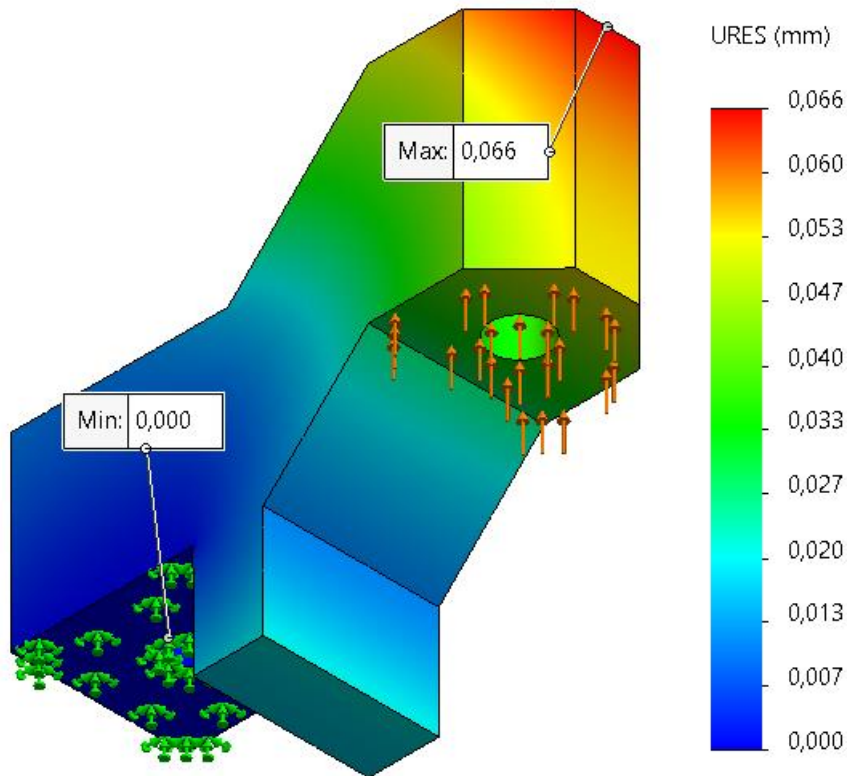
Figur 6: Spenningsplott for bein.



Figur 7: Maksverdi på spenning i bein.

Resultatene viser at spenningene stort sett er lave i forhold til flytegrense for materialet. Høyeste spenning er på 1,981 MPa, og skjer i hjørnet hvor beinet er festet til bunnplaten. Dette gir en sikkerhetsfaktor på 7,52 MPa. Figur 6 viser også spenningen på andre siden av beinet. Der var høyeste spenning 1,925 MPa, som gir en sikkerhetsfaktor på 7,74. Disse spenningene er langt under flytegrensen og er helt akseptable.

4.1.4 Deformasjonsplott



Figur 8: Deformasjonsplott av bein.

Deformasjonsplottet er i *true scale*. Maksimal deformasjon skjer i toppen av beinet og er på 0,066 mm, noe som er veldig lite. Minimum deformasjon er der hvor bunnplaten låser beinet, her er deformasjon 0,000 mm.

Dersom vi antar at belastningen fra vekten av launcheren fordeles jevnt som strekkbelastning på alle de 4 skruene som holder launcheren oppe blir kraften på hver skrue:

$$F_{skrue} = \frac{274,7N}{4} = 68,7N$$

Dette gir en strekkspenning i hver skrue på:

$$\sigma = \frac{F_{skrue}}{A_{skrue}} = \frac{4 \cdot F_{skrue}}{\pi \cdot (d_{skrue})^2} = \frac{4 \cdot 68,7N}{\pi \cdot (5mm)^2} = 3,49 MPa.$$

Dette er langt under flytegrensen til stål på 640 MPa.

Kontaktspenning mellom skrue- og mutterhode og 3D-print er:

$$\sigma = \frac{F_{skrue}}{A_{anleggsflate}} = \frac{4 \cdot F_{skrue}}{\pi \cdot (D^2 - d^2)} = \frac{4 \cdot 68,7N}{\pi \cdot ((8mm)^2 - (5mm)^2)} = 2,24 MPa.$$

Dette er også godt under flytegrensen på 3D-print på 14,9MPa.

5. Konklusjon

Resultatene fra spenningsplottet viser at beina kommer til å tåle belastningen den blir påført som følge av vekten av launcheren på 28 kg. Den viser også at skruene brukt i sammenstillingen tåler belastningen den blir påført.

RM008 – Analyserapport, bukk

Dokumentbeskrivelse

Dette dokumentet beskriver beregninger gjort for å bekrefte og dokumentere at bukk for elevasjon tåler påkjenningene den vil bli utsatt for i belastningssituasjonen.

Revisjon	Skrevet av	Dato	Godkjent av
A	Tobias Nilsen	18.05.2022	Simen Tråstadkjølen

Innhold

Figurliste	2
Tabelliste	2
1. Introduksjon	2
2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter	3
2.1 Dokumenthistorie	3
2.2 Refererte dokumenter	3
3. Utforming av modell	3
3.1 Materialelegenskaper	4
3.3 Valg av analyse	4
3.4 Belastningssituasjon	4
4. Konklusjon	11

Figurliste

Figur 1: Sammenstilling av elevasjonsmekanisme	3
Figur 2: Mikrobryterholder i midten av brakett	4
Figur 3: Maks belastningssituasjon for steppermotor	5
Figur 4: Illustrert trykkvinkel	5
Figur 5: Dekomponert krefter i snekkedriften	6
Figur 6: Fritt legemediagram av aksel	7
Figur 7: Bbelastning for bukk i aksiell og radiell retning	8
Figur 8: Mesh control av bukk	8
Figur 9: Simulert resultat	9
Figur 10: F.S plot for minimum F.S.	10
Figur 11: Areas below factor of safety av en verdi på 5	10
Figur 12: Aspect ratio på komponenten	11

Tabelliste

Tabell 1: Materialelegenskaper for PLA hentet fra datablad. [1]	4
---	---

1. Introduksjon

Denne komponenten er designet for å opplagre momentet generert av snekkeskruens aksielle og radielle last. Det vil bli beregnet belastningssituasjon for komponenten som blir brukt videre i analyserapporten for å konkludere om komponenten er tilstrekkelig designet.

2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter

2.1 Dokumenthistorie

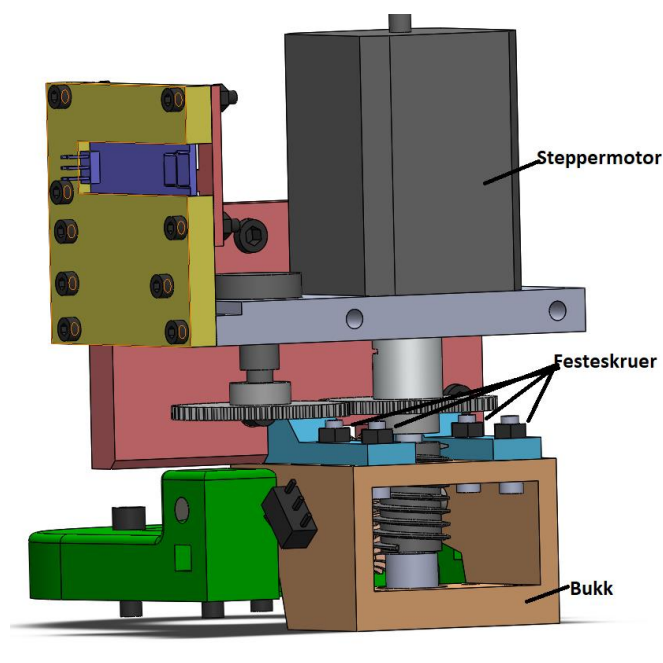
Revisjon	Beskrivelse	Dato
A	Nyopprettet	18.05.2022

2.2 Refererte dokumenter

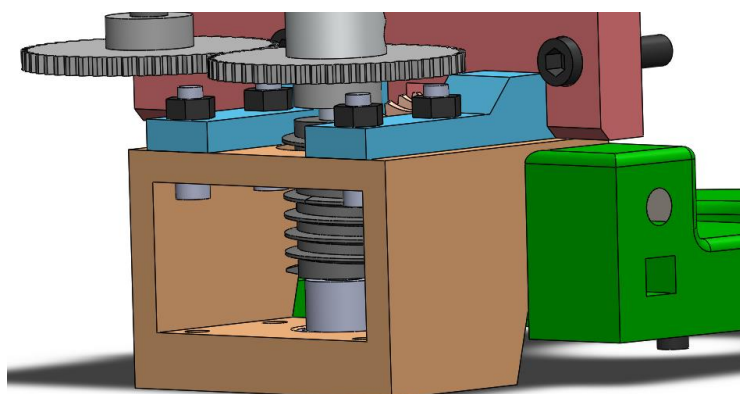
Tittel	Revisjon	Utgiver
RM002 – 3D-print research.	B	Project Mini Launcher

3. Utforming av modell

Tegningsnummer 0099 med navn *Bukk topp* er modellen for analyserapporten. Bukken er lokalisert i kjernen av elevasjonsmekanismen, og er festepunktet for både fremre komponenter og toppkomponentene. Den er farget oransje i modellen som man kan se i figur 1. Figur 2 viser nærbilde av hvor bukken er plassert, og festepunktene til bukken.



Figur 1: Sammenstilling av elevasjonsmekanisme.



Figur 2: Mikrobryterholder i midten av brakett

3.1 Materialeegenskaper

Materialet brukt her er Ultimaker PLA. Dette er en termoplast med en smeltetemperatur på 130°. Kjentegnet er høy stivhet og er generelt billig i forhold til dens konkurrenter. I tabell 3 kan du se de mekaniske egenskapene til termoplasten.

Tabell 1: Materialeegenskaper for PLA hentet fra datablad. [1]

Egenskap	Verdi
Flytegrense	49,5 MPa
Elastisitetsmodul	2 346,5 MPa
Poissons tall	0,35
Massetetthet	1 240 kg/m ³

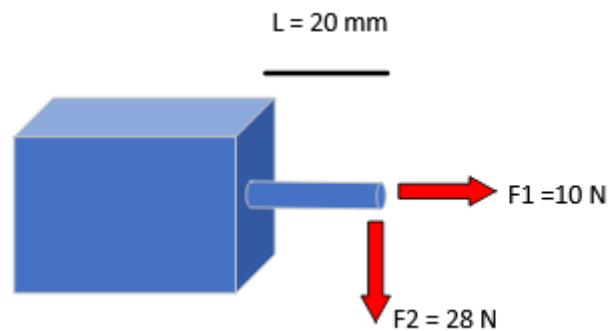
Her er 100% innfyllingsmateriale brukt. Vi kan anta at dette tilsvarer flytegrense fra tabell 1, som vi fant ut i *RM002 – 3D-print research*.

3.3 Valg av analyse

Vi valgte en statisk analyse på dette scenarioet. Her skal vi simulere en belastningssituasjon som tilsvarer en omtrentlig hva komponenten vil bli belastet med når systemet er operativt. Vi regner med komponenten vil bli utsatt for denne belastningen når snekkedriften er i bevegelse og ikke i stille posisjon. Dette er fordi snekkedriften er selvlåsende.

3.4 Belastningssituasjon

I databladet til steppermotoren står det at 20 mm fra akselens startpunkt kan en belastning på 10 N i aksiell retning og 28 N i radiell retning påkjennes.[3] Dette illustreres i figur 3.



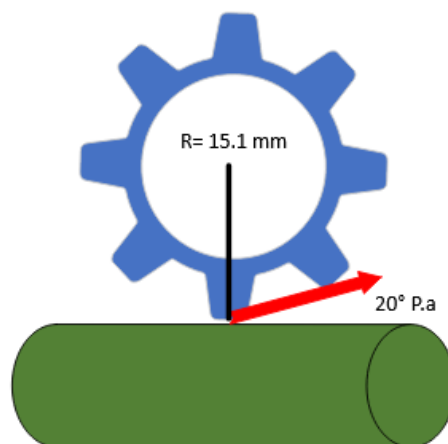
Figur 3: Maks belastningssituasjon for steppermotor.

Herfra må man måle hvor langt det er fra akselens startpunkt til snekkeskruen er i inngrep til snekkehjulet. Dette kan man finne i 3D-modellen og er rundt 40 mm. Man kan altså skrive den nye kraften F som akselen blir påført som

$$F = \frac{F}{2} = \frac{28 \text{ N}}{2} = 14 \text{ N} \quad 1$$

og dette er hva akslingen til steppermotoren kan belastes med i radiell retning om man tar i betraktning den nye utvidet lengden av akselen frem til angrepspunktet. Den aksielle lasten har ingen bøyemoment og blir den samme som i databladet.

I figur 4 ser du hvordan databladet illustrerer *pressure angle*. Dette er vinkelen som belastningen fra tannen på snekkeskruen føres til tannen på snekkehjulet. Denne er gitt som 20° i det tekniske databladet. [2]

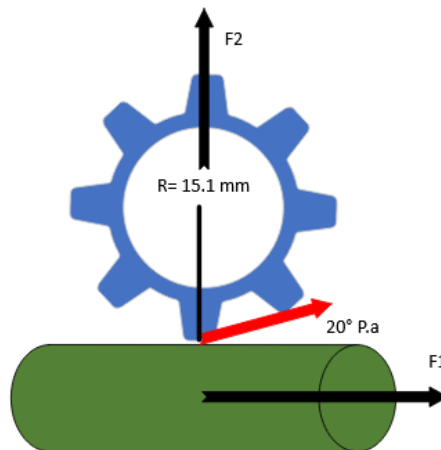


Figur 4: Illustrert trykkvinkel

Rotasjonsmomentet T om toppstrukturen kan beregnes som

$$T = 5.2 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 100 \text{ mm} = 5100 \text{ Nmm} \quad 2$$

Og dette tallet tar man med videre inn i en likning for å finne ut hvor mye av lasten går i aksiell retning og den radielle av snekkeskruen. I figur 5 ser man hvordan den dekomponerte lasten virker på snekkeskruen.



Figur 5: Dekomponert krefter i snekkedriften

For å finne hvilke krefter som er i F_1 må man ta rotasjonsmomentet T delt på *pitch*-radiusen til det oppgitte snekkehjulet. Dette blir

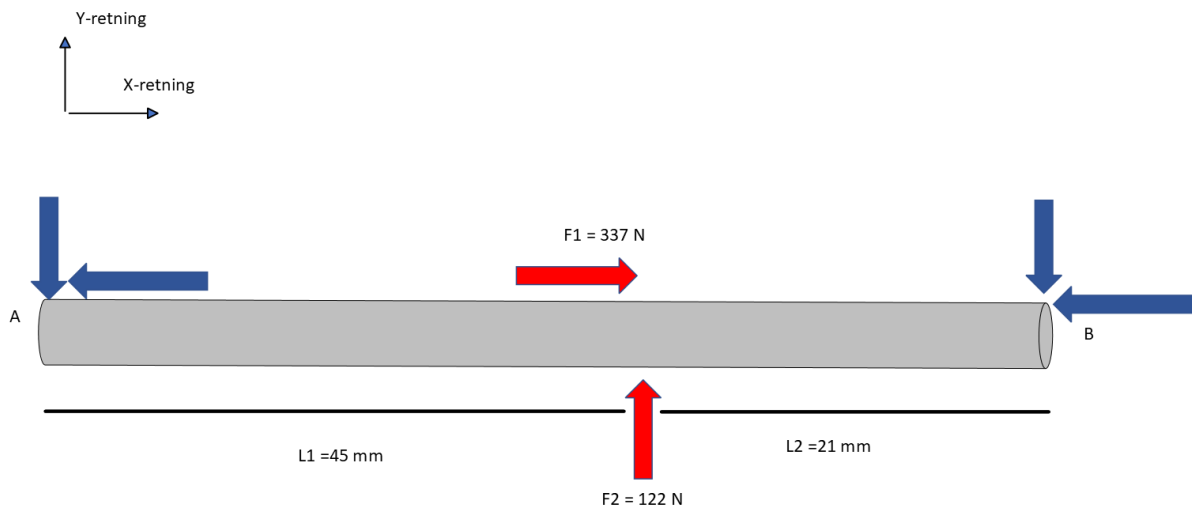
$$F_1 = \frac{T}{r} = \frac{5100 \text{ Nmm}}{15,1 \text{ mm}} = 337 \text{ N} \quad 3$$

der 337 N er den aksielle lasten i snekkeskruens aksel. Videre må vi finne den radielle lasten, som er oppgitt som

$$F_2 = F_1 \cdot \tan 20^\circ = 337 \text{ N} \cdot \tan 20^\circ = 122 \text{ N}$$

og disse to kreftene er de som påvirker festepunktet for akslingen til steppermotoren. Dette er 34 ganger mer enn motorens oppgitte aksiell maks belastning. Dette er for øvrig også fire ganger mer enn den tillatte radielle lasten til steppermotorens aksel.

For å finne ut hvor mye av disse kreftene blir opplagret i bukken må man gjøre en beregning på selve akselen. Figur 6 viser den gitte situasjonen.



Figur 6: Fritt legemediagram av aksel.

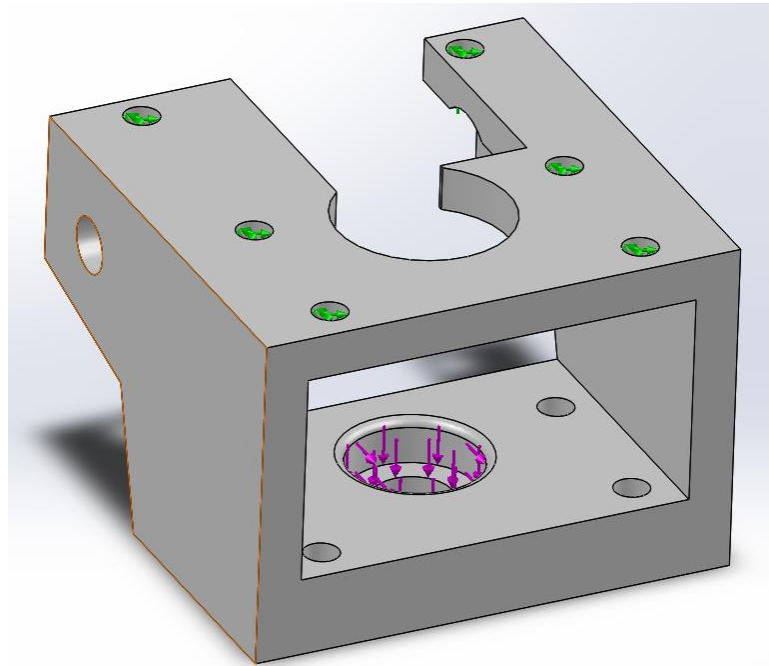
For å finne hva kreftene som braketten vil opplagre må vi finne kreftene i punktet B. disse kaller vi F_{bx} og F_{by} . Om vi tar moment om punktet A for hele akselen får vi

$$MA = F_2 \cdot L_1 + F_{By} \cdot (L_1 + L_2) \quad 4$$

Som kan skrives om til å finne F_{By} som

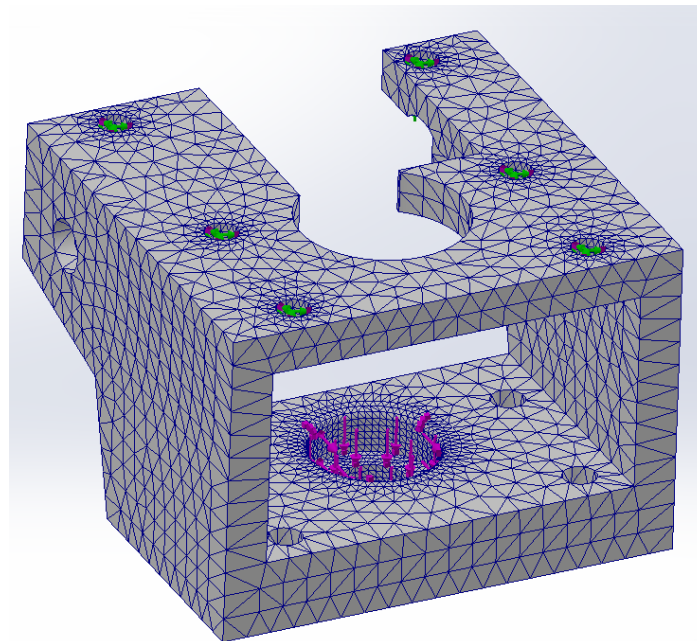
$$F_{By} = \frac{F_2 \cdot L_1}{(L_1 + L_2)} = \frac{122 \text{ N} \cdot 45 \text{ mm}}{66 \text{ mm}} = 83 \text{ N} \quad 5$$

Videre anslås det at ved hjelp av montering vil all last i aksiell retning opplagres i bukken sirkulære utsnitt. Dette forsikres så ingen last tas opp i motorens aksel, men heller i bukken. Dette blir da 337 N. Herfra kan vi påsette lasten som *External loads* som vist i figur 7.



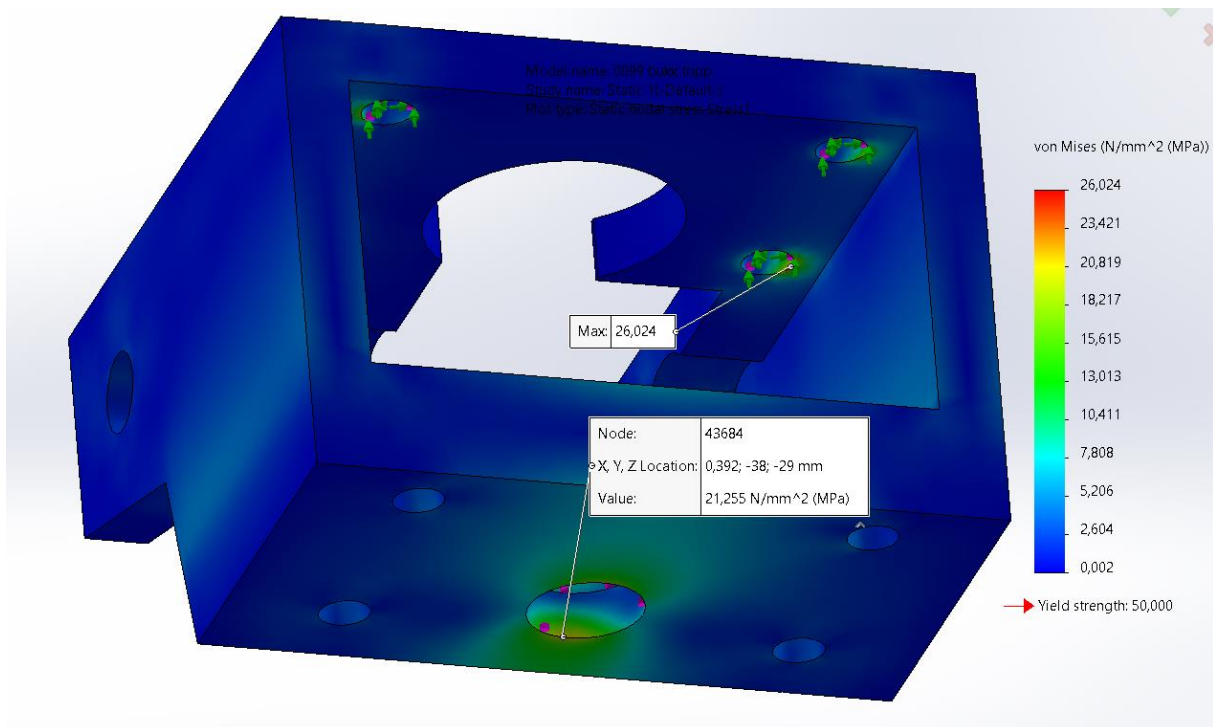
Figur 7: Bbelastning for bukk i aksjell og radiell retning.

Herfra valgte vi å låse komponenten fast med *Fixed geometry* i alle seks skruehullene. Vi *Mesh control* på komponentens utsatte områder uten at det skal gå for mye utover tiden det tar for analysen, dette ble valgt til elementstørrelse 0.6mm. Dette var i området der kraften ble påsatt, men også i festepunktene. Se figur 8.



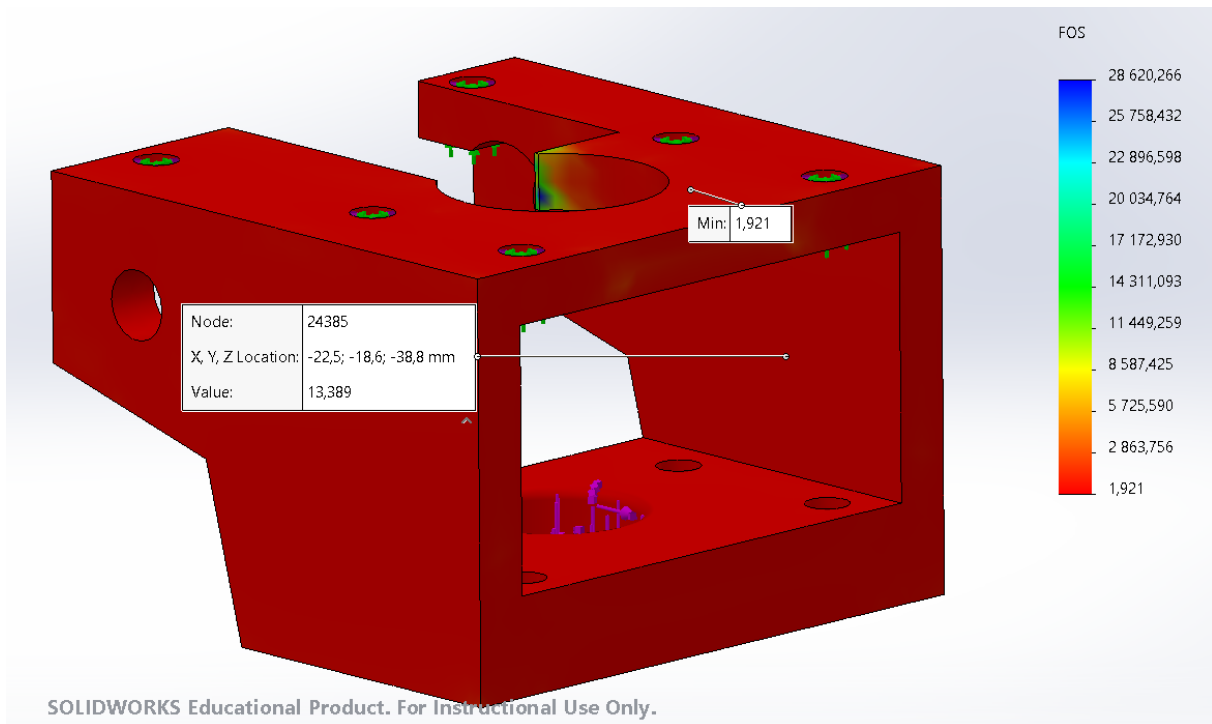
Figur 8: Mesh control av bukk.

Vi kan se på i figur 9 at maks stresskonsentrasjon var i midtre høyre festepunkt. Her ble konsentrasjonen 26 MPa, noe som er under flytegrense til Ultimaker PLA. Et annet område der vi antok stor belastning var der akselen blir opplagret. Her brukte vi *Probe* for å undersøke spenningene i området og de var på rundt 21 MPa. Det var i tillegg maks forlengelse på 0.28 mm, noe som er neglisjerbart.



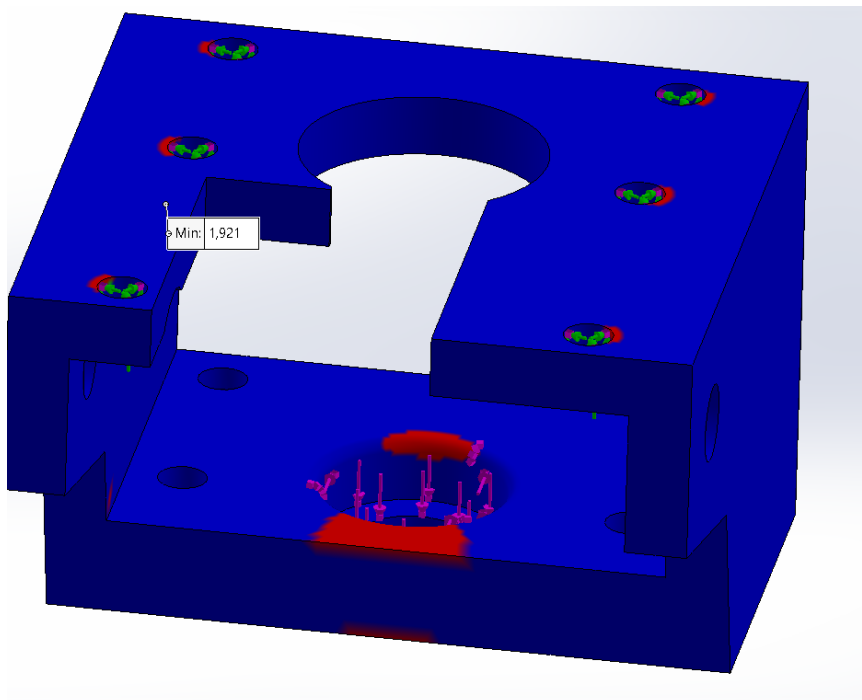
Figur 9: Simulert resultat

Hvis vi lager et *Factor of Safety plot* kan vi se at lavest sikkerhetsfaktor er på en verdi 1.9. Man kan også velge et tilfeldig valgt sted og vise til at denne verdien er 13 i sikkerhetsfaktor. Dette plottet kalles *Factor of Safety distribution* og forteller oss hvor størst sikkerhetsfaktor er og hvor laveste er. Dette i seg selv er ikke et nyttig plot, siden vi er mer interessert i hvor de laveste sikkerhetsfaktorene befinner seg.



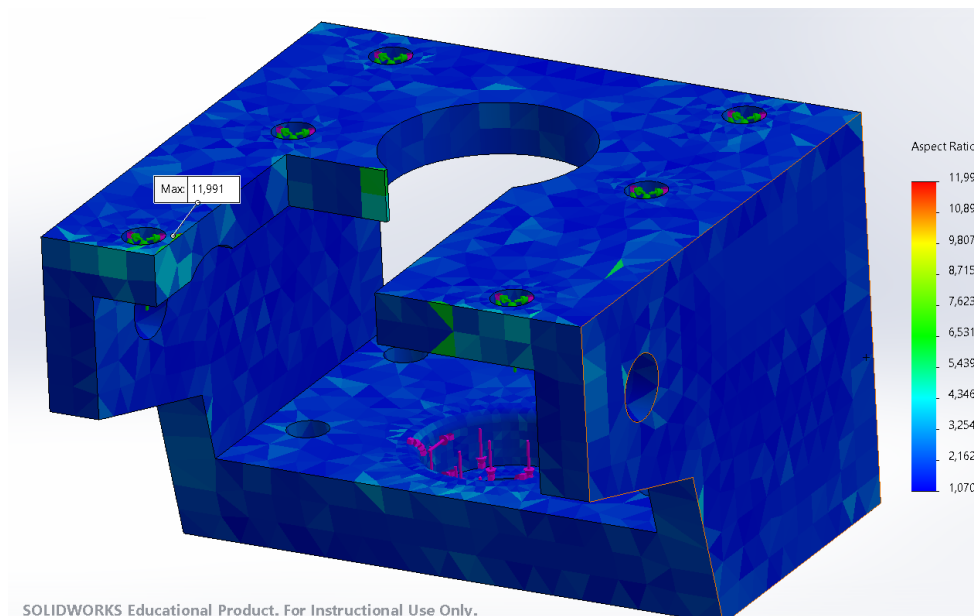
Figur 10: F.S plot for minimum F.S.

Hvis man ønsker å heller se på hvor på komponenten det er lavest sikkerhetsfaktor kan man velge *Areas below factor of safety* og velge for eksempel en sikkerhetsfaktor på 5. på figur 11 ser man klart hvor på komponenten det ikke er tilstrekkelig at en sikkerhetsfaktor på 5 ville ha vært.



Figur 11: Areas below factor of safety av en verdi på 5.

I figur 12 ser man *Aspect ratio* på komponenten har en maks verdi på 12, noe som ikke er helt ideelt. Per definisjon er sideforholdet til et perfekt tetraedrisk element tallet 1, men vi kan argumentere for at i tabellen *Mesh details* er 98,3 prosent av elementene er under tallet 3 noe som er helt tilstrekkelig.



Figur 12: Aspect ratio på komponenten

4. Konklusjon

Man så at braketten klarte seg bra under belastningen. Det er viktig under montering å faktisk få opplagret akselen i denne braketten slik at det ikke går utover motorens maks belastning. Det var få områder der sikkerhetsfaktoren var på under 5 noe som tilsier at komponenten som helhet er designet til å motstå belastningssituasjonen med god margin.

5. Referanser

[1] Ultimaker (2022, 20 april) Teknisk datablad. Hentet fra <https://support.ultimaker.com/hc/en-us/articles/360011962720-Ultimaker-PLA-TDS>

[2] RS Components (2022) Teknisk datablad for snekkedrift. Hentet fra <https://docs.rs-online.com/b0bc/0900766b81580d93.pdf>

[3] RS Components (2022) Teknisk datablad for steppermotor. Hentet fra <https://docs.rs-online.com/8c64/0900766b8157d548.pdf>

RM009 – Rapport, prosjektildesign

Dokumentbeskrivelse

Dette dokumentet beskriver valg av løsning og utviklingen av prosjektilene som brukes i Mini Launcher.

Revisjon	Skrevet av	Dato	Godkjent av
A	Simen Tråstadkjølen	19.05.2022	Martin Slettedal

Innhold

1. Introduksjon	3
2. Dokumenthistorie og referanser	3
2.1 Dokumenthistorie	3
2.2 Refererte dokumenter	3
3. Valg av løsning for prosjektiler	4
4. Design av prosjektiler	5
4.1 Geometriske begrensninger	5
4.2 Masse	6
4.3 Stabilitet	6
4.4 3D-printing	7
4.5 Materialvalg	8
5. Konklusjon	9
6. Referanseliste	9

Figurliste

Figur 1: Prosjektiler i toppstruktur sett fra siden	5
Figur 2: Prosjektil i toppstrukturen sett forfra	6
Figur 3: Prosjektil i OpenRocket	7
Figur 4: Til venstre: prosjektilet. Til høyre: Prosjektilet delvis ned på avfyringsrør i Launcher	9

Tabelliste

Tabell 1: Materialer	8
----------------------------	---

1. Introduksjon

Til avfyringsmekanismen i toppstrukturen av Mini Launcher er det nødvendig med prosjektiler. Disse prosjektilene må passe til toppstrukturen og valgt avfyringsmekanisme, samt gjøre det mulig for systemet oppnå kravene som stilles til avfyring.

2. Dokumenthistorie og referanser

2.1 Dokumenthistorie

Revisjon	Beskrivelse	Dato
A	Nyopprettet	19.05.2022

2.2 Refererte dokumenter

Tittel	Revisjon	Utgiver
KS001 – Kravspesifikasjon	B	Project Mini Launcher
ML003 – Utviklingsrapport, avfyring og toppstruktur	A	Project Mini Launcher
RM001 – Rapport, research avfyring	A	Project Mini Launcher
9003 Prosjektil 3	A	Project Mini Launcher

3. Valg av løsning for prosjektiler

Systemet skal kunne avfyre seks prosjektiler fra toppstruktur. Den valgte løsningen for avfyringsmekanisme og kravene fra kravspesifikasjonen gir begrensningene for valg av prosjektiler til systemet. Prosjektilene skal fyres av fra avfyringsrørene i henhold til konsept for avfyring, og de må kunne oppnå ønsket rekkevidde og treffsikkerhet.

Alternativene til prosjektiler kan deles inn i to hovedkategorier; kjøpe egnede prosjektiler som allerede eksisterer eller designe og produsere egne prosjektiler.

De innkjøpte prosjektiler vi vurderte var Nerf-prosjektiler. Disse har en rekke fordeler som gjorde at vi ønsket å benytte dem dersom mulig:

- Egnet for vår avfyringsmekanisme
- Lav masse
- God robusthet
- Trygge for personer og omgivelser

Til egendesignede prosjektiler vurderte vi å 3D-printe disse. Dette gir noen fordeler fremfor Nerf-prosjektilene:

- Kan tilpasses lengde og plass tilgjengelig i kamrene
- Form kan optimaliseres for god retningsstabilitet

I iterasjonen konstruksjon 2 ble det gjennomført testing der Nerf-prosjektiler og 3D-printede prosjektiler ble sammenlignet. Detaljer om testingen kan leses i RM004 – Rapport, testing av prosjektiler og ventiler. Konklusjonen fra denne rapporten var at Nerf-prosjektilene ikke oppnådde god nok treffsikkerhet til å kunne oppfylle kravet om treffsikkerhet gitt av oppdragsgiver. Det ble derfor avgjort å designe egne prosjektiler, ettersom de 3D-printede prosjektilene testet i denne iterasjonen viste god nok treffsikkerhet til å kunne oppnå kravet. Det ble også gjennomført avfyringstesting i utdypning 2, men grunnet oppsettet brukt i denne testingen fikk vi ikke noen god sammenligning av prosjektilene. Detaljer om denne testingen kan leses i RM003 – Rapport, research avfyring. Figur 1 viser prosjektilene testet i utdypning 2.

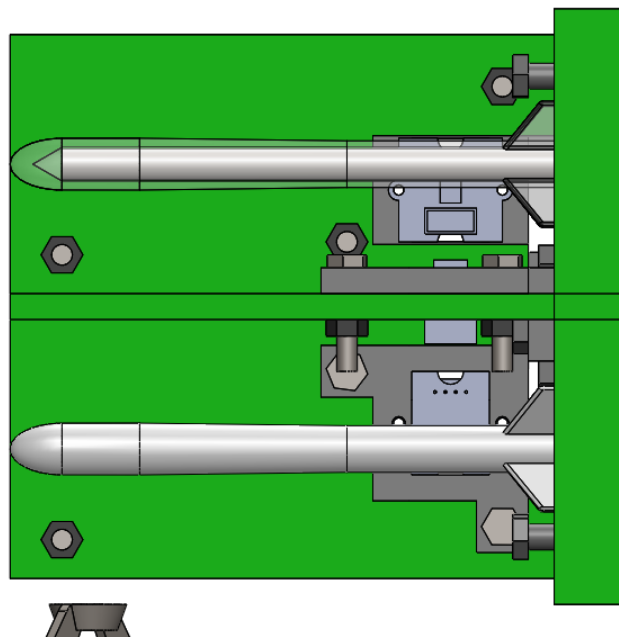
4. Design av prosjektiler

For å lage prosjektiler compatible med avfyringsmekanismen og tilgjengelig plass i toppstrukturen, og oppnådde god ytelse slik at de innfrir kravene til treffsikkerhet og rekkevidde ble en rekke faktorer vurdert. For at prosjektilene skal være egnet til fremstilling ved 3D-printing uten defekter eller unøyaktigheter må det også tas hensyn til begrensningene denne tilvirkningsmetoden medfører. Faktorene som påvirket design av prosjektiler var:

- Lengde
- Innvendig diameter
- Maksimal utvendig diameter
- Masse
- Stabilitet
- Formbegrensninger ved 3D-printing
- Materiale

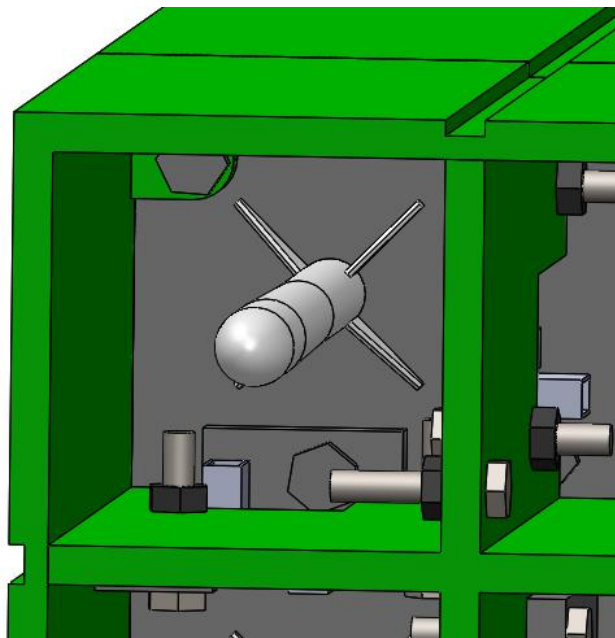
4.1 Geometriske begrensninger

Total lengden av prosjektilet er begrenset av plassen tilgjengelig i toppstrukturen. I avfyringstesting utført i utdypning 2 fikk vi bekreftet at lengden prosjektilet er tredd ned på avfyringsrøret er en vesentlig faktor i prosjektilets utgangshastighet. Det er derfor ønskelig med lengst mulig innvendig lengde i prosjektilene.



Figur 1: Prosjektiler i toppstruktur sett fra siden.

Innvendig diameter er satt til 6 mm for å passe til rørene valgt for avfyringsmekanismen. Dette gir også god plass til å ha styrefinner utvendig på prosjektilet innenfor den maksimale utvendige diameteren prosjektilet kan ha. Denne er styres av plassen tilgjengelig i kamrene og begrenses spesielt av prosjektildeteksjonskretsene, ledninger, festepunkter og festemidler.



Figur 2: Prosjektilet i toppstrukturen sett forfra.

4.2 Masse

Prosjektilenes masse er en viktig faktor. Lavere masse betyr høyere utgangshastighet med mindre tilført energi. Ettersom prosjektilets akselerasjonsstrekning og diameter begrenses av geometrien betyr dette at lavere masse gir høyere hastighet med lavere tilført trykk. Dette medfører i hovedsak to fordeler. Avfyringsmekanismens maksimale luftrykk gir høyere utgangshastighet og dermed høyere maksimal rekkevidde. Den andre fordel er at en ønsket avfyringsavstand kan oppnås med lavere trykk. Dette betyr igjen at forbruket av luft fra trykklufttanken per avfiring blir mindre, som gjør at flere avfiringer kan gjennomføres med en bestemt størrelse på tanken.

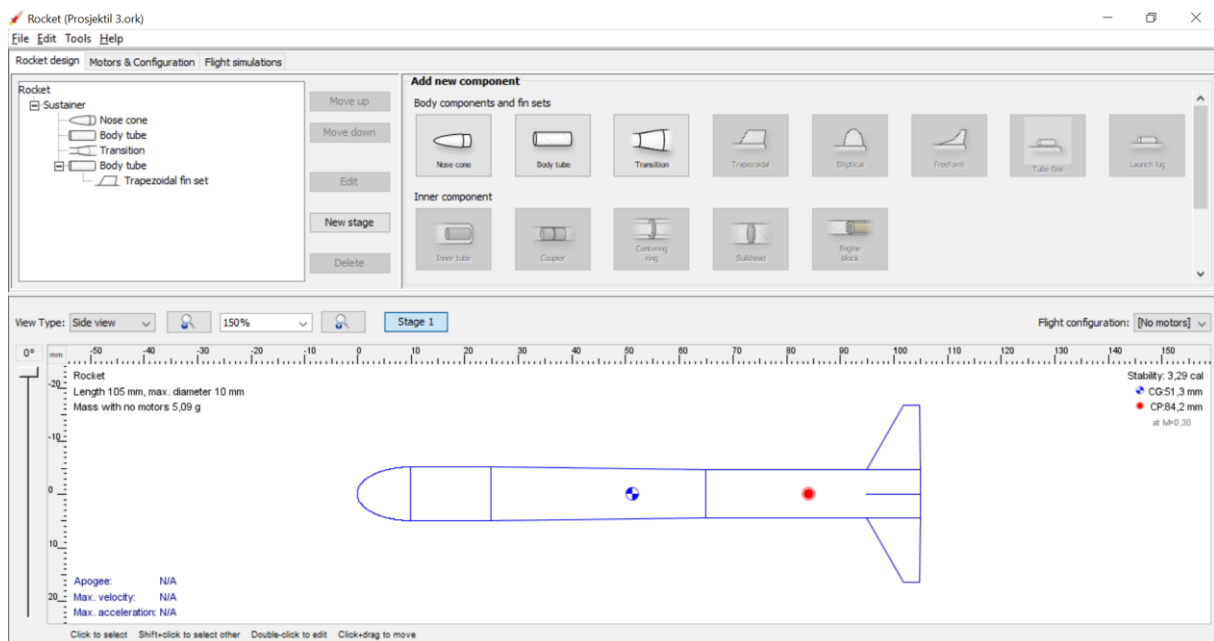
Likevel er det ikke ønskelig med for lav masse ettersom dette gjør prosjektilets bane mer utsatt for påvirkning fra aerodynamiske krefter. Høyere masse betyr større treghet, og den samme påvirkende kraften vil derfor ha mindre innvirkning. Størrelsen på de aerodynamiske kreftene henger i hovedsak sammen med prosjektilets utvendige størrelse.

4.3 Stabilitet

For at et prosjektilet skal fly stabilt gjennom lufta må trykksenteret (Center of pressure) ligge bak prosjektilets massesenter [1]. Trykksenteret er angrepspunktet til de aerodynamiske kreftene virker på prosjektilet. Når trykksenteret er bak massesenteret vil de aerodynamiske

kreftene skape et selvopprettende moment ved en forstyrrelse, og dermed skape stabilitet. Dersom trykksenteret er foran massesenteret vil det skapes et moment som prøver å snu prosjektilet.

Det er flere faktorer som påvirker posisjonen til trykksenteret, blant annet fasongen til tuppen av et prosjektile og eventuelle finner i bakenden. For å finne trykksenteret og massesenteret til ulike utforminger av prosjektiler brukte vi et program som heter Open Rocket. Dette vises i figur 3. Vi prøvde oss frem med ulike utforminger av tuppen og finnene frem til vi fant noe som ga oss et trykksenter langt bak og som var praktisk med tanke på tilgjengelig plass og strukturell styrke.



Figur 3: Prosjektile i OpenRocket.

Vi ser at Open Rocket estimerer prosjektilets massesenter (CG) til 51,3 mm fra tuppen av prosjektilet. Trykksenteret er estimert til 84,2 mm, altså betydelig lenger bak enn massesenteret. En måte å kvantifisere stabilitet av raketter og prosjektiler som gjerne brukes er kaliber (cal), dette kalles også stabilitetsmargin [1].

$$SM = \frac{CP - CG}{d} \quad (1)$$

En tommefingerregel er at SM bør være minst 1 for god stabilitet. For vårt prosjektile er SM lik 3,29, noe som gir meget god stabilitet. Dette ble senere også bevist i testing.

4.4 3D-printing

Prosjektilene er printet i stående retning. Dette gjør at prosjektilene kan printes med styrefinner i en del. Det gjør også at prosjektilene får en rundere fasong og repeterbare dimensjoner enn om de hadde vært printet liggende. For å kunne printe prosjektilene med

uthulingen for avfyringsrøret uten støttemateriale avsluttes hullet med en konisk spiss innvendig. Det er ønskelig å unngå støttemateriale innvendig ettersom det ville vært problematisk å fjerne.

I forbindelse med testing av avfyring i utvikling 2 ble det forsøkt å borre opp hullet i prosjektilene. Dette viste seg å være utfordrende på grunn av vanskeligheter med å spenne fast prosjektilet på en god måte og betydelig varmeutvikling. Detaljer finnes i RM003 – Rapport, research avfyring.

4.5 Materialvalg

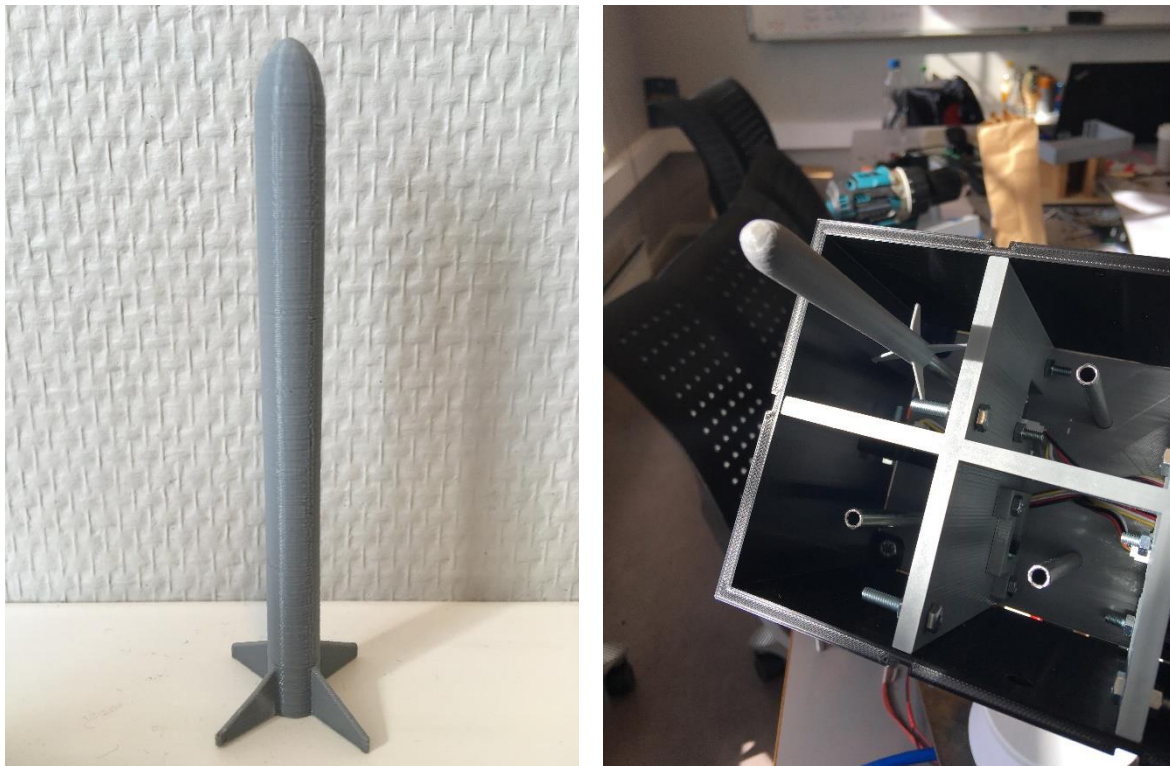
De første prosjektilene vi printet var av Ultimaker PLA som har gode mekaniske egenskaper og gir gode printresultater for de fleste applikasjoner, men disse er nokså sprø og har derfor dårlig motstand mot slagbelastning. Dette resulterte i at disse prosjektilene noen ganger ble ødelagt dersom de traff et mål rett på med for stor hastighet. Det var i hovedsak to problemer med prosjektilenes styrke. Det første var at styrefinnene knakk av, noe som skjedde meget lett. Det andre var at selve prosjektilkroppen røk mellom lagene i 3D-printen, noe som ødela prosjektilene helt.

Det ble derfor forsøkt å printe prosjektiler med flere ulike materialer for å sammenligne disse. Materialet som viste seg best egnet var Polymax PLA, som er en seigere og mer slagfast PLA-variant. Resultatene med de ulike materialene prosjektilene ble printet i er oppsummert i tabell 1.

Tabell 1: Materialer.

Materiale	Resultat
PLA	God form. Skjøre styrefinner og kropp.
NinjaFlex	Dårlig form ettersom disse svaiet under 3D-printing. Dette materialet er ikke egnet til høye tynne deler. Skjør kropp, ettersom adhesjonen mellom lagene er dårlig med dette materialet.
PETG	God form. Skjør kropp, ettersom adhesjonen mellom lagene er dårlig med dette materialet.
Polymax PLA	God form. Styrefinner ble seige nok til å bare bli lettere deformert istedenfor å knekke av. Adhesjonen mellom lagene er bedre enn de andre materialene, men disse røk også etter mye juling.

5. Konklusjon



Figur 4: Til venstre: prosjektilet. Til høyre: Prosjektilet delvis ned på avfyrringsrør i Launcher.

Testing av prosjektilet viste god ytelse. Prosjektilet viste god stabilitet og lang rekkevidde selv med lavt lufttrykk. Detaljerte mål for prosjektilet kan finnes i tegning 9003 Prosjekttil 3.

Prosjektilets robusthet er et område det er mulig å forbedre. Dette kan gjøres ved øke veggtykkelsen, men dette vil også øke prosjektilets masse og dermed redusere rekkevidden. Det kan også gjøres ved å omgjøre designet slik at prosjektilene kan printes med lagene i lengderetning.

6. Referanseliste

- [1] Tim Van Milligan, «*What is static margin?*», *Apogee peak of flight newsletter issue 133*, (11.10.2004),
<https://www.apogeerockets.com/education/downloads/Newsletter133.pdf>

RM010 – Rapport, reimskivedesign

Dokumentbeskrivelse

Dette dokumentet beskriver de 3D-printede reimskivene vi valgte å gå for og hvordan utregningene for antall tenner ble gjort. Det beskriver også valgt registerreim for rotasjonsmekanismen.

Revisjon	Skrevet av	Dato	Godkjent av
A	Martin Slettedal	19.05.2022	Simen Tråstadkjølen

Innhold

1. Introduksjon	2
2. Dokumenthistorie og referanser	2
2.1 Dokumenthistorie	2
2.2 Refererte dokumenter	3
3. Valg av løsning for reimdrift	3
4. Design av reimskiver	4
4.1 Geometriske begrensninger og utveksling	4
4.2 3D-printing	5
4.3 Registerreim	5
4.4 Monteringsmulighet	6
4.5 Utrekning av tenner for reimskiven til toppstruktur	7
5. Konklusjon	9

Figurliste

Figur 1: Viser deisgnvariant 1 av reimdriftsløsning	5
Figur 2: Viser designvariant 2 av reimdriftsløsning	5
Figur 3: Valgt registerreim	6
Figur 4: Viser elementene i valgt registerreim	6
Figur 5: Reimskive til toppstruktur	7
Figur 6: Reimskivene til steppermotor og rotasjonsenkoder.	7
Figur 7: Illustrasjon av viktige mål på registerreimen	8
Figur 8: Mål på belte.	8

1. Introduksjon

Til rotasjonsmekanismen så ble reimdrift valgt. For å kunne ha en fungerende reimdrift er det nødvendig med reimskiver og reim. Disse reimskivene må passe i bunnstrukturen, mens vi samtidig opprettholder kravene til formlikhet og rotasjon.

2. Dokumenthistorie og referanser

2.1 Dokumenthistorie

Revisjon	Beskrivelse	Dato

A	Nyopprettet	19.05.2022
---	-------------	------------

2.2 Refererte dokumenter

Tittel	Revisjon	Utgiver
KS001 – Kravspesifikasjon	B	Project Mini Launcher
ML005 – Utviklingsrapport, rotasjon og bunnstruktur	A	Project Mini Launcher

3. Valg av løsning for reimdrift

Systemet skal kunne rotere 360 grader i begge retninger fra startpunkt. Den valgte løsningen for rotasjonsmekanismen og kravene fra kravspesifikasjonen gir begrensninger for valg av reimskiver til bunnstrukturen. Reimskivene kan ikke ta for mye plass ettersom krav om formlikhet er vektlagt høyt hos oppdragsgiver.

Alternativene for reimskiver kan deles i to grupper; eksisterende reimskiver som kan kjøpes eller egen designede reimskiver tenkt 3D-printet.

Eksisterende reimskiver

Vi ønsket først å bruke komponenter som allerede finnes, da dette vil lette design arbeidet fremfor å måtte designe reimskiver selv. Noen av fordelene med å kjøpe inn reimskiver er at reima og reimskivene passer 100% i hverandre. En annen fordel med innkjøpte reimskivene er at de har høy styrke.

Noe av problemet med eksisterende reimskiver var at de var ganske plasskrevende. En av reimskivene hadde ganske kompleks geometri noe som gjorde det vanskelig å gjøre innkjøp av den uten at den tok altfor mye plass. Ettersom vi hadde krav fra vår oppdragsgiver KDA om formlikhet i bunnstrukturen så kunne dette bli problematisk.

En annen utfordring var at utvalget av reimskiver ikke var det beste og det var vanskelig å finne reimskiver og belter som passet sammen, samtidig som at leveringstid og lagerstatus var usikker.

Egenproduserte reimskiver

Det andre alternativet vi vurderte var egenproduserte reimskiver tenkt 3D-printet. Noen av fordelene med dette var at vi lett kunne designe reimskivene etter valgt belte. De egenproduserte reimskivene er heller ikke like plasskrevende siden vi selv velger designet.

En av reimskivene har nokså kompleks geometri, noe som er uproblematisk for en 3D-printer.

En annen fordel er at 3D-printing er billig og går raskt. Man kan teste mekanismene så fort printen er ferdig og slepper å vente på leveringer og utsettelse fra leverandører.

Utfordringen her lå i at det å designe reimskiver som skal 3D-printes ikke er lett. 3D-printeren er ikke helt nøyaktig og vil alltid ha en del avvik fra faktisk modell i SolidWorks. Dette gjør at man gjerne må printe reimskivene flere ganger før reimskivene passer 100% i registerreima.

En liten utfordring kan være at styrken til 3D-print er vesentlig lavere enn de innkjøpte reimskivene i stål.

Valg av egenproduserte deler

Etter en vurdering av begge alternativene kom vi frem til at vi ville gå for egenproduserte reimskiver. Dette gjorde at vi kunne starte testing tidlig og samtidig gi oss frihet til å designe reimskivene slik at vi oppfylte kravet om formlikhet og rotasjon.

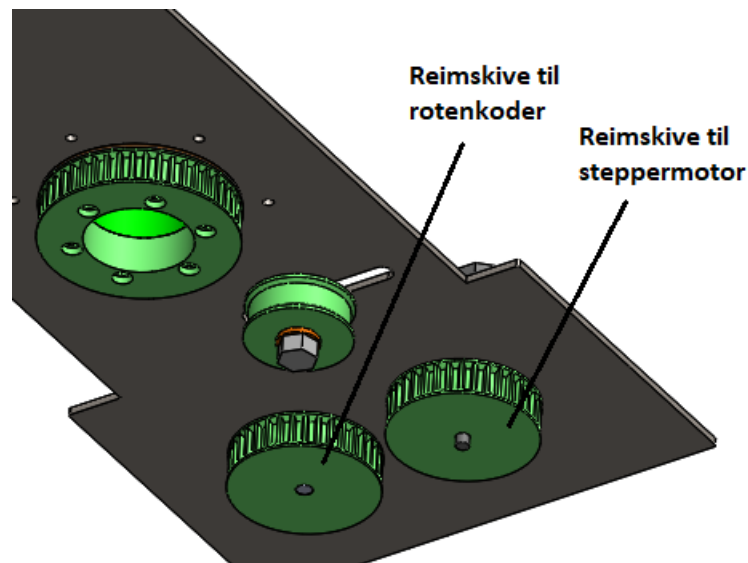
4. Design av reimskiver

For at reimskivene skulle passe i bunnstrukturen og fungere i rotasjonsmekanismen på en god måte, ble en del ulike faktorer vurdert. Design av reimskiver var påvirket av:

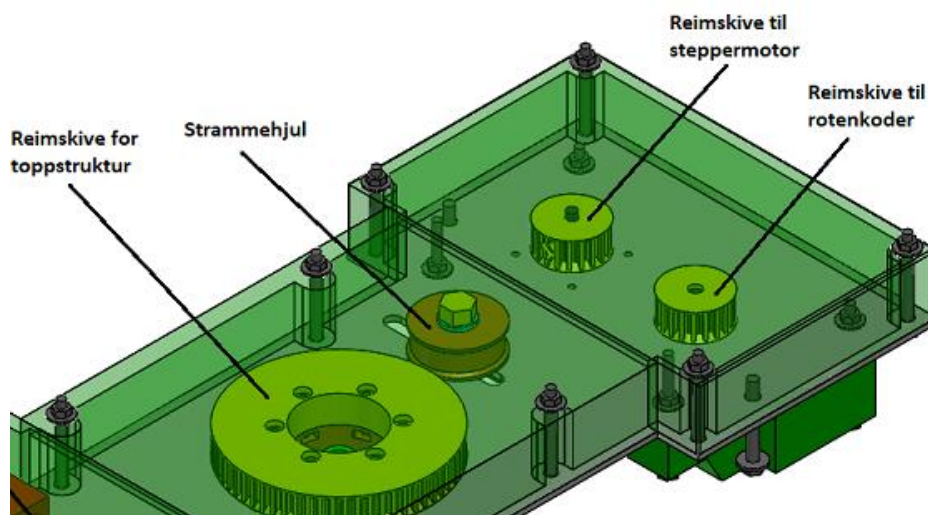
- Utvendig diameter på reimskive
- Kompleksitet ved 3D-printing
- Utveksling
- Valgt registerreim
- Monteringsmulighet

4.1 Geometriske begrensninger og utveksling

Størrelsen på reimskiven var en avgjørende faktor. Bredden på bunnstrukturen avgjorde hvor stort reimskiven for roterende toppstruktur kunne være. Etter å ha designet to forskjellige løsninger for reimdrift så fant vi ut av at vi ville ha reimskiven til toppstrukturen så stor som mulig, mens reimskivene på motoren og rotasjonsenkoder så liten som mulig. Dette ville gjøre det enklere for motoren. Samtidig kan ikke reimskiven bli så stor at den kommer til kanten av bunnplaten, da det skal plasseres deksler som skjuler mekanismen.



Figur 1: Viser designvariant 1 av reimdriftsløsning.



Figur 2: Viser designvariant 2 av reimdriftsløsning.

4.2 3D-printing

3D-printing er en mindre viktig men påvirkende faktor. Reimskivene er printet i liggende retning. Dette gjør at reimskivene får god radiell styrke. Dette er også ønskelig med tanke på hvordan tennene på registerreima entrer reimskivene. En annen fordel er at det ikke trengs noe støttemateriale under print, som betyr spart filament og spart penger.

Innvendige diametere i reimskivene er printet med ca. 0,4mm større diameter enn faktisk mål i 3D-modell. Dette er på grunn av at 3D-printen synker sammen ved printing. Utvendig diameter mål er nøyaktige. Se *RM002 - B - Rapport, 3D-print research* for mer detaljer.

4.3 Registerreim

Valg av registerreim er styrende for design av reimskiver ettersom at vi først går til innkjøp av reim for så å designe reimskivene. Valget av reim falt på en reim av typen «Conti

Synchroforce CXP» laget av Continental. Grunnen til det var at beltet var beregnet for høyhastighets bruk, og hadde god gripeevne samt passende bredde og lengde på beltet.



Figur 3: Valgt registerreim.

Reima er laget av en sammensetning av flere materialer som gir den egenskaper vi ønsket. På figuren under så ser vi ulike materialer. Nummer 1 er polyamid tekstil. Denne har god elastisitet. Nummer to er tennene som er laget av syntetisk gummi som gir god vedheft og gripeevne. Nummer 3 er en glassfiber forsterkning som øker styrken til registerreima. Nummer 4 er syntetisk gummi.

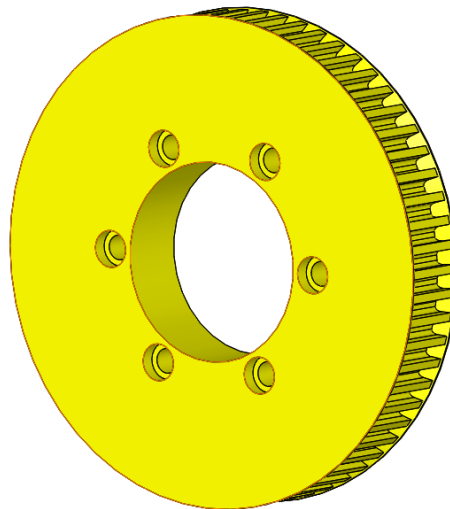


Figur 4: Viser elementene i valgt registerreim.

4.4 Monteringsmulighet

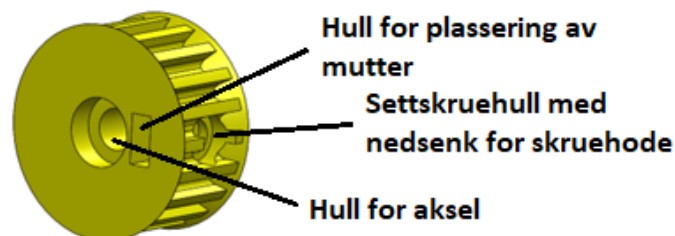
For at reimdriften skal fungere uten slark, kreves en god og sikker låsing av reimskivene.

Den store reimskiven er festet med seks skruer opp i rotasjonssylinderen. Reimskiven er designet slik at skruehode senkes inn i delen. Dette eliminerer problemet med at kabler fester seg fast i skruehodet og rives ved rotasjon. Se *ML005 - Utviklingsrapport, rotasjon og bunnstruktur* for mer detaljer rundt rotasjon.



Figur 5: Reimskive til toppstruktur.

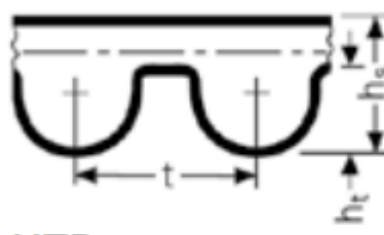
En viktig faktor for oss var demonterbarheten til delene vi designet. De små reimskivene er designet slik at den monteres mot aksel ved hjelp av en settskrue. Vi ønsket å bruke mutter og skive i stål. Grunnen til det var at stål er mer robust mot demontering enn termoplast. På figur 5 ser vi et firkantet hull. Dette hullet er designet slik at en M4-mutter akkurat kan slippes ned i hullet og samtidig bli låst av veggene rundt. En tilsvarende skrue blir da skrudd inn mot aksel fra enten motor eller enkoder.



Figur 6: Reimskivene til steppermotor og rotasjonsenkoder.

4.5 Utregning av tenner for reimskiven til toppstruktur.

En vesentlig del av designet av egne reimskiver var utregningen av antall tenner. Tannprofilen spilte da en viktig rolle. Figuren under viser tannprofilen til valgt belte.



Figur 7: Illustrasjon av viktige mål på registerreimen.

Viktige mål:

- Høyde på reim: $h_s = 3,60\text{mm}$
- Høyde på tann: $h_t = 2,10\text{mm}$
- Lengde mellom tenner: $t = 5,00\text{mm}$

Illustrasjon og mål er hentet fra databladet til beltet.

Vi ønsket å ha 100mm diameter på reimskiven til toppstruktur.

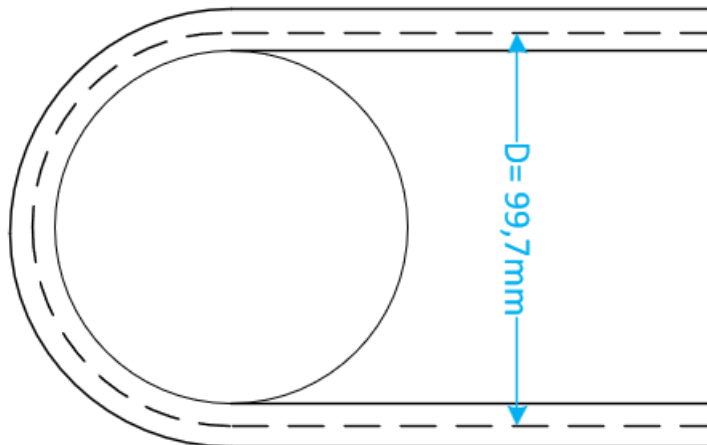
Antall tenner er gitt ved formelen:

$$N = \frac{\pi \cdot D}{t} = \frac{\pi \cdot 100\text{mm}}{5} = 62,8.$$

Snur på formel for å finne diameter på reimskive:

$$D = \frac{5N}{\pi} = \frac{5 \cdot 63}{\pi} = 100,26\text{mm} \approx 100,3\text{mm}$$

For at tenna skal kunne passe ned i sporet som blir printet og siden 3D-printer printer litt unøyaktig trekker vi fra 0,5mm av diameteren. $100,3\text{mm} - 0,5\text{mm} = 99,7\text{mm}$.



Figur 8: Mål på belte.

Vi ønsket videre å ha så liten reimskive som mulig på motoren for å bedre utvekslingen. Vi valgte da en diameter på 32mm.

For reimskivene til motor og enkoder ble formelen lik:

$$N = \frac{\pi \cdot D}{t} = \frac{\pi \cdot 32\text{mm}}{5} = 20,1.$$

Snur på formel for å finne diameter på reimskive:

$$D = \frac{5N}{\pi} = \frac{5 \cdot 20}{\pi} = 31,83 \approx 31,8mm$$

For at tenna skal kunne passe ned i sporet som blir printet og siden 3D-printer printer litt unøyaktig trekker vi fra 0,5mm av diameteren. $31,8mm - 0,5mm = 31,3mm$.

5. Konklusjon

Valget vårt på å gå for egenproduserte reimskiver ble bestemt på grunn av flere faktorer. Flexibiliteten og designmulighetene ble vesentlig bedre og gjorde designarbeidet enklere. Dette gjorde at vi enklere klarte å oppfylle kravet om formlikhet. En annen ting var at testing kunne skje fortløpende etter ferdig printet del. 3D-printede reimskiver er også en billig produksjonsmetode. 3D-printede reimskiver har svakere styrke enn tilgjengelige reimskiver man kan kjøpe. Dette kan uansett forsvares med at reimskivene har bedre styrke enn motorens aksel i radiell retning. Kraften som brukes for å stramme strammehjulet går først utover motorakselen.

RM011 – Analyserapport, brakett elevasjon

Dokumentbeskrivelse

Dette dokumentet beskriver beregninger gjort for å bekrefte og dokumentere at brakett for elevasjon tåler påkjenningene det, og relaterte deler, vil bli utsatt for to gitte belastningssituasjoner.

Revisjon	Skrevet av	Dato	Godkjent av
A	Tobias Nilsen	19.05.2022	Simen Tråstadkjølen

Innhold

Figurliste	2
Tabelliste	2
1. Introduksjon	3
2. Dokumenthistorie og referanser	3
2.1 Dokumenthistorie	3
2.2 Refererte dokumenter	3
3. Utforming av modell	3
3.1 Materialeegenskaper	5
3.2 3D-print	5
3.3 Valg av analyse	5
3.4 Belastningsscenario 1	5
Laster og låsinger	6
Resultater	8
3.5 Belastningsscenario 2	9
Resultater	10
4. Konklusjon	10

Figurliste

Figur 1: Sammenstilling av elevasjonsmekanisme	4
Figur 2: 0083 sammenstilling av brakett	4
Figur 3: Lengde fra bunn til bolter	6
Figur 4: Forlengt hull opp i neste brakett	7
Figur 5: Mesh control av brakett for lastsituasjon 1	7
Figur 6: Maks stresskonsentrasjon i sammenstilling	8
Figur 7: Nærbilde av skruehull	8
Figur 8: Områder under F.S på 15	9
Figur 9: Belastningssituasjon 2 for sammenstillingen	10

Tabelliste

Tabell 1: Oversikt over komponenter og sammenstilling i analyserapporten	3
Tabell 2: Materialeegenskaper for PLA hentet fra datablad. [1]	5

1. Introduksjon

Denne komponenten er designet for å holde elevasjonsmotoren oppe.

2. Dokumenthistorie og referanser

2.1 Dokumenthistorie

Revisjon	Beskrivelse	Dato
A	Nyopprettet	18.05.2022

2.2 Refererte dokumenter

Tittel	Revisjon	Utgiver
RM002 – 3D-print research	B	Project Mini Launcher
RM008 – Analyserapport, bukk	A	Project Mini Launcher

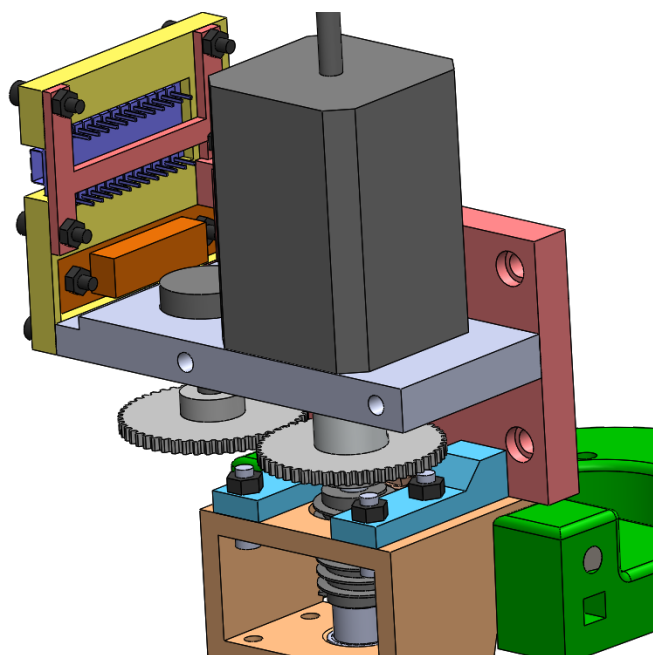
3. Utforming av modell

Tegningsnummer *0083* med navn *Assy brakett elevasjon* er modellen for analyserapporten. Den er bestående av komponentene vist i tabell 1.

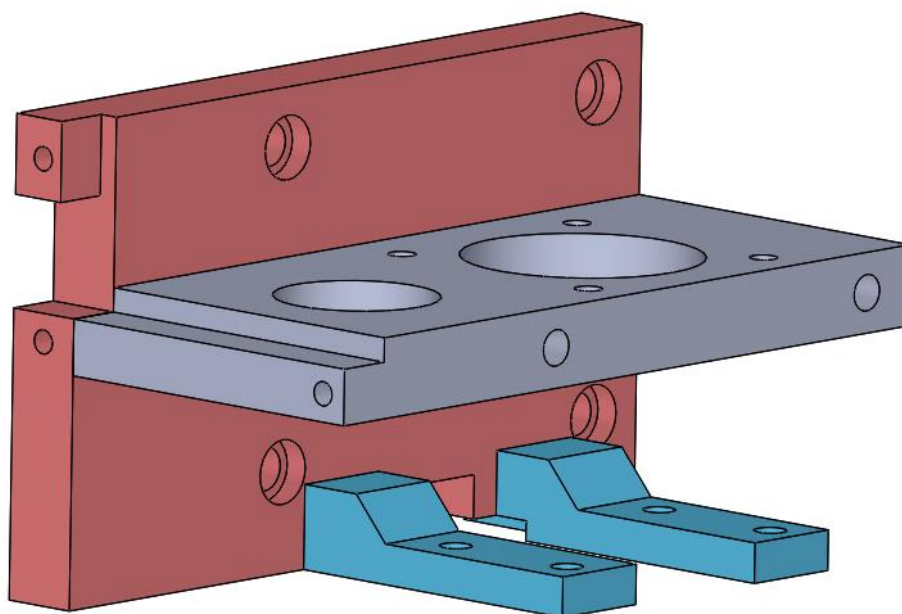
Tabell 1: Oversikt over komponenter og sammenstilling i analyserapporten

Tegningsnummer	Beskrivelse	Type
0083	Assy brakett elevasjon	Sammenstilling
0076	Bærearm for elevasjon, høyre side	Komponent
0076	Bærearm for elevasjon, venstre side	Komponent
0077	Brakett festepunkt toppstruktur	Komponent
0082	Motor- og enkoderbærer	Komponent

Braketten er lokalisert rundt elevasjonsmotoren, og er festet til resten av toppstrukturen med fire M4 skruer. Komponentene av konfigurasjonen *0076* er festet i *0099 bukk topp* med seks M4 skruer. Fulle sammenstillingen av elevasjonsmekanismen kan man i figur 1. Figur 2 viser nærbilde av braketten.



Figur 1: Sammenstilling av elevasjonsmekanisme.



Figur 2: 0083 sammenstilling av brakett.

3.1 Materialeegenskaper

Materialet brukt her er Ultimaker PLA. Dette er en termoplast med en smeltetemperatur på 130°. Kjennetegnet er høy stivhet og er generelt billig i forhold til dens konkurrenter. I tabell 3 kan du se de mekaniske egenskapene til termoplasten.

Tabell 2: Materialeegenskaper for PLA hentet fra datablad. [1]

Egenskap	Verdi
Flytegrense	50 MPa
Elastisitetsmodul	2 346,5 MPa
Poissons tall	0,35
Massetetthet	1 240 kg/m ³

3.2 3D-print

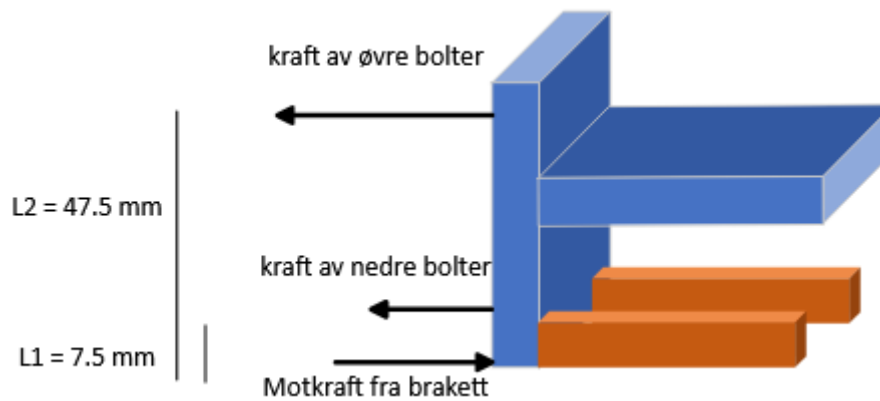
- Her er 100% innfyllingsmateriale brukt. Vi kan anta at dette tilsvarer flytegrense fra tabell 3, som vi fant ut i *RM002 – B – 3D-print research*.

3.3 Valg av analyse

Vi valgte en statisk analyse på denne sammenstillingen med innstillingen *bonded* valgt. Det vil si at analysen gjennomføres som om komponentene er limt sammen og er isotropisk i alle retninger. Dette er ikke helt presist, men man kan argumentere for at i denne sammenhengen så er komponentene limt sammen med resinbasert lim som har høyere flytegrense enn PLA platen.

3.4 Belastningsscenario 1

I denne sammenstillingen har man to scenarier man kan se på. Den første er strekkbelastningen i skruene som er montert videre inn i toppstrukturen. Figur 3 viser dette illustrert. Her har vi også en motkraft som er fra brakettens vippeeffekt. Dette punktet er der all strekk fra skruer vil bli opplagret.



Figur 3: Lengde fra bunn til bolter

Hvordan vi finner belastningen på disse boltene er å bruke

$$w = \frac{T}{n_1 \cdot l_1^2 + n_2 \cdot l_2^2} \quad 1$$

der T er rotasjonsmomentet fra toppstrukturen og n er antall bolter i den gitte høyden fra bunnen på braketten. lengden, l er også gitt fra bunnen fra braketten. når dette fylles ut, får vi

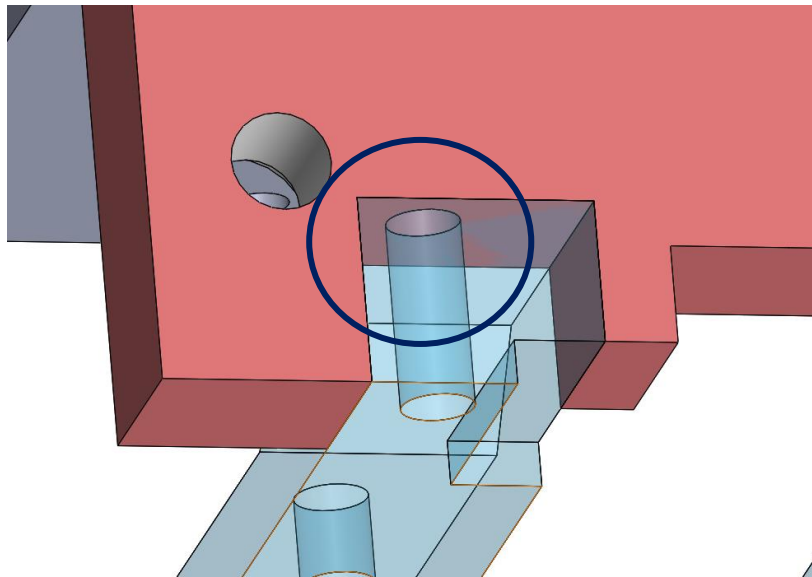
$$w = \frac{4 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 100\text{mm}}{2 \cdot 7.5^2 \text{ mm} + 2 \cdot 47.5^2 \text{ mm}} = 0,8484 \text{ N/mm} \quad 2$$

som er tallet man bruker til å gange med lengden opp fra brakettens bunn. Dette blir altså 6.4 N for L₁ og 40.3 N for L₂. Det er verdt å nevne at dette er for begge skruene i samme høyde. Motkraften blir da simpel summing av krefter i x-retning. Dette blir da 46.7 N

Laster og låsinger

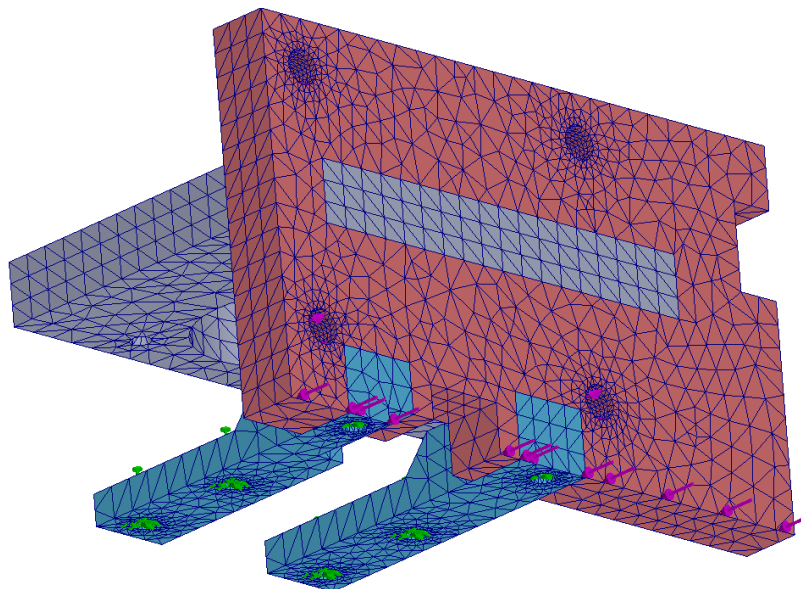
Herfra velger vi å fastlåse komponenter i brakettene som holder bukken under sammenstillingen. Dette satte vi som *fixed geometry*. Vi valgte videre å plassere de gitte lastene i skruene i de forskjellige hullene. Det ble valgt i to omganger der vi brukte funksjonen *total* for begge skruene i hver sine høyder. Dette sikret at lasten ble fordelt jevnt mellom de to valgte skruene. Vi valgte også sette på motkraften på enden av braketten. Dette er ikke det mest presise måten å gjøre det på ettersom braketten som tar opp dette har en høyde på noen millimeter. Det mest presise hadde vært ved å bruke *spilt line* og lage en strek som tilsvarer høyden for så å sette lasten over dette arealet. Det ble konkludert at det var mer krevende med tanke på at dette må gjøres på tre komponenter for å oppnå riktig resultat. Derfor ble det valgt å sette lasten på kanten av braketten.

Det er viktig her å feste braketten på riktig steder. Som standard velges bare nedre del av sammenstillingen. Man må manuelt feste hullet som er en del av den større braketten lenger opp. Dette ser man i figur 8. Dette kan føre til unødige stresskonsentrasjoner.



Figur 4: Forlenget hull opp i neste brakett.

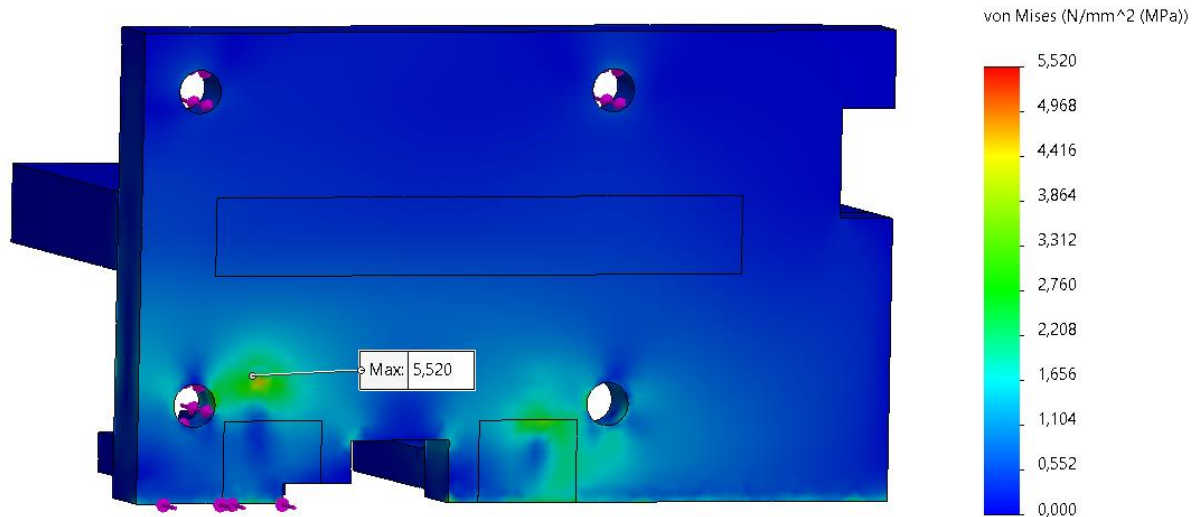
Det ble brukt *mesh control* i områder av høy interesse. Dette var skruerhullene der last ble satt og festepunktene nederst, dette kan ses i figur 9. Her ble det valgt elementstørrelse på 0.82 mm som var mer enn tilstrekkelig nok for analysen.



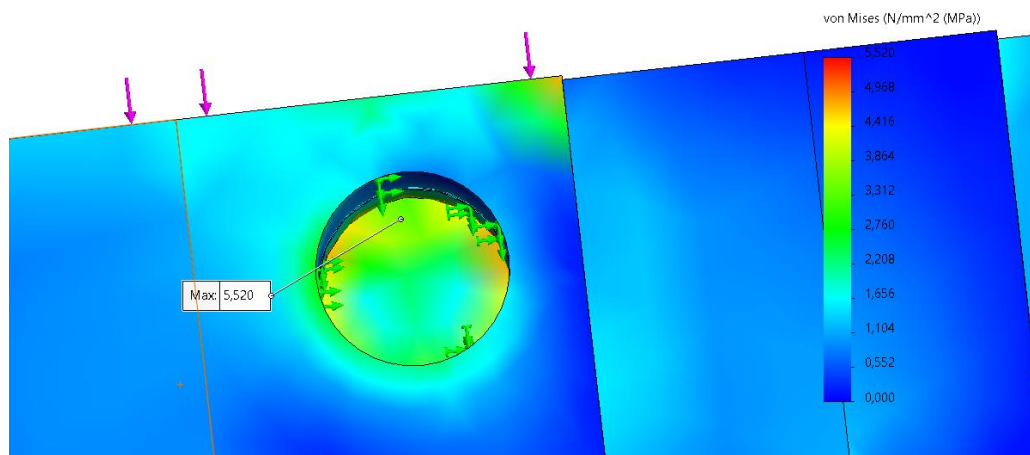
Figur 5: Mesh control av brakett for lastsituasjon 1.

Resultater

I figur 10 kan man se maks stresskonsentrasjon på 8.2 MPa. Dette er langt under flytegrensen til materialet og her er det ingen grunn til å ta noe tiltak. Hvis man ser nøye på hvor dette stedet er, så er beliggenheten i skruehullet. Dette syntes bedre på figur 11.



Figur 6: Maks stresskonsentrasjon i sammenstilling.

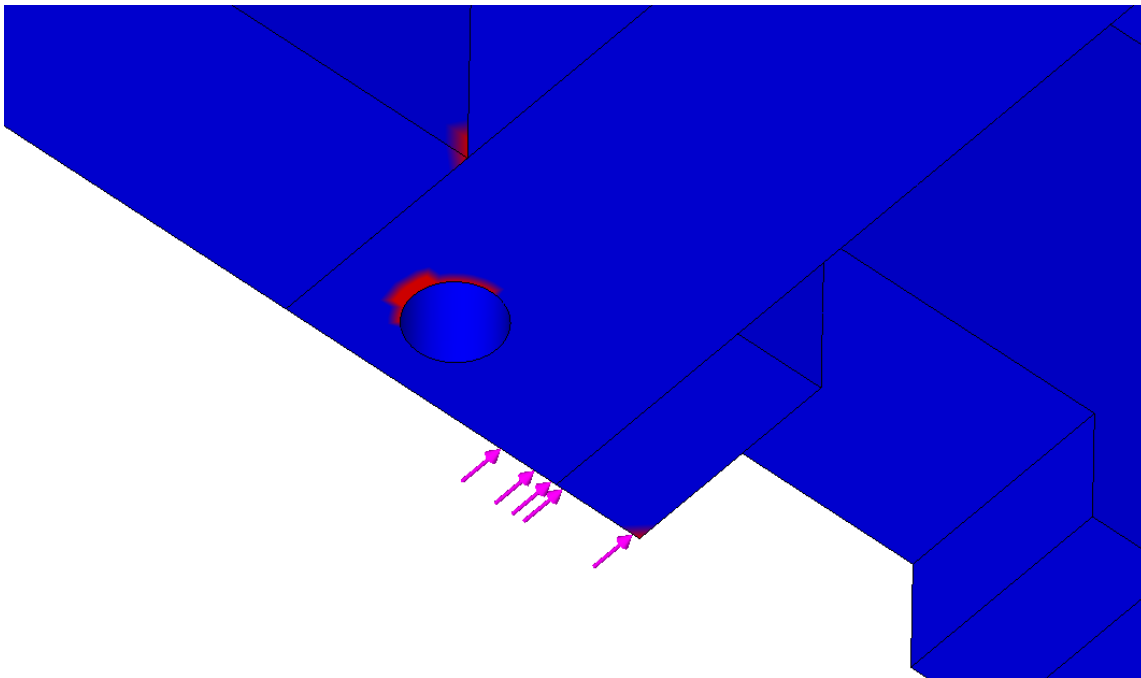


Figur 7: Nærbilde av skruehull.

I figur 11 ser man at skruehullet er området med mest stresskonsentrasjon. Dette er ikke uventet siden skarpe områder har en tendens til å utvikle høyere konsentrasjoner av stress. Dette området er nokså lite og ikke noe grunnlag til å gjøre endringer i komponenten.

Vi kan se på i figur 9 at maks stresskonsentrasjon var i midtre høyre festepunkt. Her ble konsentrasjonen 26 MPa, noe som er under flytegrense til Ultimaker PLA. Et annet område der vi antok stor belastning var der akselen blir opplagret. Her brukte vi *Probe* for å undersøke spenningene i området og de var på rundt 21 MPa. Det var i tillegg maks forlengelse på 0.28 mm, noe som er neglisjerbart.

Hvis vi lager et *Factor of Safety plot* kan vi se at lavest sikkerhetsfaktor er på en verdi 9. I *Areas below factor of safety* ser man området med lavest sikkerhetsfaktor. I figur 12 ser man at hvis man velger sikkerhetsfaktor på 15 er det få områder som er under denne faktoren.

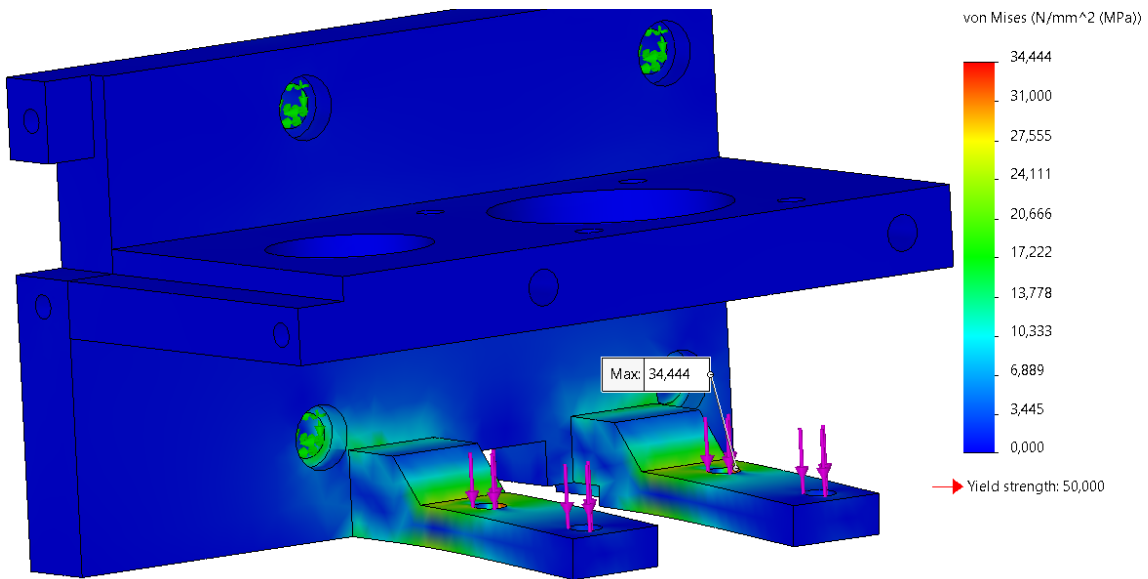


Figur 8: Områder under F.S på 15

3.5 Belastningsscenario 2

I denne belastningen antar vi kreftene generert av snekkedriften i aksiell retning. Dette kalkulerte vi i *RM008 – Analyserapport, bukk* hvor aksiell last var 337 N. Det er ønskelig da å se hvordan denne braketten takler kreftene generert av snekkeskruen, om vi antar festepunkt i samme skruehull vi plasserte krefter i belastningssituasjon 1. Meshet vil være identisk og lasten er fordelt utover de seks skruehullene i nedre del av braketten. Dette er ikke presist med tanke på avstanden har en betydning fra akselen til snekkeskruen, men som simpelhetens skyld fordeler vi lasten likt i denne analysen. I figur 13 ser man stresskonsentrasjonene.

Resultater



Figur 9: Belastningssituasjon 2 for sammenstillingen

I figur 13 ser man at det er større stresskonsentrasjonen i braketten underdel enn det var i belastningssituasjon 1. Det er hensiktsmessig å ta denne analysen i betraktning siden verdiene var høyere. Man kan se at verdiene konsentrerte seg rundt skruehullene som ble belastet, men det var fortsatt under flytegrense. Komponenten er printet i solid PLA og tatt hensyn til printretningen for å få mest mulig styrke. I *RM002 – B – 3D-print research* beregnet man seg frem til cirka 48 MPa i flytegrense basert på de egendefinerte strekkprøvene vi lagde i programvaren. Her er det rimelig å anta at dette gjelder også denne braketten. Maks *aspect ratio* lå på 1, så 100 prosent av elementene er under tallet 3 i denne analysen. Dette gir et resultat som er sikkert og presist.

4. Konklusjon

Brakettens forskjellige belastningssituasjon hadde forskjellige resultater på analysen. Det er fordelaktig å anta at begge scenarioene kan skje, når det ikke er gjort videre beregninger på dette. Derfor antar vi verste scenario og ser på belastningssituasjon 2 og fortsatt med at komponenten vil være under flytegrense.

6. Referanser

[1] Ultimaker (2022, 20 april) Teknisk datablad. Hentet fra <https://support.ultimaker.com/hc/en-us/articles/360011962720-Ultimaker-PLA-TDS>

RM012 – Analyserapport, mikrobryterholder

Dokumentbeskrivelse

Dette dokumentet beskriver beregninger gjort for å bekrefte og dokumentere at mikroholderen for elevasjonens nullpunkt tåler påkjenningene den vil bli utsatt for i belastningssituasjonen.

Revisjon	Skrevet av	Dato	Godkjent av
A	Tobias Nilsen	17.05.2022	Simen Tråstadkjølen

Innhold

Figurliste	2
Tabelliste	2
1. Introduksjon	2
2. Dokumenthistorie og referanser	3
2.1 Dokumenthistorie	3
2.2 Refererte dokumenter	3
3. Utforming av modell	3
3.1 Materialelegenskaper	4
3.2 Valg av analyse	5
3.3 Låsinger og laster	5
4. Resultater	6
5. Konklusjon	8

Figurliste

Figur 1: Sammenstilling av elevasjonsmekanisme	4
Figur 2: Mikrobryterholder i midten av brakett	4
Figur 3: Belastningssituasjon	5
Figur 4: Mesh control på gitte flater	6
Figur 5: Simulert resultat	7
Figur 6: Aspect ratio	7

Tabelliste

Tabell 1: Materialelegenskaper for PLA hentet fra datablad. [1]	5
---	---

1. Introduksjon

Denne komponenten er designet for å bære en mikrobryter. Denne mikrobryteren har ansvaret for å fortelle systemet når toppstrukturen av Mini Launcher er i nullposisjon. I dokumentet KS001 - kravspesifikasjonen med krav-ID FK5-1 står det: «Systemets toppstruktur skal kunne elevere og de-elevere fra 0-40 grader». Her var det ønskelig å fortelle programvaren hvor dette nullpunktet er og *0078 Bunn for elevasjon* ble revidert for å plassere denne mikrobryterholderen. Mikrobryteren vil sørge for å kartlegge hvor nullpunktet befinner seg på bunnbraketten.

Denne braketten skal egentlig ikke bli utsatt for noe last, siden topstrukturen vil stoppe når den treffer mikrokontrolleren som er plassert på toppen, er det ideelt å ta en analyse av et scenario hvor dette ikke skjer. Da er vi om braketten holder strukturen uten å bli deformert og ny brakett må bli laget.

2. Dokumenthistorie og referanser

2.1 Dokumenthistorie

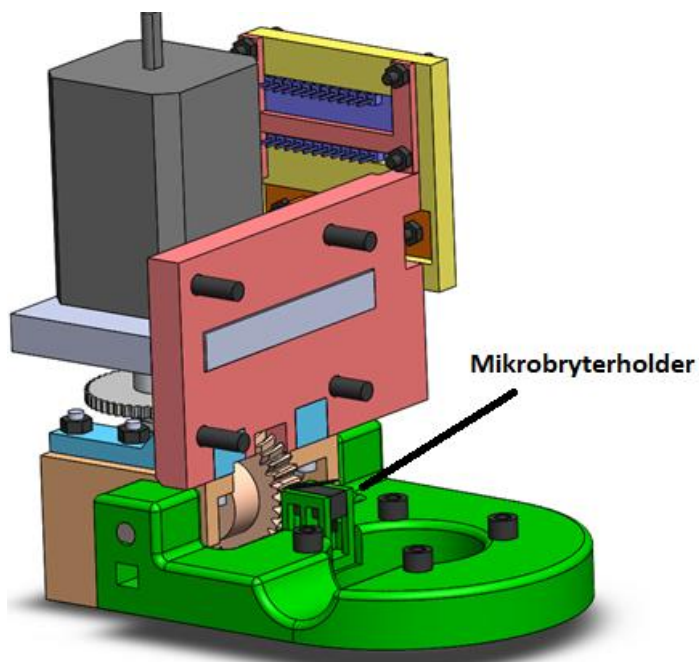
Revisjon	Beskrivelse	Dato
A	Nyopprettet	18.05.2022

2.2 Refererte dokumenter

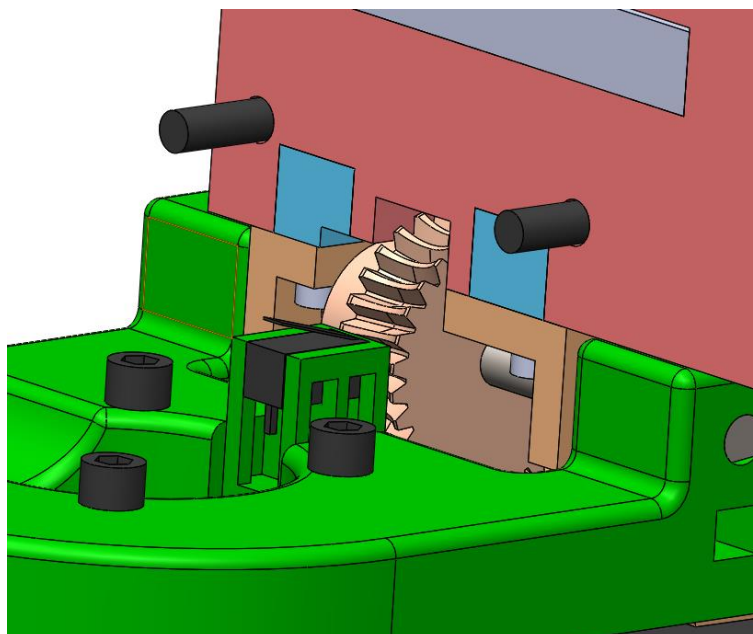
Tittel	Revisjon	Utgiver
KS001 – Kravspesifikasjon	B	Project Mini Launcher
RM002 – 3D-print research	B	Project Mini Launcher

3. Utforming av modell

Tegningsnummer *0181* med navn *Mikrobryterholder* er modellen for analyserapporten. Braketten er lokalisert i midten av braketten som er festet i bunnstrukturen. Den er farget grønn som braketten under, men mikrobryteren er i fargen svart. Figur 1 viser overordnet hvor braketten sitter mens figur 2 viser nærbilde av hvor den er plassert.



Figur 1: Sammenstilling av elevasjonsmekanisme.



Figur 2: Mikrobryterholder i midten av brakett

3.1 Materialelegenskaper

Materialet brukt her er Ultimaker PLA. Dette er en termoplast med en smeltetemperatur på 130°. Kjentegnet er høy stivhet og er generelt billig i forhold til dens konkurrenter. I tabell 3 kan du se de mekaniske egenskapene til termoplasten.

Tabell 1: Materialelegenskaper for PLA hentet fra datablad. [1]

Egenskap	Verdi
Flytegrense	49,5 MPa
Elastisitetsmodul	2 346,5 MPa
Poissons tall	0,35
Massetetthet	1 240 kg/m ³

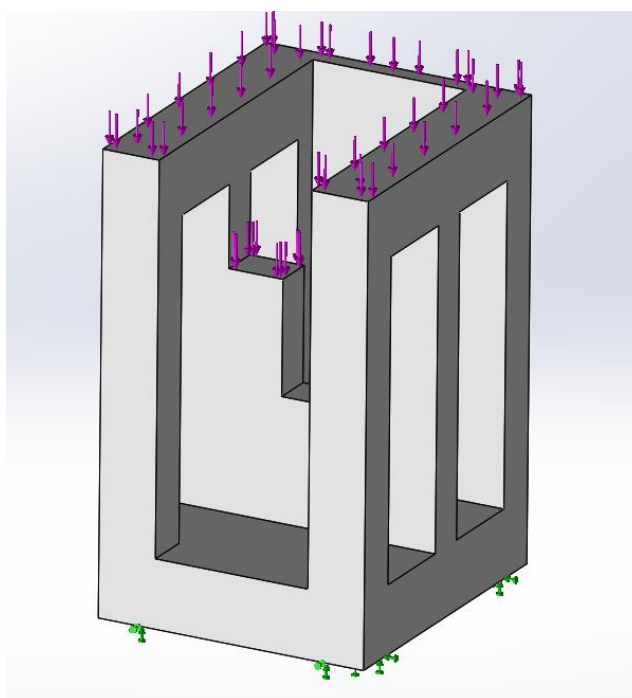
Her er 100% innfyllingsmateriale brukt. Vi kan anta at dette tilsvarer flytegrense fra tabell 1, som vi fant ut i *RM002 – B – 3D-print research*.

3.2 Valg av analyse

Vi valgte en statisk analyse på dette scenarioet. En statisk analyse brukes gjerne når man i all hovedsak skal simulere en belastningssituasjon som tilsvarer en omtrentlig verste scenarioet vi regner med komponenten vil bli utsatt for.

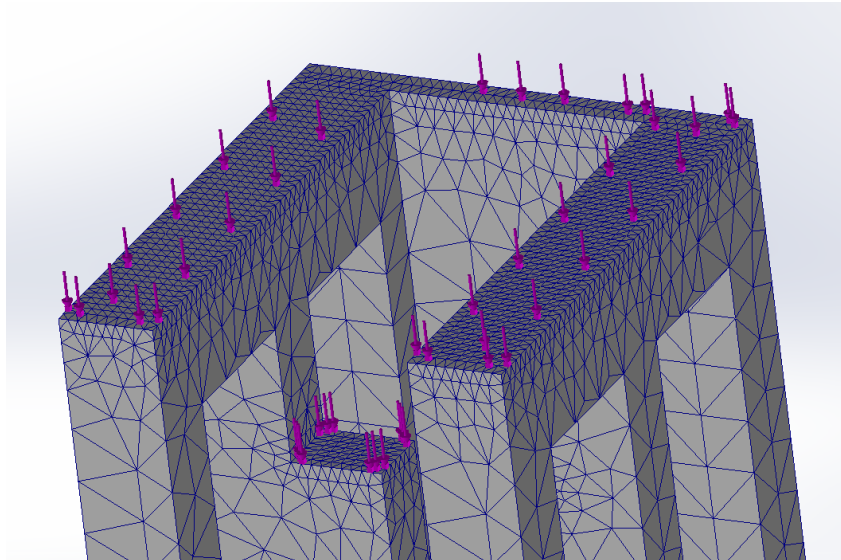
3.3 Låsinger og laster

Vi valgte å bruke *fixed geometry* på denne komponenten for punktet der braketten er i kontakt med resten av bunnbraketten den står i, dette er altså hele bunnplaten. Dette representerer en fastlåst komponent. Vi valgte så å laste denne komponenten med 40 N som tilsvarer vekten av toppstrukturen. Som sagt vil komponenten aldri oppleve denne belastningen i normal drift, men dette er et scenario hvor vi antar dette. Vi valgte da *External Loads* så *Force* og satte 40 N vertikalt ned på både toppflaten på braketten, men også etasjen under hvor mikrobryteren vil ligge. Dette satte vi som total kraft i innstillingene. Se figur 3.



Figur 3: Belastningssituasjon.

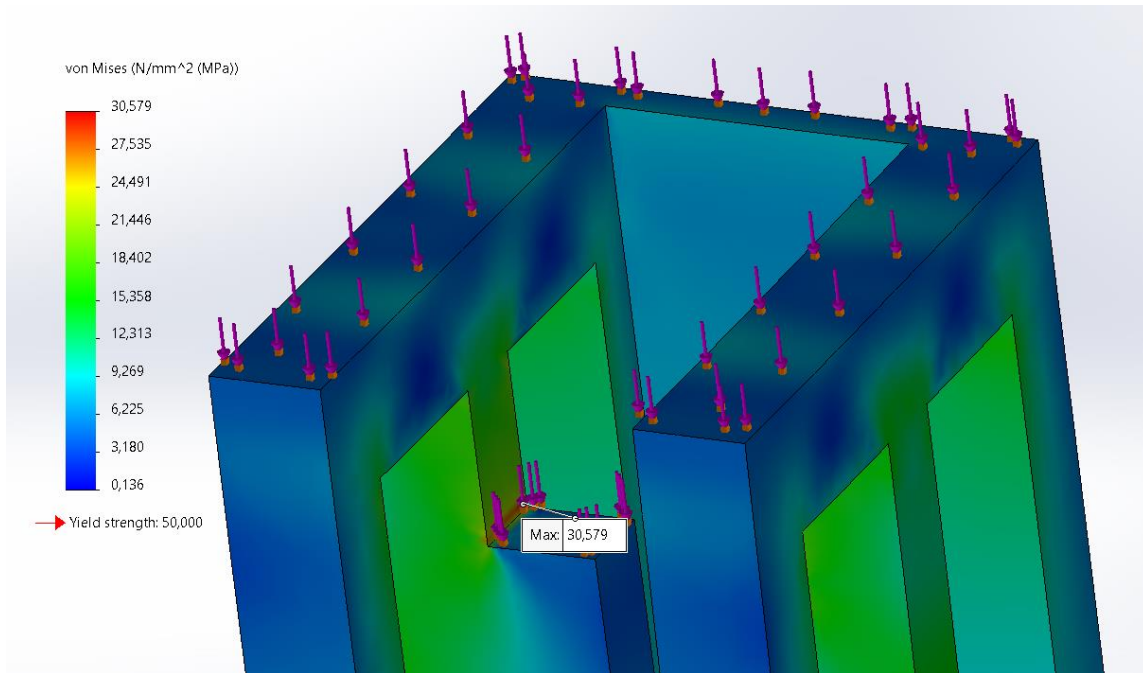
Vi valgte også å velge *mesh control* på de samme områdene hvor lasten er påført. Dette er med tanke på at dette er områder av interesse for å se nærmere på belastningen. Denne elementstørrelsen er på 0.27 mm. Dette ser man godt i figur 4. Andre steder på komponenten valgte vi grovt mesh der analysen hadde mindre betydning, her legger vi elementstørrelsen til 1.40 mm.



Figur 4: Mesh control på gitte flater.

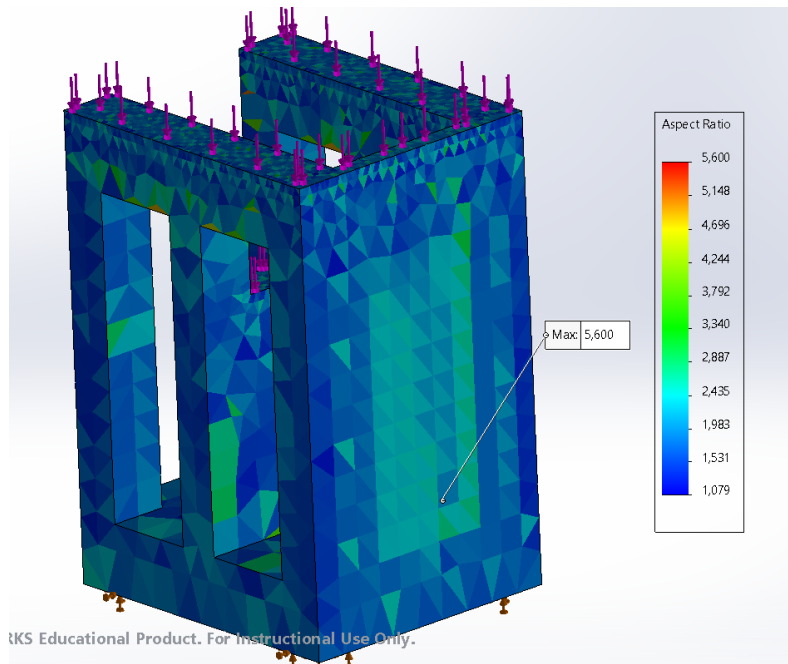
4. Resultater

Vi ser her at maks spenning på den oppgitte belastningssituasjonen er 30 MPa der mikrobryteren var i kontakt med braketten. Vi er da innenfor det elastiske området av spenning-tøyningskurven til PLA, og fikk bare en forlengelse på 0.13 mm. Vi kan se i *Factor of safety* plottet at vi ligger innenfor på en verdi som er 1.63.



Figur 5: Simulert resultat.

Vi kan også se at *Aspect Ratio* har størst verdi på 5,6 som man ser i figur 6. Dette er i et ikke-kritisk område og hvis vi ser på *Mesh Details*, er 98,7 % av alle elementer under tallet 3. så avgjørelsen om å ta et finere mesh i de kritiske områdene tilsa en god analyse som gir oss et sikkert resultat.



Figur 6: Aspect ratio

Aspect ratio kvantifiserer kvaliteten på elementene, der tallet 1 representerer et perfekt tetraeder. Og jo høyere tall, jo verre er denne formen på tetraederet. Referer til *mesh details* som er et vindu man får opp om detaljene rundt meshing. Her finner du prosenten av elementer under tallet 3 og under tallet 10.

Selv om et element har en verdi på et høyt tall (f.eks. tallet 8) så vil ikke dette ha noe å si når en høy prosent av elementene er under tallet 3. Disse er heller ikke samlet i belastningsområdet på grunn av *Mesh control* er påsatt.

5. Konklusjon

Vi ser at braketten overlever scenarioet vi har gitt den. Den skal ikke oppleve denne belastningen på en jevn basis, men det kan skje. Derfor er det greit å kjøre en analyse for å se at denne braketten ikke trenger å byttes om man skulle være uheldig og få til denne belastningssituasjonen.

6. Referanser

[1] Ultimaker, U. (2022, 20 april) Teknisk datablad. Hentet fra <https://support.ultimaker.com/hc/en-us/articles/360011962720-Ultimaker-PLA-TDS>

IR001 – Iterasjonsrapport, innledning

Dokumentbeskrivelse

Dette dokumentet beskriver gjennomføringen av innledningsfasen, oppgaver som ble gjort i iterasjonen og status for prosjektet.

Revisjon	Skrevet av	Dato	Godkjent av
A	Christoffer Mehren	24.02.2022	Simen Tråstadkjølen

Innhold

1. Introduksjon	2
2. Dokumenthistorie og referanser	2
2.1 Dokumenthistorie	2
2.2 Refererte dokumenter	2
3. Oversikt	3
3.1 Diagram	3
3.2 Timer per disiplin	3
4. Arbeidsoppgaver i iterasjonen	4

1. Introduksjon

Fase og iterasjon	Startdato	Sluttdato
Innledning	10.01.2022	21.01.2022
Mål for iterasjonen: Få en grunnleggende forståelse og struktur for prosjektet og hva som skal bygges. Her vil vi fordele grupperoller, lære oss prosjektstyringsverktøy og fastslå en relativ løsning og et passende startpunkt for prosjektet. Vi vil også lage maler, gruppeoversikter og diskutere og revidere kravene fra KDA.		
Milepæl	Dato	
Finne enighet i kravene i samarbeid med KDA.	21.01.2022	
Skrive under kontrakter fra skolen, KDA og lage intern gruppekontrakt.	21.01.2022	

2. Dokumenthistorie og referanser

2.1 Dokumenthistorie

Revisjon	Beskrivelse	Dato
A	Dokumentet ble opprettet.	21.02.2022

2.2 Refererte dokumenter

Tittel	Revisjon	Utgiver

3. Oversikt

3.1 Diagram

Oppgave	Side
Prosjektorganisering	
Kontrakter	5
Rollefordeling	5
Gruppeoversikt	6
Prosjektstyringsverktøy	6
Prosjektmodell og -plan	7
Produsere maler og logo	8
Filstruktur	10
Krav	
Kravspesifikasjon	8
Tankekart	11
Analyse og design	
Konsepter og ideer	9
Datakomponenter	10



3.2 Timer per disiplin

Denne iterasjonen ble gjennomført uten forhåndsestimering av timer. Timene under gjelder bare konkrete arbeidsoppgaver beskrevet i dette dokumentet. Diverse administrativt arbeid, møter og veiledning kommer i tillegg.

Disiplin	Faktiske timer	Estimerte timer
Prosjektorganisering	162	-
Krav	21,5	-
Analyse og design	46	-
Implementasjon	-	-
Testing	-	-
Totalt	229,5	-

4. Arbeidsoppgaver i iterasjonen

Status	Forklaring
Ferdig	Helt ferdig med oppgaven. Målet med oppgaven er oppnådd, ferdig med alle gjøremål og ferdig med alle leveranser.
Delvis ferdig	Nesten ferdig med oppgaven, bare mindre avvik fra en helt ferdig oppgave. Dette kan for eksempel være at litt mer arbeid er nødvendig for å ferdigstille eller godkjenne en leveranse.
Ikke ferdig	Ikke ferdig med oppgaven. Arbeidsoppgaven er for det meste utført, men det mangler enda en del arbeid før den er helt ferdig. Oppgaven må videreføres i neste iterasjon.
Ikke ferdig	Ikke ferdig med oppgaven. Arbeidsoppgaven er langt fra ferdig. Oppgaven må videreføres i neste iterasjon, og grep må bli tatt for å sikre at den blir utført.

D - Disiplin	Prosjekt-organisering	Krav	Analyse og design	Implementasjon	Testing	Møter	Presentasjon
--------------	-----------------------	------	-------------------	----------------	---------	-------	--------------

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Prosjektorganisering		Kontrakter		Alle	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
10.01.2022		21.01.2022		25 / -	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
4	5	4	4	4	4
Status		Kommentar			
Ferdig		Alle kontrakter er opprettet og underskrevet.			
Forklaring:					
Skrive og underskrive egen gruppekontrakt for internt bruk, og skrive under og få godkjent kontrakten fra USN og KDA.					
Gjøremål:					
<ul style="list-style-type: none"> • Skrive intern kontrakt for prosjektgruppen. • Underskrive intern kontrakt i prosjektgruppen. • Underskrive prosjektkontrakt fra USN. • Underskrive prosjektkontrakt og «Code of Conduct» fra KDA. 					
Leveranser:					
<ul style="list-style-type: none"> • 2 stykk: Bachelorprosjekt_2022_KDA_MiniLauncher.pdf • Underskrevet gruppekontrakt.pdf • 8 stykk: Prosjektkontrakt USN KDA 20202_general_Signert.pdf 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Prosjektorganisering		Rollefordeling		Alle	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
10.01.2022		21.01.2022		12 / -	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
2	2	2	2	2	2
Status		Kommentar			
Ferdig		Alle i gruppen har blitt tildelt tekniske og administrative roller.			
Forklaring:					
Fordele ansvar i roller som hver person skal ha. Det blir en prosjektrolle som personen har ansvar for.					

Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Fordele roller til områder i prosjektet med høy viktighet.
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • Ingen dokumenter. Vil bli brukt i gruppeoversikt.

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Prosjektorganisering		Gruppeoversikt		Tobias Nilsen	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
10.01.2022		21.01.2022		11 / -	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
-	-	-	-	-	11
Status		Kommentar			
Ferdig		Gruppeoversikten er ferdigstilt.			
Forklaring: Det skal skrives en gruppeoversikt som inneholder all nødvendig kontaktinformasjon til gruppemedlemmene med et bilde av hver person.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Samle kontaktinformasjon fra alle gruppemedlemmer. • Ta bilde av alle medlemmer. • Produsere gruppeoversikt. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • DOK003 - Kontaktinformasjon • DOK005 - Gruppefordeling Mini Launcher 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Prosjektorganisering		Prosjektstyringsverktøy		Alle	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
10.01.2022		21.01.2022		22 / -	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
4	5	4	1	4	4
Status		Kommentar			
Ferdig		Alle gjøremål er ferdige.			

<p>Forklaring:</p> <p>Undersøke forskjellige prosjektstyringsverktøy, og om dette kan være nyttig for vårt prosjekt. Se på oppgavefunksjon i Teams og JIRA.</p>
<p>Gjøremål:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Undersøke forskjellige digitale prosjektstyringsverktøy. • Bestemme oss for hvilket verktøy vi ønsker å benytte.
<p>Leveranser:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ingen dokumenter.

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Prosjektorganisering		Prosjektmodell og -plan		Alle	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
10.01.2022		21.01.2022		41,5 / -	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
4	5	15	8,5	5	4
Status		Kommentar			
Ferdig		Alle har lest om prosjektmodeller og det er en bedre forståelse i gruppen for hva det innebærer.			
<p>Forklaring:</p> <p>Lese om de forskjellige prosjektmodellene og se på fordeler og ulemper med dem. Få et overblikk over hvilke prosjektmodeller som finnes. Finne ut tydeligere hva som skiller modellene og hva som kan passe til vårt prosjekt.</p>					
<p>Gjøremål:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lese om prosjektmodeller. • Diskutere prosjektmodeller. 					
<p>Leveranser:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ingen dokumenter. 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Prosjektorganisering		Produsere maler og logo		Martin og Tobias	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
10.01.2022		21.01.2022		42,5 / -	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
2	-	6	5,5	8	21
Status		Kommentar			
Ferdig		Diverse maler har blitt utarbeidet og er klare for bruk videre i prosjektet. Logoer er lagt inn i alle dokumenter.			
Forklaring:					
Konstruere dokumentmaler og bygge opp en struktur for mapper og filnavn. Utarbeide en standard topptekest med logoer til alle dokumenter.					
Gjøremål:					
<ul style="list-style-type: none"> Lage et dokument med oversikt over alle filtyper og beskrivelser av disse. Produsere diverse dokumentmaler for prosjektet. Egne rapport-forkortelser for maskin, data og elektro. Legge inn logoer i forskjellige maler og gruppedokumenter. 					
Leveranser:					
<ul style="list-style-type: none"> MA000 - Mal for møteagenda. MN000 - Mal for møtenotat. MR000 - Mal for møtereferat. TL000 - Mal for timelister. FEM00 – Mal for FEM-rapport 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Krav		Kravspesifikasjon		Ole Christian	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
12.02.2022		21.02.2022		13,5 / -	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
5,5	-	4	4	-	-
Status		Kommentar			
Ferdig		Første revisjon av kravspesifikasjonen er laget og godkjent.			

<p>Forklaring:</p> <p>Det skal produseres en revidert kravspesifikasjon ut ifra tilsendte krav fra KDA. Dette dokumentet må godkjennes av KDA.</p>
<p>Gjøremål:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se igjennom krav fra KDA. • Revidere kravene. • Legge kravene inn i en kravspesifikasjon. • Få de reviderte kravene godkjent av KDA og intern veileder.
<p>Leveranser:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kravspesifikasjon rev 1

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Analyse og design		Konsepter og ideer		Alle	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
10.01.2022		21.01.2022		40 / -	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
5	7,5	9	10,5	8	7,5
Status		Kommentar			
Ferdig		Alle gjøremål er ferdige og leverte.			
<p>Forklaring:</p> <p>Utarbeide konsepter og ideer for prosjektet. Se på og komme med forslag til de forskjellige mekanismene/subsystemene.</p>					
<p>Gjøremål:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Forslag til avfyrimekanisme. • Forslag til rotasjonsmekanisme. • Forslag til elevasjonsmekanisme. • Forslag til strømforsyning. 					
<p>Leveranser:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ingen dokumenter 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Analyse og design		Datakomponenter		Ole Christian	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
10.01.2022		21.01.2022		6 / -	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
6	-	-	-	-	-
Status		Kommentar			
Ikke ferdig		Arbeid er påbegynt og vil bli fortsatt i neste iterasjon.			
Forklaring:					
Research om datakomponenter og programvare som skal brukes i prosjektet.					
Gjøre mål:					
<ul style="list-style-type: none"> • Research av mikrokontroller som skal brukes. • Research av hvilket program som GUI skal lages i. 					
Leveranser:					
<ul style="list-style-type: none"> • RD001 - Valg av komponenter og programvare 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Prosjektorganisering		Filstruktur		Martin og Simen	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
10.01.2022		21.01.2022		8 / -	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
-	-	-	-	8	-
Status		Kommentar			
Ferdig		En mappestruktur er opprettet og relevante dokumenttyper har fått referansekode.			
Forklaring:					
Opprettholde en god og oversiktlig filstruktur. Innføre en enkel måte å referere til dokumenter.					

Gjøremål:

- Opprette diverse hovedmapper.
- Opprette undermapper.
- Gi dokumenter koder.
- Opprette filstrukturinstruksdokument.
- Flytte dokumenter til riktig mapper.
- Rettskriving.

Leveranser:

- DOK002 - Instruksjoner for filstruktur og filnavn.

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Krav		Tankekart		Martin	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
10.01.2022		14.01.2022		8 / -	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
-	-	-	-	8	-
Status		Kommentar			
Ferdig		Tankekartet er ferdig.			

Forklaring:

Utarbeide tankekart for innhold, muligheter og ideer i «Project Mini Launcher».

Gjøremål:

- Lage et tankekart med ideer.

Leveranser:

- Tankekart

IR002 – Iterasjonsrapport, utdypning 1

Dokumentbeskrivelse

Dette dokumentet beskriver gjennomføringen av utdypning 1, oppgaver som blir gjort i iterasjonen og status for prosjektet.

Revisjon	Skrevet av	Dato	Godkjent av
A	Simen Tråstadjølen	25.02.22	John Kristiansen

Innhold

1. Introduksjon	2
2. Dokumenthistorie og referanser	2
2.1 Dokumenthistorie	2
2.2 Refererte dokumenter	2
3. Oversikt over iterasjonen	3
3.1 Diagram	3
3.2 Arbeidstimer	3
4. Arbeidsoppgaver i iterasjonen	4

1. Introduksjon

Fase og iterasjon	Startdato	Sluttdato
Utdypning 1	24.01.2022	11.02.2022
Mål for iterasjonen: Ha prosjektmodellen og prosjektplanen godt etablert. Her vil vi også starte med å etablere en grunnleggende arkitektur som systemet skal bygge på. Her vil vi begynne med research av hvert fagfelts komponenter og funksjoner. I tillegg skal presentasjon 1 gjennomføres.		
Milepæl	Dato	
Bestemme oss for, og begynne å bruke en prosjektmodell. Bruke denne som grunnlag for en prosjektplan.	11.02.2022	
Lage PowerPoint, manus og øve til presentasjon 1	11.02.2022	

2. Dokumenthistorie og referanser

2.1 Dokumenthistorie

Revisjon	Beskrivelse	Dato
A	Dokumentet ble opprettet.	24.02.2022

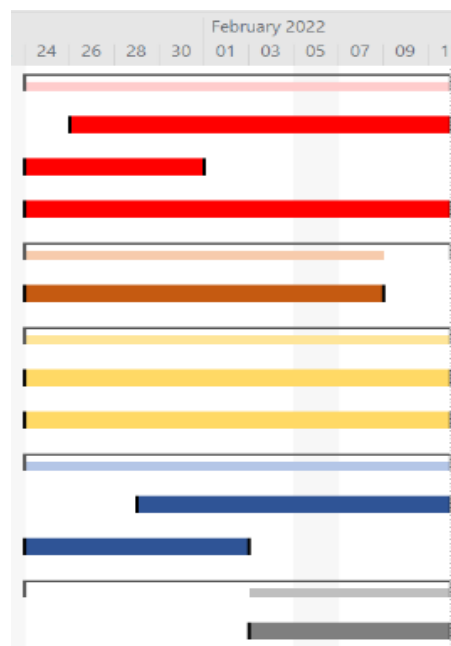
2.2 Refererte dokumenter

Tittel	Rev./Dato	Utgiver

3. Oversikt

3.1 Diagram

Oppgave	Side
Prosjektorganisering	
Prosjektmodell og -plan	5
Logo	5
Risikoanalyse	6
Krav	
Kravspesifikasjon	6
Analyse og design	
Systemdiagrammer	7
Research komponenter og konsepter	8
Testing	
Testplan	8
Testing Ethernet	9
Presentasjon	
Presentasjon 1	10



3.2 Timer per disiplin

Denne iterasjonen ble gjennomført uten forhåndsestimering av timer. Timene under gjelder bare konkrete arbeidsoppgaver beskrevet i dette dokumentet. Diverse administrativt arbeid, møter og veiledning kommer i tillegg.

Disiplin	Faktisk timeforbruk	Estimert timeforbruk
Prosjektorganisering	96,5	-
Krav	39,5	-
Analyse og design	59	-
Implementasjon	-	-
Testing	21	-
Presentasjoner	166,5	-
Totalt	382,5	-

4. Arbeidsoppgaver i iterasjonen

Status	Forklaring
Ferdig	Helt ferdig med oppgaven. Målet med oppgaven er oppnådd, ferdig med alle gjøremål og ferdig med alle leveranser.
Delvis ferdig	Nesten ferdig med oppgaven, bare mindre avvik fra en helt ferdig oppgave. Dette kan for eksempel være at litt mer arbeid er nødvendig for å ferdigstille en leveranse.
Ikke ferdig	Ikke ferdig med oppgaven. Arbeidsoppgaven er for det meste utført, men det mangler enda en del arbeid før den er helt ferdig. Oppgaven må videreføres i neste iterasjon.
Ikke ferdig	Ikke ferdig med oppgaven. Arbeidsoppgaven er langt fra ferdig. Oppgaven må videreføres i neste iterasjon, og grep må bli tatt for å sikre at den blir utført.

D - Disiplin	Prosjekt-organisering	Krav	Analyse og design	Implementasjon	Testing	Møter	Presentasjon
--------------	-----------------------	------	-------------------	----------------	---------	-------	--------------

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Prosjektorganisering		Prosjektmodell og -plan		John og Simen	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
26.01.2022		11.02.2022		71 / -	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
10	8	40	13	-	-
Status		Kommentar			
Ferdig		Prosjektmodell er valgt og en overordnet plan for prosjektet er klar.			
Forklaring:					
Lære om prosjektmodeller og velge prosjektmodell for vårt prosjekt. Legge en overordnet plan for fremdrift i prosjektet frem mot innlevering.					
Gjøremål:					
<ul style="list-style-type: none"> • Lære om prosjektmodeller. • Velge og skrive om valgt modell. • Utarbeide prosjektplan og lage diagram. • Skrive om prosjektplanen. 					
Leveranser:					
<ul style="list-style-type: none"> • PP001-A – Prosjektplan • FP001-A – Fremdriftsplan (GANTT-Diagram) • UPM01 – V2 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Prosjektorganisering		Logo		John og Ole Christian	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
24.01.2022		31.01.2022		10,5 / -	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
5,5	-	5	-	-	-
Status		Kommentar			
Ferdig		Logo ble laget av John.			
Forklaring:					
Gruppen skal ha en logo og navn som skal representere prosjektet. Logoen skal også brukes i dokumenter, presentasjoner og nettside.					

Gjøremål:

- Finne noen som kan lage logo til oss.
- Godkjenne logo.
- Bytte farge og størrelse på logo.
- Bruke logo på dokumenter.
- Lage logo til bordbrikke.

Leveranser:

- Logo for gruppen
- Logo til bordbrikke
- Mal med logoer for dokumenter

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Prosjektorganisering		Risikoanalyse		Tobias	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
24.01.2022		11.02.2022		15 / -	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
-	-	-	-	-	15
Status		Kommentar			
Delvis ferdig		Vil fortsette inn i Utdypning 2.			

Forklaring:

Risikoanalyse er et viktig verktøy i bachelorprosjektet. Dette er for å gjøre prosjektets medlemmer oppmerksomme på de forskjellige risikoene som prosjektet kan inneholde.

Gjøremål:

- Lage første utkast av risikoanalysen.
- Diskutere med gruppen.

Leveranser:

- RA001 Rev A - Risikoanalyse

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Krav		Kravspesifikasjon		Ole Christian, Simen og Christoffer	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
24.01.2022		08.02.2022		39,5 / -	

Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
10	10	8	8	3,5	-
Status		Kommentar			
Ferdig		Kravspesifikasjon revisjon A er ferdig. Underkrav/detaljkrav ble ikke brukt, basert på tilbakemelding fra veileder.			
Forklaring: Komme med tilbakemelding på krav gitt av KDA, og komme med forslag til underkrav/detaljkrav.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Diskutere kravene innad i gruppen og med ekstern og intern veileder. • Gjøre ønskelige/nødvendige endringer. • Lage forslag til underkrav/detaljkrav. • Diskutere underkrav/detaljkrav med veiledere. • Føre kravspesifikasjon inn i gruppens dokumentmal. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • KS001-A – Kravspesifikasjon 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Analyse og design		Systemdiagrammer		Christoffer, Ole Christian	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
24.01.2022		11.02.2022		6 / -	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
3	3	-	-	-	-
Status		Kommentar			
Ferdig					
Forklaring: Lage systemdiagrammer for å få oversikt over hvilke funksjoner som er nødvendige i systemet.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Lage preliminært systemdiagram. • Lage systemoversikt for maskin, data og elektro. 					

Leveranser:

- SD001 - Systemoversikt
- SD002 - Systemoversikt data
- SD003 - Systemoversikt maskin

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Analyse og design		Research komponenter og konsepter		Hele gruppen	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
24.01.2022		11.02.2022		53 / -	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
8	10	10	8,5	8,5	8
Status		Kommentar			
Ferdig					
Forklaring: Se på tilgjengelighet av ulike komponenter som trengs til systemet. Se på dimensjoner og plass i systemet i ulike skalaer/størrelser, da dette bestemmer hvilke komponenter som kan benyttes. Se på ulike konsepter for å oppnå ønsket funksjonalitet.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Lage tegninger og enkle 3D-modeller for å vise plass i skala 1:20 og 1:15. • Research mekaniske komponenter. • Research elektriske komponenter. • Research komponenter og programmer til datadel. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • RD001 - Valg av komponenter og programvare 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Testing		Testplan		Martin	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
29.01.2022		11.02.2022		15 / -	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
-	-	-	-	15	-
Status		Kommentar			

Ferdig	Testplan er opprettet.
Forklaring: Utarbeide en testplan som beskriver hvordan vi ønsker å teste kravene i slutten av prosjektet. Beskrivelse av type tester, hvordan tester skal dokumenteres og hvilke tester som skal gjennomføres.	
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Utarbeide testplan. • Opprette testoversikt med test-ID. • Lage mal for gjennomført test. • Lag mal for planlagte tester, samt fremgangsmåten og kriteriene for å kunne gjennomføre den. 	
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • TP001-A – Testplan 	

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Testing		Testing Ethernet		Ole Christian	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
24.01.2022		02.02.2022		6 / -	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
6	-	-	-	-	-
Status		Kommentar			
Ferdig					
Forklaring: Test av kommunikasjon fra en ekstern-PC til Ardiuno via Ethernetkabel.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Velge en mikrokontroller. • Kjøpe Ethernetadapter. • Teste kommunikasjon. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • Bekreftet funksjonalitet av kommunikasjon mellom PC og Arduino via Ethernet • RD001 - Valg av komponenter og programvare 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Presentasjoner		Presentasjon 1		Hele gruppen	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
03.02.2022		11.02.2022		166,5 / -	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
40,5	22,5	27	26,5	25	25
Status		Kommentar			
Ferdig		Presentasjon 1 er gjennomført.			
Forklaring: Forberede og gjennomføre presentasjon 1.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Skrive manus til presentasjon 1. • Lage PowerPoint. • Lage modeller og grafikk til Power Point • Øve til presentasjon. • Gjennomføre presentasjon. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • Presentasjon 1 					

IR002 – Iterasjonsrapport, utdypning 2

Dokumentbeskrivelse

Dette dokumentet beskriver gjennomføringen av utdypning 2, oppgaver som ble gjort i iterasjonen og status for prosjektet.

Revisjon	Skrevet av	Dato	Godkjent av
A	John Kristiansen	04.03.22	Simen Tråstadkjølen

Innhold

1. Introduksjon	2
2. Dokumenthistorie og referanser	2
2.1 Dokumenthistorie	2
2.2 Refererte dokumenter	2
3. Oversikt over iterasjonen	3
3.1 Innhold og diagram	3
3.2 Timeestimat per disiplin	3
4. Arbeidsoppgaver i iterasjonen	4

1. Introduksjon

Fase og iterasjon	Startdato	Sluttdato
Utdypning 2	11.02.22	04.03.22
Mål for iterasjonen:		
Ha et klart bilde av hva vi skal bygge. Det vil si at vi skal være ferdige med å utarbeide en arkitektur og ha gjort konseptvalg. Vi vil ferdigstille kravspesifikasjonen og se på use cases. Vi vil også utarbeide en mer detaljert testplan og risikoanalyse. Vi vil utføre separat testing av prinsipper/konsepter.		
Milepæl	Dato	
Innkjøpsplan	01.03.2022	
Konseptvalg	04.03.2022	

2. Dokumenthistorie og referanser

2.1 Dokumenthistorie

Revisjon	Beskrivelse	Dato
A	Nyopprettet	17.02.2022

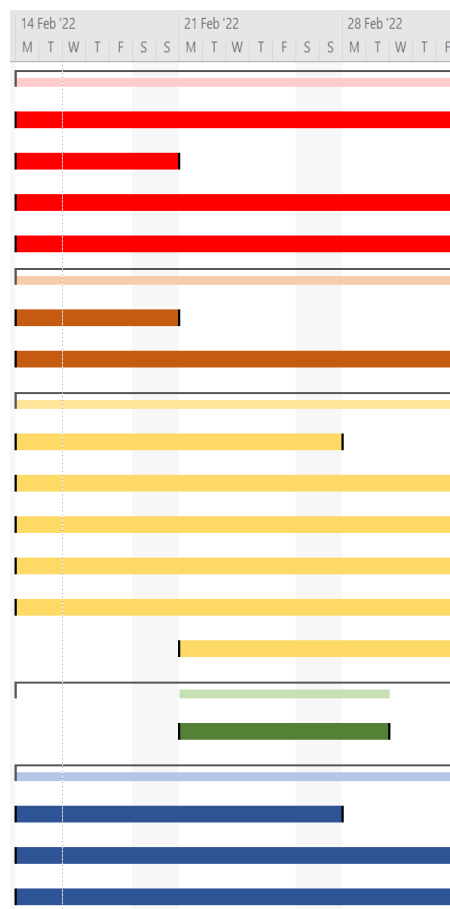
2.2 Refererte dokumenter

Tittel	Rev./Dato	Utgiver

3. Oversikt

3.1 Diagram

Prosjektorganisering	Side
Iterasjonsrapport og -plan	5
Oppfølgingsdokument og timelister	5
Risikoanalyse	6
Nettside	6
Krav	
Revidere kravspesifikasjon	7
Lage use cases	8
Analyse og design	
Systemarkitektur	8
Research 3D-print	9
Mekaniske konsepter	10
Valg av komponenter og programmer til datadel	11
Elektriske konsepter	11
Research servokontroll	12
Implementasjon	
Innkjøpsplan	13
Testing	
Revidere testplan	14
Research avfyring av prosjektiler	14
Test av GUI, Ethernet og mikrokontroller	15



3.2 Timer per disiplin

Timene under gjelder bare konkrete arbeidsoppgaver beskrevet i dette dokumentet. Diverse administrativt arbeid, møter og veiledning kommer i tillegg.

Disiplin	Faktisk timeforbruk	Estimert timeforbruk
Prosjektorganisering	104	50
Krav	19	10
Analyse og design	215.5	220
Implementasjon	10	20
Testing	59	60
Presentasjoner	-	-
Totalt	407.5	360

4. Arbeidsoppgaver i iterasjonen

Status	Forklaring
Ferdig	Helt ferdig med oppgaven. Målet med oppgaven er oppnådd, ferdig med alle gjøremål og ferdig med alle leveranser.
Delvis ferdig	Nesten ferdig med oppgaven, bare mindre avvik fra en helt ferdig oppgave. Dette kan for eksempel være at litt mer arbeid er nødvendig for å ferdigstille en leveranse.
Ikke ferdig	Ikke ferdig med oppgaven. Arbeidsoppgaven er for det meste utført, men det mangler enda en del arbeid før den er helt ferdig. Oppgaven må videreføres i neste iterasjon.
Ikke ferdig	Ikke ferdig med oppgaven. Arbeidsoppgaven er langt fra ferdig. Oppgaven må videreføres i neste iterasjon, og grep må bli tatt for å sikre at den blir utført.

D - Disiplin	Prosjekt-organisering	Krav	Analyse og design	Implementasjon	Testing	Møter	Presentasjon
--------------	-----------------------	------	-------------------	----------------	---------	-------	--------------

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Prosjektorganisering		Iterasjonsrapport og -plan		Hele gruppen	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
14.02.2022		04.03.2022		66,5 / 20	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
11,5	11	10	15	9	10
Status		Kommentar			
Ferdig		Iterasjonsrapporter for tidligere iterasjoner er skrevet. Plan for konstruksjon 1 er utarbeidet. Alle dokumenter er fargekodet.			
Forklaring: Plan for denne iterasjonen: Utdypning 2, rapport for iterasjonene: Utdypning 1, Utdypning 2 og Innledning og plan for neste iterasjon: Konstruksjon 1.					
Gjøremål:					
<ul style="list-style-type: none"> Felles diskusjon og arbeid. Konstruere maler og ferdigstille dokumenter. 					
Leveranser:					
<ul style="list-style-type: none"> IP001 - Iterasjonsplan, Utdypning 2 IR001 - Iterasjonsrapport, Innledning IR002 - Iterasjonsrapport, Utdypning 1 IR003 - Iterasjonsrapport, Utdypning 2 IP002 - Iterasjonsplan, Konstruksjon 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Prosjektorganisering		Oppfølgingsdokument og timelister		John	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
14.02.2022		20.02.2022		20 / 10	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
5,5	2	10	2,5	-	-
Status		Kommentar			
Ferdig		Nytt oppfølgingsdokument er ferdig og tatt i bruk. Fargekoder fra Unified Process benyttes.			

Forklaring:

Lage nytt oppsett for timelister og oppfølgingsdokument for å lettere kunne se sammenhengen mellom antall timer og hvilket arbeid som er gjort.

Gjøremål:

- Felles møte angående endringer.
- Gjøre endringer i oppfølgingsdokument.
- Gjøre endringer i timelistedokument.
- Gå igjennom med gruppa.

Leveranser:

- Mal for oppfølgingsdokument
- Mal for timelister

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Prosjektorganisering		Risikoanalyse		Tobias og Christoffer	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
14.02.2022		04.03.2022		9,5 / 5	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
-	1	-	-	1	7,5
Status		Kommentar			
Ferdig		Risikoanalysen er skrevet og godkjent.			

Forklaring:

Utarbeide oversikt over tekniske og ikke-tekniske risikoer i forbindelse med prosjektet.

Gjøremål:

- Lage risikoanalyse.
- Gå igjennom med gruppa.

Leveranser:

RA001-A – Risikoanalyse

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Prosjektorganisering		Nettside		Ole Christian	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	

14.02.2022		04.03.2022		8 / 15	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
8	-	-	-	-	-
Status		Kommentar			
Ferdig		Alle gjøremål er gjort. Nettsiden skal oppdateres videre i prosjektet.			
Forklaring: En nettside for gruppen vil bli laget og lagt ut på gruppeområde vi har fått tildelt.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Velge plattform for utvikling. • Planlegge innhold. • Lage en grunnleggende struktur. • Legge inn tekst og bilder. • Legge ut nettsiden på gruppeområde. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • En nettside for gruppen som kan oppdateres videre i prosjektet. Nettsiden vil bli tilgjengelig på: https://itfag.usn.no/grupper/D10-22/ • DOK009 – Nettside 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Krav		Revidere kravspesifikasjon		Ole Christian og Martin	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
14.02.2022		20.02.2022		2 / 5	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
1	-	-	-	1	-
Status		Kommentar			
Ferdig		Alle gjøremål er gjort.			
Forklaring: Revidere kravspesifikasjon basert på innspill fra KDA og gruppen.					

Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Legge til endringer basert på diskusjon med KDA. • Godkjennes av Martin.
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • KS001-B – Kravspesifikasjon

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Krav		Lage use cases		Ole Christian og John	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
14.02.2022		04.03.2022		17 / 5	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
15	-	2	-	-	-
Status		Kommentar			
Ferdig		Alle gjøremål er ferdige. Oppgaven krevde mer arbeid enn antatt fordi det måtte lages sekvensdiagrammer og tilhørende dokumentasjon. Se SD005 - Use Cases.			

Forklaring: Utarbeide use cases for å lære om krav og funksjonalitet i systemet.
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Lage use case-diagram.
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • Use case-diagram

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Analyse og design		Systemarkitektur		Christoffer og Simen	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
14.02.2022		27.02.2022		7 / 20	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
-	2	-	5	-	-
Status		Kommentar			

Delvis ferdig	Diagram for systemarkitektur er laget. På oversikt/liste over grensesnitt mellom komponenter gjenstår noe arbeid.
Forklaring: Utarbeide systemarkitektur. Lage diagram som viser funksjonelle komponenter og oversikt over grensesnitt mellom komponenter.	
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Diskusjon/møte med gruppen. • Lage systemarkitekturdiagram. • Lage oversikt over grensesnitt. • Gå igjennom med gruppen. 	
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • SD001-A – Systemarkitektur • SD002-A – Oversikt grensesnitt 	

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Analyse og Design		Research 3D-print		Tobias og Martin	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
14.02.2022		04.03.2022		31,5 / 50	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
-	-	-	-	4,5	27
Status		Kommentar			
Delvis ferdig		Sykdom førte til utsettelse i arbeid. Estimert arbeid igjen: 5 timer.			
Forklaring: Utarbeide rapport for 3D-printing. Se på overflate-finish, hullavvik og lignende.					

Gjøremål:

- Spørre Richard om 3D-modell for strekktest.
- Modellere testbit for sirkeltoleranser.
- 3D-printe testbit for sirkeltoleranser.
- Modellere plan modell for å teste overflatebearbeiding.
- Teste lakk over overflate-finish.
- Modellere buet testbit for å teste overflatebearbeiding.
- Måle hullavvik.
- Skrive rapport.

Leveranser:

- RM002-A – Rapport 3D-print

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Analyse og Design		Mekaniske konsepter		Simen, Tobias og Martin	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
14.02.2022		04.03.2022		86,5 / 50	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
-	-	-	27	37	22,5
Status		Kommentar			
Delvis ferdig		Utarbeidet, vurdert og dokumentert konsepter og valg for prototype 1. Noe arbeid med 3D-modellering er gjort, men vi hadde håpet på å få med noen flere detaljer enn vi fikk til i denne iterasjonen.			

Forklaring:

Utarbeide konsepter for avfyring, rotasjon og elevasjon.

Gjøremål:

- Research på mekanismer.
- Lage skisser.
- Lage enkel 3D modell.
- Velge konsept.
- Skrive utviklingslogg for de tre mekanismene.

Leveranser:

- Preliminær 3D-modell
- ML001-A – Utviklingslogg, elevasjon
- ML002-A – Utviklingslogg, rotasjon
- ML003-A – Utviklingslogg, avfiring

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Analyse og Design		Valg av komponenter og programmer til datadel		Ole Christian	
Startdato		Slutt dato		Timer (faktisk/estimert)	
14.02.2022		04.03.2022		11 / 20	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
11	-	-	-	-	-
Status		Kommentar			
Ferdig		Alle gjøremål er ferdige. Utviklingsloggene er ikke laget grunnet at utviklingen ikke har startet. Utviklingsloggene blir flyttet til neste fase.			
Forklaring:					
Research og valg av mikrokontroller, Ethernetadapter og program for å lage GUI. Valg vil bli gjort ved PUGH-matriser.					
Gjøremål:					
<ul style="list-style-type: none"> • Velge en mikrokontroller. • Velge en IDE. • Velge en Ethernetadapter. • Velge program for GUI. • Sette inn komponenter i innkjøpsplan. 					
Leveranser:					
<ul style="list-style-type: none"> • DL001-A – Utviklingslogg, programmering • DL002-A – Utviklingslogg, GUI • RD001-A – Valg av komponenter og programvare 					

Disiplin	Oppgave	Ansvarlig
Analyse og design	Elektriske konsepter	Christoffer og John

Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
14.02.2022		04.03.2022		69,5 / 50	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
-	34,5	35	-	-	-
Status		Kommentar			
Ferdig		Utviklingslogg for strømforsyning er ferdig. BMS viste seg å være en stor oppgave, så dette er flyttet til en senere iterasjon. Det ble i tillegg skrevet en utviklingslogg for motorer og regulering.			
Forklaring:					
Utarbeide konsepter rundt avfyring, rotasjon og elevasjon.					
Gjøremål:					
<ul style="list-style-type: none"> • Research på komponenter. • Finne ut krav til strømforsyning. • Lage en enkel kretstegning av strømforsyningen. • Research rundt Battery Management System (BMS). • Finne ut om vi skal kjøpe eller lage BMS. • Skrive utviklingslogg. 					
Leveranser:					
<ul style="list-style-type: none"> • EL001-A – Utviklingslogg, strømforsyning • EL002-A – Utviklingslogg, motorer og regulering 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Analyse og design		Research servokontroll		Christoffer og John	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
14.02.2022		04.03.2022		10 / 30	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
-	5	5	-	-	-
Status		Kommentar			
Ikke ferdig		Oppgaven ble bortprioritert, og falt deretter bort grunnet motorvalget vi har gjort. Oppgaven kommer tilbake i en senere iterasjon som research rundt reduksjon av rykk.			

Forklaring: Finne ut hvordan man kontrollerer servomotorer på en rask og nøyaktig måte.
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Lese i bok: <i>Modeling and High-Performance Control of Electric Machines</i>. • Simulere servokontroll i Simulink. • Skrive rapport for simuleringsresultatene.
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • Simuleringsrapport for servokontroll (Ikke levert)

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Implementasjon		Innkjøpsplan		Tobias, Ole Christian, John	
Startdato		Sluttdato		Timer(faktisk/estimert)	
21.02.2022		01.03.2022		10 / 20	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
1	2	1	-	-	6
Status		Kommentar			
Delvis ferdig		Innkjøpsplanen er ferdig laget, men ikke alle komponenter er lagt inn. Hver enkelt person må legge inn sine kjøp for komponenter de skal ha til sitt design.			

Forklaring: Tverrfaglig innkjøpsplan som utarbeides av én fra hver fagretning.
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Få oversikt over hvilke deler man trenger til prototype 1. • Lage en total innkjøpsplan med hvor mye komponenter koster til sammen. • Ha med lenker til sider hvor komponentene kan kjøpes.
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • KP001-A – Innkjøpsplan

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Testing		Revidere testplan		Martin og Christoffer	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
14.02.2022		27.02.2022		21 / 10	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
2,5	2,5	-	2	14	-
Status		Kommentar			
Ferdig		TP001 - Testplan revisjon C er levert.			
Forklaring:					
Revidere testplan basert på tilbakemelding fra veiledere og sensorer.					
Gjøremål:					
<ul style="list-style-type: none"> • Research på testplan. • Gjøre endringer. • Gå gjennom i plenum. • Godkjennes av Christoffer. 					
Leveranser:					
<ul style="list-style-type: none"> • TP001-B – Testplan • TP001-C – Testplan 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Testing		Research avfiring av prosjektiler		Martin og Simen	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
14.02.2022		04.03.2022		36 / 30	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
-	-	-	20	15	1
Status		Kommentar			
Ferdig		Alle gjøremål er gjort og godkjent, rapport ferdig.			
Forklaring:					
Undersøke nøyaktighet og utskytingshastighet med forskjellige prosjektiler.					

Gjøremål:

- 3D-modellere forskjellige prosjektiler.
- Lage prosjektiler.
- Lage testtrigg.
- Teste avfiring av prosjektiler i testtrigg.
- Skrive rapport.

Leveranser:

- RM004 – Rapport prosjektilavfiringstesting

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Testing		Test av GUI, Ethernet og mikrokontroller		Ole Christian	
Startdato		Slutt dato		Timer (faktisk/estimert)	
14.02.2022		04.03.2022		2 / 20	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
2	-	-	-	-	-
Status		Kommentar			
Ikke ferdig		Oppgaven ble nedprioritert. GUI ble ikke laget grunnet usikkerhet om hvilket program som skulle brukes. Annet program er valgt etter ønske fra KDA. Enkel test av Ethernet er utført. Oppgaven blir flyttet til neste iterasjon.			
Forklaring:					
Kode for å teste GUI, Ethernet og mikrokontroller. Tester vil bli gjennomført både på komponenter hver for seg og komponenter sammen.					
Gjøremål:					
<ul style="list-style-type: none"> • Teste Ethernet-kommunikasjon. • Teste funksjoner i en enkel GUI. 					
Leveranser:					
<ul style="list-style-type: none"> • DL001-A – Utviklingslogg, programmering • DL002-A – Utviklingslogg, GUI 					

IR004 – Iterasjonsrapport, Konstruksjon 1

Dokumentbeskrivelse

Dette dokumentet beskriver gjennomføringen av iterasjon Konstruksjon 1, oppgaver som ble gjort i iterasjonen og status for prosjektet.

Revisjon	Skrevet av	Dato	Godkjent av
A	Martin Slettedal	19.03.2022	John Kristiansen

Innhold

1. Introduksjon	2
2. Dokumenthistorie og referanser	2
2.1 Dokumenthistorie	2
2.2 Refererte dokumenter	2
3. Oversikt over iterasjonen	3
3.1 Diagram	3
3.2 Timer per disiplin	3
4. Arbeidsoppgaver i iterasjonen	4

1. Introduksjon

Fase og iterasjon	Startdato	Sluttdato
Konstruksjon 1	04.03.2022	18.03.2022
Mål for iterasjonen: Denne iterasjonen blir to uker lang på grunn av presentasjon 2. Neste iterasjon vil baseres på tilbakemeldingene fra presentasjon 2. Denne iterasjonen vil fokusere på å lage et prøveoppsett som skal vises fram på presentasjonen. Dette prøveoppsettet vil også danne grunnlaget for videre arbeid på den første prototypen.		
Milepæl	Dato	
Fysisk prøveoppsett	17.03.2022	
Presentasjon 2	18.03.2022	

2. Dokumenthistorie og referanser

2.1 Dokumenthistorie

Revisjon	Beskrivelse	Dato
A	Dokumentet ble opprettet	29.03.2022

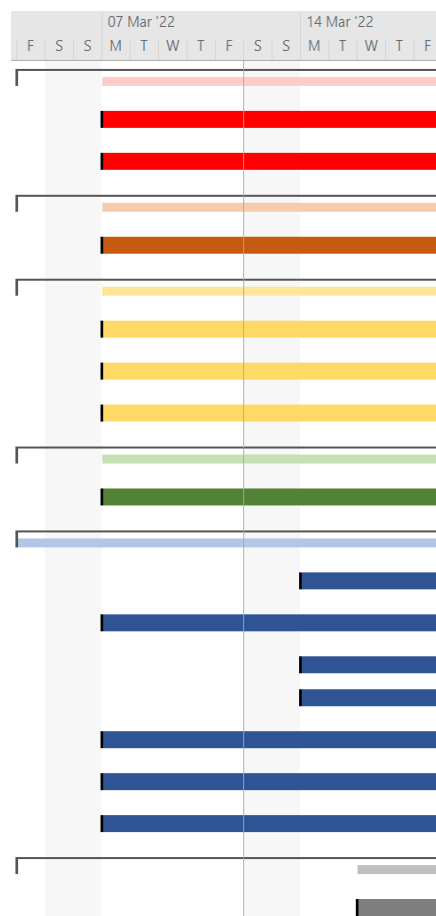
2.2 Refererte dokumenter

Tittel	Rev./Dato	Utgiver

3. Oversikt over iterasjonen

3.1 Diagram

Prosjektorganisering	Side
Iterasjonsrapport og -plan	4
Nettside	4
Krav	
Kravspesifikasjon	5
Analyse og design	
Mekanisk design	5
GUI	6
Designe reguleringssløyfe og strømforsyning	6
Implementasjon	
Bygge prøveoppsett	7
Testing	
Teste rotasjonsmekanismen	7
Test av GUI, Ethernet og mikrokontroller	8
Teste avfyring	8
Teste elevasjonsmekanismen	9
Test av motor og regulering	9
Test av strømforsyning	10
Research 3D-print	10
Presentasjoner	
Presentasjon 2	11



3.2 Timer per disiplin

Timene under gjelder bare konkrete arbeidsoppgaver beskrevet i dette dokumentet. Diverse administrativt arbeid, møter og veiledning kommer i tillegg.

Disiplin	Faktiske timer	Estimerte timer
Prosjektorganisering	27,5	15
Krav	2	5
Analyse og design	117	105
Implementasjon	10,5	60
Testing	16	45
Presentasjon	168	100
Totalt	341	330

4. Arbeidsoppgaver i iterasjonen

Status	Forklaring
Ferdig	Helt ferdig med oppgaven. Målet med oppgaven er oppnådd, ferdig med alle gjøremål og ferdig med alle leveranser.
Delvis ferdig	Nesten ferdig med oppgaven, bare mindre avvik fra en helt ferdig oppgave. Dette kan for eksempel være at litt mer arbeid er nødvendig for å ferdigstille en leveranse. Dette oppgis i prosent av ferdig.
Ikke ferdig	Ikke ferdig med oppgaven. Arbeidsoppgaven er langt fra ferdig. Oppgaven må videreføres i neste iterasjon, og grep må bli tatt for å sikre at den blir utført.

D - Disiplin	Prosjekt-organisering	Krav	Analyse og design	Implementasjon	Testing	Møter	Presentasjon
--------------	-----------------------	------	-------------------	----------------	---------	-------	--------------

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Prosjektorganisering		Iterasjonsrapport og -plan		Hele gruppen	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
07.03.2022		18.03.2022		24,5 / 10	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
7	5	5	1	1,5	5
Status		Kommentar			
Ferdig					
Forklaring: Skrive rapport for konstruksjon 1 og plan for konstruksjon 2.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> Felles diskusjon og arbeid. Konstruere maler og ferdigstille dokumenter. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> IR004 - Iterasjonsrapport, Konstruksjon 1 IP003 - Iterasjonsplan, Konstruksjon 2 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Prosjektorganisering		Nettside		Ole Christian	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
07.03.2022		18.03.2022		3 / 5	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
3	-	-	-	-	-
Status		Kommentar			
Delvis ferdig - 75%		<p>Fikset feil. Nettsiden har fått flere blogginnlegg.</p> <p>Det er ikke opprettet en «Om prosjektet» side fordi oppgaven har blitt nedprioritert. Oppgaven vil bli fortsatt i neste iterasjon.</p>			
<p>Forklaring: Oppdatere nettside med ny bloggpost og legge til mer informasjon.</p>					
<p>Gjøremål:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fikse feil med nettside (Skrivefeil og feilinformasjon). • Lage en «Om prosjektet» side. • Lage en ny blogg. 					
<p>Leveranser:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oppdatert nettside: https://itfag.usn.no/grupper/D10-22/ 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Krav		Kravspesifikasjon		Ole Christian	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
07.03.2022		18.03.2022		2 / 5	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
2	-	-	-	-	-
Status		Kommentar			
Ferdig		Feilene i kravspesifikasjonen er rettet.			

Forklaring: Rette feil i kravspesifikasjonen. Feilene er blant annet at Test-ID er feil på noen av kravene.
Gjøre mål: <ul style="list-style-type: none"> • Identifisere feilene. • Rette feilene. • Godkjenne dokumentet.
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • KS001-B - Kravspesifikasjon

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Analyse og Design		Mekanisk design		Simen, Tobias og Martin	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
07.03.2022		18.03.2022		97 / 60	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
-	-	-	23,5	21	52,5
Status		Kommentar			
Delvis ferdig – 75%		En del utarbeiding av detaljer gjenstår.			

Forklaring: Design av mekanismer og oppbygning av første prototype.
Gjøre mål: <ul style="list-style-type: none"> • Design basert på konseptvalg. • Velge komponenter. • Lage 3D-modell. • Skrive videre på utviklingslogger.
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • 3D-modell • Material- og komponentliste • ML001-B – Utviklingslogg, elevasjon • ML002-B – Utviklingslogg, rotasjon • ML003-B – Utviklingslogg, avfyring

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Analyse og Design		GUI		Ole Christian	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
07.03.2022		18.03.2022		10 / 15	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
10	-	-	-	-	-
Status		Kommentar			
Delvis ferdig - 80%		Utviklingsloggen er påbegynt. Resten er ferdig.			
Forklaring: Det er gjort et valg om å bytte hvilket program GUI-en skal designes med. Programmet må læres mer om, før det kan gås videre med å lage et design for brukergrensesnittet.					
Gjøre mål: <ul style="list-style-type: none"> • Lære om Qt Creator. • Lage første iterasjon av GUI. • Få GUI til å kommunisere med Arduino gjennom Ethernet. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • Et grunnleggende GUI som kan brukes til testingD • DL002-A – Utviklingslogg GUI 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Analyse og Design		Designere reguleringsløyfe og strømforsyning		Christoffer og John	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
07.03.2022		18.03.2022		10/ 30	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
-	8	2	-	-	-
Status		Kommentar			
Delvis ferdig – 30%		Noe av tiden gikk til å se på deteksjon av prosjektiler, men regulering er påstartet i kode.			

Forklaring:

Det må designes en reguleringsløye som skal brukes i prøveoppsettet og en midlertidig løsning for strømtilførsel. Om det er tid til det kan det ses på minimering av rykk, spesielt i rotasjonsmekanismen.

Gjøremål:

- Design reguleringsløyfe til prøveoppsett.
- Design strømforsyning til prøveoppsett.
- Gjør forbedringer på reguleringsløyfen for å redusere rykk.

Leveranser:

- EL001-B – Utviklingslogg, strømforsyning
- EL002-B – Utviklingslogg, motorer og regulering

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Implementasjon		Bygge prøveoppsett		Hele gruppen	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
07.03.2022		18.03.2022		10,5 / 60	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
2	1,5	2	1	2	2
Status		Kommentar			
Delvis ferdig – 30%		Innkjøpt komponenter til oppgaven, men ikke påbegynt arbeid. Fikk laget et prøveoppsett for avfiring og GUI som ble brukt på presentasjon 2.			

Forklaring:

Vi ønsker å vise frem et fysisk produkt på presentasjon 2, slik at både sensor og veiledere kan få en forståelse på hva slags konsepter vi har gått for. Vi ønsker å kunne gjenbruke mekanismene til dette prøveoppsettet videre i prototype 1.

Gjøremål:

- Implementere mekanismene med elmotor og kode.
- Implementere oppsettet med strømforsyning.
- Montere de mekaniske mekanismene i prøveoppsettet.
- Koble GUI til oppsettet.
- Gjør justeringer på reguleringsløyffene.

Leveranser:

- Fysisk prøveoppsett

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Testing		Teste rotasjonsmekanismen		Martin	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
14.03.2022		18.03.2022		0 / 10	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
-	-	-	-	-	-
Status		Kommentar			
Ikke ferdig		Ikke påbegynt, mangel på komponenter. Endte med at dette ikke ble ideelt å lage siden vi måtte bruke den korte tiden vi har på å lage presentasjon og gjøre ferdig dokumentasjonen før dette.			
Forklaring: Lage testoppsett for å kunne teste hvordan og om valgt rotasjonsmekanisme er god. Testen vil bli gjennomført uten de andre mekanismene. Testen sammen med de andre mekanismene skjer senere etter ast denne er godkjent.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Bestille inn komponenter (tannhjul) • Bygge testtrigg med kryssfiner/laserkutta plate som utgangspunkt. • Bygge opp rotasjonsmekanismen. • Gjennomføre testing av rotasjonsmekanismen. • Skrive en kort testrapport. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • RM006 – Rapport, test av rotasjonsmekanisme 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Testing		Test av GUI, Ethernet og mikrokontroller		Ole Christian	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
07.03.2022		18.03.2022		3 / 10	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias

3	-	-	-	-	-
Status		Kommentar			
Delvis ferdig – 80%		Testene er fullført, men er ikke dokumentert i loggene.			
Forklaring: Lage kode for å teste GUI, Ethernet og mikrokontroller. Tester vil bli gjennomført både på komponenter hver for seg og komponenter sammen.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Teste Ethernet-kommunikasjon. • Teste funksjoner i en enkel GUI. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • DL001-A – Utviklingslogg mikrokontroller • DL002-A – Utviklingslogg GUI 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Testing		Teste avfyring		Simen	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
14.03.2022		18.03.2022		0 / 10	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
-	-	-	-	-	-
Status		Kommentar			
Ikke ferdig		Ikke påbegynt.			
Forklaring: Test avfyringsmekanisme.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Gjennomføre testing. • Skrive en kort testrapport. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • RM007 – Rapport, avfyring 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Testing		Teste elevasjonsmekanismen		Tobias	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
14.03.2022		18.03.2022		0 / 10	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
-	-	-	-	-	-
Status		Kommentar			
Ikke ferdig		Ikke påbegynt, mangel på komponenter. Endte med at dette ikke ble ideelt å lage siden vi måtte bruke den korte tiden vi har på å lage presentasjon og gjøre ferdig dokumentasjonen før dette.			
Forklaring: Lage testoppsett for å kunne teste hvordan og om valgt rotasjonsmekanisme er god. Testen vil bli gjennomført uten de andre mekanismene. Testen sammen med de andre mekanismene skjer senere etter ast denne er godkjent. Lage et overordnet testoppsett for å kunne kartlegge hvordan de utvalgte komponentene i forbindelse med snekkedriften fungerer sammen. Testen vil bli utført isolert. Etter dette er gjort skal dette implementeres inn i oppgaven «bygge prøveoppsett».					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Bestille inn komponenter (snekkedriftmekanismen) • Bygge testtrigg ved hjelp av laserkutter laserkutta plate som utgangspunkt. • Bygge opp elevasjonsmekanismen implementert i testtrigg. • Gjennomføre testing av elevasjonsmekanismen. • Skrive en kort testrapport. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • RM008 – Rapport, test av elevasjonsmekanisme 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Testing		Test av motor og regulering		Christoffer	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
07.03.2022		18.03.2022		7,5 / 10	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
-	7,5	-	-	-	-
Status		Kommentar			
Delvis ferdig – 40%		Har ikke testet med motor med regulering. Kode er skrevet for åpen-sløyfe styring av steppermotor.			
Forklaring:					
Lage rigg for testing av styring av motor med rotasjonsenkoder. Skrive kode for styring av motor og avlesning av rotasjonsenkoder. Teste regulering og finpusse parametere for optimal ytelse.					
Gjøremål:					
<ul style="list-style-type: none"> • Lage enkel testrigg. • Teste styring av motor. • Teste avlesning av rotasjonsenkoder. • Kode enkel regulering av rotasjon. • Finpusse reguleringen. 					
Leveranser:					
<ul style="list-style-type: none"> • EL002-B – Utviklingslogg, motorer og regulering 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Testing		Test av strømforsyning		John	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	

07.03.2022		18.03.2022		1 / 10	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
-	1	-	-	-	-
Status		Kommentar			
Ikke ferdig		Fikk ikke strømforsyningen grunnet feil hos leverandøren. Fikk enda demonstrasjonen på presentasjonen til å fungere ved å låne en strømforsyning fra labben.			
Forklaring: Koble opp en midlertidig løsning til strømforsyning. Forsyningene må testes hver for seg og kombinert. Varmeutviklingen til komponentene må overvåkes for å avgjøre hvor mye kjøling som trengs.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Lage enkelt oppsett for strømforsyning. • Teste de individuelle spesifikasjonene til forsyningene. • Teste spesifikasjonene til den sammensatte forsyningen. • Overvåke varmeutvikling. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • EL001-B – Utviklingslogg, strømforsyning 					

Disiplin	Oppgave	Ansvarlig
Testing	Research 3D-print	Tobias
Startdato	Sluttdato	Timer (faktisk/estimert)

07.03.2022		18.03.2022		4,5 / 5	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
-	-	-	-	-	4,5
Status			Kommentar		
Delvis ferdig – 90%			Mangler strekktest pga. feil målinger av forrige test. Ferdigstilles i neste iterasjon.		
Forklaring: Utvidet periode for oppgave pga. sykdom. Gjøres ferdig før noe form for konstruksjon med hjelp av 3D-print vil foregå.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Utføre strekktest på prøvestaver. • Teste lakk over overflate-finish. • Ferdigstille rapport. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • RM002 – Research 3D-print 					

Disiplin	Oppgave	Ansvarlig
Presentasjon	Presentasjon 2	Alle
Startdato	Sluttdato	Timer (faktisk/estimert)
16.03.22	18.03.22	168 / 100

Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
40	26,5	32,5	39	34,5	34,5
Status		Kommentar			
Ferdig		Vi er ferdige og fikk tilbakemelding på at vi hadde en veldig fin presentasjon.			
Forklaring: Presentasjon 2 ble flyttet fra 29.03 til 18.03. Vi må lage presentasjonen, manus og øve til denne presentasjonen. Vi ønsker også å ha et fysisk testprodukt klart til denne presentasjonen.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Lage presentasjonen. • Lage manus til presentasjonen. • Øve med alle og gå igjennom hele presentasjonen. • Test at det fysiske produktet integrere bra i presentasjonen. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • Tilbakemelding på presentasjon 2. 					

IR005 – Iterasjonsrapport, Konstruksjon 2

Dokumentbeskrivelse

Dette dokumentet beskriver gjennomføringen av iterasjon Konstruksjon 2, oppgaver som ble gjort i iterasjonen og status for prosjektet.

Revisjon	Skrevet av	Dato	Godkjent av
A	Alle	21.04.2022	John Kristiansen

Innhold

1. Introduksjon	2
2. Dokumenthistorie og referanser	2
2.1 Dokumenthistorie	2
2.2 Refererte dokumenter	2
3. Oversikt	3
3.1 Diagram	3
3.2 Timeestimat per disiplin	3
4. Arbeidsoppgaver i iterasjonen	4

1. Introduksjon

Fase og iterasjon	Startdato	Sluttdato
Konstruksjon 2	28.03.2022	18.04.2022
Mål for iterasjonen:		
Vårt mål og hovedfokus for denne iterasjonen er å få bygd prototype 1. Det innebærer mye analyse & design og implementasjon.		
Milepæl	Dato	
Prototype 1	18.04.2022	

2. Dokumenthistorie og referanser

2.1 Dokumenthistorie

Revisjon	Beskrivelse	Dato
A	Dokumentet ble opprettet.	18.04.2022

2.2 Refererte dokumenter

Tittel	Rev./Dato	Utgiver

3. Oversikt

3.1 Diagram

Prosjektorganisering	Side
Iterasjonsrapport og -plan	4
Nettside	5
Rette dokumentasjon fra presentasjon 2	6
Analyse og design	
Målbrikke	7
Prosjektildeteksjon	8
Modellering og regulering	9
Research - Data	10
Mekanisk design	11
Implementasjon	
GUI	12
Lage prosjektilavfyingskrets	13
Mikrokontroller	14
Kabling og kretstegning	15
Innkjøp av elektriske komponenter	16
Tank og trykkgulering	17
Bygging av prototype 1	18
Testing	
Test av Arduino og GUI	19
Research 3D-print	20
Teste regulering av steppermotor	21
Testing av avfyring	22
Test strømforsyning	23

3.2 Timeestimat per disiplin

Timene under gjelder bare konkrete arbeidsoppgaver beskrevet i dette dokumentet. Diverse administrativt arbeid, møter og veiledning kommer i tillegg.

Disiplin	Faktiske timer	Estimerte timer
Prosjektorganisering	37	30
Krav	0	0
Analyse og design	264	385
Implementasjon	134,5	70
Testing	54	75
Totalt	489,5	560

4. Arbeidsoppgaver i iterasjonen

D - Disiplin	Prosjekt-organisering	Krav	Analyse og design	Implementasjon	Testing	Møter	Presentasjon
--------------	-----------------------	------	-------------------	----------------	---------	-------	--------------

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig			
Prosjektorganisering		Iterasjonsrapport og -plan		Hele gruppen			
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)			
07.03.2022		18.03.2022		29 / 10			
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias		
5	6	12,5	2,5	-	3		
Status		Kommentar					
Ferdig		Iterasjonsrapport og -plan er skrevet.					
Forklaring:							
Skrive rapport for konstruksjon 1 og plan for konstruksjon 2.							
Gjøremål:							
<ul style="list-style-type: none"> Felles diskusjon og arbeid. Konstruere maler og ferdigstille dokumenter. 							
Leveranser:							
<ul style="list-style-type: none"> IR004 - Iterasjonsrapport, Konstruksjon 1 IP003 - Iterasjonsplan, Konstruksjon 2 							

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Prosjektorganisering		Nettside		Ole Christian	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
28.03.2022		15.04.2022		2 / 5	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
2	-	-	-	-	-
Status		Kommentar			
Ferdig		Nettside er oppdatert og flere blogger er laget.			
Forklaring: Legge ut korte blogger på nettsiden og lage en "Om prosjektet" side.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Skrive og legge ut blogger ettersom gruppen mener det bør legges ut. • Lage en "Om prosjektet" side. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • Oppdatert nettside: https://itfag.usn.no/grupper/D10-22/ 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Prosjektorganisering		Rette dokumentasjon fra presentasjon 2		Alle	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
28.03.2022		15.04.2022		6 / 15	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
4	-	-	-	2	-
Status		Kommentar			
Ikke ferdig - 10%		Har fikset opp i testplan og use case. Oppgaven blir flyttet til neste iterasjon.			
Forklaring: Etter tilbakemelding fra presentasjon 2, så skal vi rette opp i dokumentasjonen vi leverte.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Rette opp i skrivefeil og struktur. • Konstruere mer Pugh-matriser. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • Oppdatert versjon av alle dokumenter. 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Analyse og design		Målbrikke		John	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
28.03.2022		15.04.2022		24 / 10	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
4	4	16	-	-	-
Status		Kommentar			
Ikke ferdig – 20%		Sett på forskjellige muligheter for å lage målskive. Oppgaven blir flyttet til neste iterasjon.			
Forklaring: Undersøk muligheter og utfordringer som kommer med å ha en trådløs målbrikke. Finn de mest realistiske mulighetene og vei dem opp mot hverandre. Lag overordnet design.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Undersøk mulige teknologier for posisjonsmåling. • Lag enkle overordnede design for de mest realistiske mulighetene. • Vei mulighetene opp mot hverandre, og gjør et valg. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • EL005 – Rapport, målbrikke 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Analyse og design		Prosjektildeteksjon		Christoffer og John	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
28.03.2022		15.04.2022		13 / 15	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
-	6,5	6,5	-	-	-
Status		Kommentar			
Ikke ferdig – 90%		Vi har sett på forskjellige muligheter og bestilt inn kretser til deteksjon med IR. Mangler kun å skrive rapport.			
Forklaring: Undersøk muligheter for prosjektildeteksjon. Se på forskjellige teknologier og vei dem opp mot hverandre. Test om mulig, og gjør et valg. Dokumenteres i rapport.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Undersøk mulige teknologier for deteksjon av prosjektilet. • Lag enkle overordnede design for de mest realistiske mulighetene. • Vei mulighetene opp mot hverandre, og gjør et valg. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • EL006 – Rapport, prosjektildeteksjon 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Analyse og design		Modellering og regulering		Christoffer	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
28.03.2022		15.04.2022		16 / 50	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
-	16	-	-	-	-
Status		Kommentar			
Ikke ferdig – 70%		Oppgaven ble nedprioritert for å fokusere på trykkregulering. Venter på prototype skal monteres.			
Forklaring: Lese om modellering av steppermotor og forsøke å lage en modell av systemet i Simulink. Finne systemets båndbredde og designe diskrete regulatorer.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Lese om modellering av steppermotorer. • Finne motorparametre til DC-motor og stepper-motor. • Simulere elevasjon og rotasjon i Simulink. • Designe diskrete kontrollere. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • EL007 – Utviklingslogg, modellering og simulering 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Analyse og design		Research - Data		Ole Christian	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
28.03.2022		06.04.2022		15 / 10	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
15	-	-	-	-	-
Status		Kommentar			
Ikke ferdig – 70%		Det er fortsatt mye som må læres for å lage systemet. Oppgaven vil bli fortsatt i neste iterasjon. Loggen er påbegynt, men ikke fullført.			
Forklaring: Fortsette å lære meg Qt Creator og planlegge design.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Finne ut hvilke funksjoner som trengs. • Videre opplæring av Qt Creator. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • DL002 - Utviklingslogg, GUI 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Analyse og design		Mekanisk design		Tobias, Martin og Simen	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
28.03.2022		15.04.2022		196 / 300	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
-	-	-	66	63,5	66,5
Status		Kommentar			
Ikke ferdig – 80%		Vi holder fortsatt på med findesign. Finne gode løsninger for festeanordninger for komponenter og plassering er viktige punkter. Venter på at prototype 1 blir montert.			
Forklaring:					
Detaljdesign av første prototype. Utarbeiding av oppbygning, dimensjoner og plassering av komponenter. 3D-modellering av Launcheren. Nødvendige beregninger.					
Gjøremål:					
<ul style="list-style-type: none"> • Detaljdesign for toppstruktur, midtstruktur og bunnstruktur • Dokumentere designvalg 					
Leveranser:					
<ul style="list-style-type: none"> • ML002 - Utviklingslogg, elevasjon • ML003 - Utviklingslogg, avfyring • ML005 - Utviklingslogg, rotasjon 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Implementasjon		GUI		Ole Christian	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
04.04.2022		11.04.2022		14 / 20	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
14	-	-	-	-	-
Status		Kommentar			
Ikke ferdig – 50%		GUI har hatt god fremgang, men må jobbes mer med. Loggene er påbegynt, men ikke fullført.			
Forklaring: Fortsette å lage en GUI med Qt Creator.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Legge til flere funksjoner i GUI. • Gjøre funksjoner klare til testing. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • Oppdatert GUI • DL002 - Utviklingslogg, GUI 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Implementasjon		Lage prosjektilavfyringskrets		Christoffer og John	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
04.04.2022		11.04.2022		14,5 / 5	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
-	11,5	3	-	-	-
Status		Kommentar			
Ferdig		Tegningen til avfyringskretsen er ferdig og printet ut. Selve kretskortet er loddet og testet.			
Forklaring: Kretsen for avfiring av prosjektiler skal loddes, og dokumenteres med en kretstegning. I tillegg må kretskortet kappes til.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Finn en god måte å plassere komponentene på kretskortet. • Lodde krets og teste at den funker. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • Kretstegning • Kretskort for avfiring 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Implementasjon		Mikrokontroller		Ole Christian	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
28.03.2022		11.04.2022		31,5 / 20	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
31,5	-	-	-	-	-
Status		Kommentar			
Ikke ferdig – 75%		Etter som vi måtte bruke 2 mikrokontrollere måtte det arbeides med seriell kommunikasjon og separat kode til en Arduino Nano. Kode til Nano er 90% ferdig og kode til Arduino Mega er 50% ferdig. Loggen er påbegynt, men ikke ferdig.			
Forklaring: Fortsette utvikling av kode til Arduino.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Planlegge software-arkitektur og implementere denne. • Lage diagrammer. • Videre utvikling av kode til styring av systemet med Arduino. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • Oppdatert kode til Arduino • DL001 - Utviklingslogg, Mikrokontroller 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Implementasjon		Kabling og kretstegning		John	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
04.04.2022		11.04.2022		16 / 5	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
-	2	14	-	-	-
Status		Kommentar			
Ferdig		Kretstegninger er ferdige inntil videre. Revideres etter testing.			
Forklaring: Lage kretstegning og kablingsstruktur for launcheren.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> Lage kretstegning i Proteus Finne relevante pluggløsninger 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> Kretstegning fra Proteus Kablingsløsning fra styreboks til launcher og fra bunnstruktur og toppstruktur. 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Implementasjon		Innkjøp av elektriske komponenter		John	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
28.03.2022		03.04.2022		14,5 / 5	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
1	9,5	4	-	-	-
Status		Kommentar			
Ferdig		Komponenter er kjøpt inn og har enten kommet eller er på vei.			
Forklaring: Finne og kjøpe inn simple elektriske komponenter, som statuslys, mikrobytter, transistorer, motstander etc.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Finn ut hvilke komponenter vi trenger. • Sjekk forskjellige løsninger. • Sjekk forskjellige leverandører. • Kjøp inn delene. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • Komponenter. 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Implementasjon		Tank og trykkregulering		Christoffer	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
04.04.2022		15.04.2022		25 / (Ny oppgave, ikke estimert)	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
-	16,5	8	0,5	-	-
Status		Kommentar			
Ikke ferdig – 65%		Det er designet og testet flere kretser for styring av et 4-20 mA signal, men ingen har funket hittil. Oppgaven ble opprettet midt i iterasjonen ettersom styringen var mer utfordrende enn antatt. Vi har funnet tank på 310 Bar.			
Forklaring: Lese av trykket i tanken og regulere trykket som kommer på utgangen av trykkregulatoren.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Lage og teste krets for avlesning av trykk. • Lage og teste krets for styring av trykk. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • Design for kretser til avlesning og styring av trykk. 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Implementasjon		Bygging av prototype 1		Alle	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
04.04.2022		15.04.2022		19 / 15	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
5	-	-	3	3	8
Status		Kommentar			
Ikke ferdig – 30%		Fått printet noen komponenter, men er ikke klart for å bygge enda.			
Forklaring: Kjøpe komponenter vi ikke har skaffet enda. 3D-printe komponenter. Sammenstilling av prototype 1.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Skaffe komponenter. • Sammenstille systemet. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • Prototype 1. 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Testing		Test av Arduino og GUI		Ole Christian	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
11.03.2022		15.04.2022		9 / 10	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
9	-	-	-	-	-
Status		Kommentar			
Ikke ferdig – 80%		All kode som er laget, er testet. Oppgaven vil bli fortsatt i neste iterasjon ettersom ny kode blir laget. Loggen er påbegynt, men ikke fullført.			
Forklaring: Test av kode som kjører på Arduino med kode som kjører på GUI. Samt styring av diverse motorer, lys og sensorata inn.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Teste kode på Arduino. • Teste kode på GUI. • Teste Arduino og GUI sammen via Ethernet kommunikasjon. • Teste styring av komponenter. • Fikse kode som ikke består testen. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • Bekreftet funksjonalitet mellom Arduino og GUI med Ethernet kommunikasjon. • DL001 - Utviklingslogg, Mikrokontroller • DL002 - Utviklingslogg, GUI 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Testing		Research 3D-print		Tobias	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
28.03.2022		15.04.2022		3,5 / 5	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
-	-	-	-	-	3,5
Status		Kommentar			
Ikke ferdig – 75%		Vil utvide rapporten med research om innsatsinger for gjengehull i 3D-printet plast.			
Forklaring: Utvides.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Strekktest av innsatsinger. • Fullføre rapport. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • RM002 - A - Rapport, 3D-print research. 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Testing		Teste regulering av steppermotor		Christoffer	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
28.03.2022		15.04.22		8 / 20	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
4	4	-	-	-	-
Status		Kommentar			
Ikke ferdig – 60%		Funnet bibliotek for enklere kontroll over akselerasjonen til motoren. Får styrt motoren, men har ikke testet med enkoder enda. Kode for avlesning av enkoder er klar.			
Forklaring: Testing av steppermotor med enkoder. Forsøke å få til god regulering av posisjon, uten brå bevegelser.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Koble steppermotor til enkoder. • Skrive Arduino-kode for regulering av posisjon. • Teste og endre koden fram til den regulerer godt. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • Kode for regulering av posisjon. 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Testing		Testing av avfyring		Simen	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
28.03.2022		15.04.2022		21 / 20	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
-	-	-	12,5	8,5	-
Status		Kommentar			
Ferdig		Alle gjøremål og rapport er ferdig.			
Forklaring: Bruke prøveoppsett for avfyring til å teste ulike prosjektiler, trykk og avfyringsvinkler for å oppnå ønsket treffsikkerhet og rekkevidde.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • 3D-printe prosjektiler. • Gjennomføre testing. • Skrive rapport. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • RM005 – Rapport, testing av avfyring 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Testing		Test strømforsyning		John	
Startdato		Sluttdato		Timer (faktisk/estimert)	
05.04.2022		08.04.2022		12,5 / 20	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
-	0,5	12	-	-	-
Status		Kommentar			
Ferdig		Testet og stilt inn svitsjregulatoren. Regulerer veldig bra så lenge inngangsspenningen er over utgangsspenningen.			
Forklaring: Teste strømforsyning med svitsjregulatoren. Teste om motorene, Arduino, og avfyriings-solenoidene.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Teste strømforsyningen med alle komponentene som trenger strøm. • Se om varmeutviklingen vil spille en stor effekt på strømforsyningen. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • Rapport for test av strømforsyning. 					

IR006 – Iterasjonsrapport, Konstruksjon 3

Dokumentbeskrivelse

Dette dokumentet beskriver gjennomføringen av iterasjon Konstruksjon 3, oppgaver som ble gjort i iterasjonen og status for prosjektet.

Revisjon	Skrevet av	Dato	Godkjent av
A	Alle	13.05.2022	Martin Slettedal

Innhold

1. Introduksjon	2
2. Dokumenthistorie og referanser	2
2.1 Dokumenthistorie	2
2.2 Refererte dokumenter	2
3. Oversikt	3
3.1 Diagram	3
3.2 Timeestimat per disiplin	3
4. Arbeidsoppgaver i iterasjonen	4

1. Introduksjon

Fase og iterasjon	Startdato	Sluttdato
Konstruksjon 3	19.04.2022	13.05.2022
Mål for iterasjonen:		
Vårt mål og hovedfokus for denne iterasjonen er å ferdigstille og teste prototype 1 samt dokumentere hele prosessen.		
Milepæl	Dato	
Ferdigstille prototype 1	13.05.2022	
Teste prototype 1 mot krav	13.05.2022	

2. Dokumenthistorie og referanser

2.1 Dokumenthistorie

Revisjon	Beskrivelse	Dato
A	Dokumentet ble opprettet.	18.04.2022

2.2 Refererte dokumenter

Tittel	Rev./Dato	Utgiver

3. Oversikt

3.1 Diagram

Prosjektorganisering	Side
Iterasjonsrapport og -plan	4
Nettside	5
Dokumentere grensesnittet	6
Lage brukerveiledning	7
Analyse og design	
Målbrikke	8
Diagrammer til data	9
Dokumentering av mekanisk design	10
Ekstern boks	11
Implementasjon	
GUI	12
Regulering av steppermotor	13
Kabling og tilkoblinger	14
Mikrokontroller	15
Tank og trykkgulering	16
Bygging av prototype 1	17
Testing	
Test av Arduino og GUI	18
Research 3D-print	19
Teste regulering av steppermotor	20
Teste fullstendig elektrisk oppsett	21
Sluttrapport	
Skrive sluttrapport	22

3.2 Timeestimat per disiplin

Timene under gjelder bare konkrete arbeidsoppgaver beskrevet i dette dokumentet. Diverse administrativt arbeid, møter og veiledning kommer i tillegg.

Disiplin	Faktiske timer	Estimerte timer
Prosjektorganisering	51	80
Krav	0	0
Analyse og design	294,5	420
Implementasjon	331	435
Testing	76,5	70
Sluttrapport	138,5	150
Totalt	891,5	1005

4. Arbeidsoppgaver i iterasjonen

D - Disiplin	Prosjekt-organisering	Krav	Analyse og design	Implementasjon	Testing	Møter	Presentasjon	Sluttrapport
--------------	-----------------------	------	-------------------	----------------	---------	-------	--------------	--------------

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig			
Prosjektorganisering		Iterasjonsrapport og -plan		Hele gruppen			
Startdato		Sluttdato		Antall timer			
19.04.2022		22.04.2022		22 / 10			
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias		
6	4	5	3	2	2		
Status		Kommentar					
Ferdig		Iterasjonsrapport og -plan er skrevet.					
Forklaring:							
Skrive rapport for konstruksjon 2 og plan for konstruksjon 3.							
Gjøremål:							
<ul style="list-style-type: none"> Felles diskusjon og arbeid. Konstruere maler og ferdigstille dokumenter. 							
Leveranser:							
<ul style="list-style-type: none"> IR005 - Iterasjonsrapport, Konstruksjon 2 IP004 - Iterasjonsplan, Konstruksjon 3 							

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Prosjektorganisering		Nettside		Ole Christian	
Startdato		Sluttdato		Antall timer	
19.04.2022		13.05.2022		0 / 5	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
-	-	-	-	-	-
Status		Kommentar			
Ikke ferdig - 0%		Oppgaven har blitt nedprioritert. Nettsiden vil bli oppdatert når tiden strekker til.			
Forklaring: Legge ut korte blogger på nettsiden.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> Skrive og legge ut blogger etter som gruppen mener det bør legges ut. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> Oppdatert nettside: https://itfag.usn.no/grupper/D10-22/ DOK009 – Nettside 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Prosjektorganisering		Dokumentere grensesnittet		Ole Christian	
Startdato		Sluttdato		Antall timer	
09.05.2022		13.05.2022		26 / 15	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
26	-	-	-	-	-
Status		Kommentar			
Ikke ferdig – 90%		Dokumentet er nesten ferdig. Mangler noen bilder og referanser.			
Forklaring:					
Dokumentere grensesnittet mellom det digitale og fysiske systemet.					
Gjøremål:					
<ul style="list-style-type: none"> • Skrive dokumentasjonen som skal skrives på engelsk. 					
Leveranser:					
<ul style="list-style-type: none"> • Dokumentasjon mellom det digitale og fysiske systemet. 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Prosjektorganisering		Lage brukerveiledning		Alle	
Startdato		Sluttdato		Antall timer	
09.05.2022		13.05.2022		3 / 50	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
-	-	-	3	-	-
Status		Kommentar			
Ikke ferdig – 20%		Påbegynt, men det gjenstår mye arbeid.			
Forklaring:					
Lage en brukerveiledning for systemet.					
Gjøremål:					
<ul style="list-style-type: none"> • Lage en prosedyre for bruk av systemet. • Skrive brukerveiledningen. 					
Leveranser:					
<ul style="list-style-type: none"> • Brukerveiledning 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Analyse og design		Målbrikke		John	
Startdato		Sluttdato		Antall timer	
19.04.2022		13.05.2022		28 / 30	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
11,5	5,5	11	-	-	-
Status		Kommentar			
Ikke ferdig – 40%		Har laget fungerende Bluetooth kommunikasjon mellom to Arduino Nano 33 enheter. Blir nedprioritert til vi har mer tid til å fikse det.			
Forklaring:					
Undersøk muligheter og utfordringer som kommer med å ha en trådløs målbrikke. Finn de mest realistiske mulighetene og vei dem opp mot hverandre. Lag overordnet design.					
Gjøre mål:					
<ul style="list-style-type: none"> • Undersøk mulige teknologier for posisjonsmåling. • Lag enkle overordnede design for de mest realistiske mulighetene. • Vei mulighetene opp mot hverandre, og gjør et valg. 					
Leveranser:					
<ul style="list-style-type: none"> • EL005 – Rapport, målbrikke 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Analyse og design		Diagrammer til data		Ole Christian	
Startdato		Sluttdato		Antall timer	
02.05.2022		13.05.2022		32 / 15	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
32	-	-	-	-	-
Status		Kommentar			
Ikke ferdig – 90%		Diagrammene er nesten ferdig. De må verifiseres når systemet er ferdig. Diagrammer er lagt inn i «Digital Interface» dokumentet og skal brukes i sluttrapport.			
Forklaring: Lage diagrammer datadelen.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Bli ferdig med å lage arkitekturen til Arduino og GUI. • Lage modeller. (Use Case, Sequence, Class og Architecture) 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • Diagrammer til datadelen som skal brukes i sluttrapporten. 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Analyse og design		Dokumentering av mekanisk design		Tobias, Martin og Simen	
Startdato		Sluttdato		Antall timer	
19.04.2022		13.05.2022		218.5 / 300	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
-	-	-	71,5	70	77
Status		Kommentar			
Ikke ferdig – 80%		Alt design er ferdig, litt arbeid gjenstår med utviklingslogger og dokumentering av beregninger. Tegningsunderlag for Launcheren er også laget.			
Forklaring: Gjenstående detaljdesign, som ruting av slanger, deksler, bein, sikkerhetsbryter osv. Dokumentering og begrunnelser av designvalg, arbeidsprosess og beregninger gjort i forbindelse med mekanisk design.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Gjenstående detaljdesign • Dokumentere designvalg 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • ML002 - Utviklingslogg, elevasjon • ML003 - Utviklingslogg, avfyring • ML005 - Utviklingslogg, rotasjon 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Analyse og design		Ekstern boks		Martin	
Startdato		Sluttdato		Antall timer	
19.04.2022		13.05.2022		16 / 75	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
-	-	-	-	16	-
Status		Kommentar			
Ikke ferdig 90%		Alt design er ferdig. Eneste som gjenstår, er dokumentering av FDC. FDC er satt sammen og dekslene på siden er laserkuttet. Listene er sendt til 3D-print			
Forklaring: Design av ekstern boks til Mini Launcheren, hvor strømforsyningen trykktanken og annet utstyr skal være.					
Gjøre mål: <ul style="list-style-type: none"> • Detaljdesign for ekstern boks • Dokumentere designvalg 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • ML004 - Utviklingslogg, ekstern boks 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Implementasjon		GUI		Ole Christian	
Startdato		Sluttdato		Antall timer	
19.04.2022		09.05.2022		24 / 25	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
24	-	-	-	-	-
Status		Kommentar			
Ikke ferdig – 85%		GUI er nesten ferdig, men har fortsatt noen feil og funksjoner som kan bli bedre. Utviklingsloggen blir flyttet til et fellesdokument for dokumentasjon av data.			
Forklaring: Fortsette å lage en GUI med Qt Creator.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Legge til A og B-krav funksjoner. • Gjøre funksjonene klare til testing. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • Oppdatert GUI • DL002 - Utviklingslogg, GUI 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Implementasjon		Regulering av steppermotor		Christoffer	
Startdato		Sluttdato		Antall timer	
19.04.2022		13.05.2022		23 / 50	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
6	-	17	-	-	-
Status		Kommentar			
Ferdig		Kode for regulering er laget og klar for å bli implementert i systemet.			
Forklaring: Implementere regulering av steppermotorene med tilbakekobling.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Koble steppermotoren til rotasjonsenkoder og roterende struktur. • Teste tidligere posisjonsstyring i åpen sløyfe. • Implementere regulering med tilbakekobling fra rotasjonsenkoder. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • EL007 – Utviklingslogg, modellering og simulering 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Implementasjon		Kabling og tilkoblinger		John	
Startdato		Sluttdato		Antall timer	
19.04.2022		13.05.2022		155 / 20	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
-	61	94	-	-	-
Status		Kommentar			
Ferdig		Alt av kabling er gjort. Selv etter problemene som skjedde etter første test er launcheren fullstendig kablet.			
Forklaring:					
Planlegge og finne ut hvordan vi skal koble forbindelser mellom komponenter for å gjøre det enklest mulig å montere/demontere systemet, og samtidig ha det oversiktlig.					
Gjøremål:					
<ul style="list-style-type: none"> • Planlegge hvilke ledninger som skal grupperes. • Finne ut hvor tykke ledere vi trenger. • Bestemme oss for hvilke tilkoblinger vi skal bruke (sukkerbit, krympehus, osv.) • Innkjøp av elektriske komponenter. • Teste hvordan rotasjon og elevasjon påvirker ledningene. 					
Leveranser:					
<ul style="list-style-type: none"> • Oppdatert koblings skjema 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Implementasjon		Mikrokontroller		Ole Christian	
Startdato		Sluttdato		Antall timer	
19.04.2022		09.05.2022		15 / 25	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
15	-	-	-	-	-
Status		Kommentar			
Ikke ferdig – 80%		Har laget kode for styring av systemet. Koden kan ikke bli ferdig før systemet er montert og kan bli testet.			
Forklaring: Fortsette utvikling av kode til Arduino.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Bli ferdig med kode til Arduino Nano. • Videre utvikling av kode til styring av systemet med Arduino Mega. • Bli ferdig med alle A og B-krav. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • Oppdatert kode til Arduino Mega og Arduino Nano. • DL001 - Utviklingslogg, Mikrokontroller 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Implementasjon		Tank og trykkregulering		Christoffer	
Startdato		Sluttdato		Antall timer	
19.04.2022		13.05.2022		11 / 15	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
-	11	-	-	-	-
Status		Kommentar			
Ferdig		Krets til styring av trykkregulatoren er, designet, produsert og implementert.			
Forklaring: Lage en krets som kan styre trykkregulatoren, og teste om det stemmer med avlest trykkverdi.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Designe en krets til styring av regulatoren. • Koble kretsen fysisk og teste den. • Teste kretsen med trykkregulatoren koblet til luft. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • Rapport for tank og trykkregulering. 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Implementasjon		Bygging av prototype 1		Alle	
Startdato		Sluttdato		Antall timer	
19.04.2022		13.05.2022		103 / 150	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
2	-	4	35,5	39	22,5
Status		Kommentar			
Ikke ferdig – 80%		Prototypen er nesten ferdig, men mangler deksler, lakk og finjustering.			
Forklaring: Sammenstilling av prototype.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Skaffe komponenter. • Montere ekstern boks. • Sammenstille systemet. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • Prototype 1 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Testing		Test av Arduino og GUI		Ole Christian	
Startdato		Sluttdato		Antall timer	
25.04.2022		13.05.2022		14,5 / 15	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
14,5	-	-	-	-	-
Status		Kommentar			
Ikke ferdig – 50%		Arduino og GUI skal bli videre testet etter som systemet blir ferdig montert. Alle mikrokontrollere er testet sammen med GUI og komponenter hver for seg.			
Forklaring:					
Test av kode som kjører på Arduino med kode som kjører på GUI. Samt styring av diverse motorer, lys og sensorata inn.					
Gjøremål:					
<ul style="list-style-type: none"> • Teste kode på Arduino Mega. • Teste kode på Arduino Nano. • Teste kode på GUI. • Teste Arduinoer og GUI sammen via Ethernet kommunikasjon. • Teste styring av komponenter. • Fikse kode som ikke består testen. 					
Leveranser:					
<ul style="list-style-type: none"> • Bekreftet funksjonalitet mellom Arduinoer og GUI med Ethernet kommunikasjon. • DL001 - Utviklingslogg, Mikrokontroller • DL002 - Utviklingslogg, GUI 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Testing		Research 3D-print		Tobias	
Startdato		Sluttdato		Antall timer	
19.04.2022		13.05.2022		15 / 15	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
-	-	-	-	-	15
Status		Kommentar			
Ikke ferdig – 90%		Utvidet rapporten, strekktestet og finjusteringer gjenstår.			
Forklaring: Strekkteste innsatser. Ferdigstille rapporten for dette.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Strekktest av innsatser. • Fullføre rapport. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • RM002 - A - Rapport, 3D-print research. 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Testing		Teste regulering av steppermotor		Christoffer	
Startdato		Sluttdato		Antall timer	
19.04.2022		13.05.2022		33 / 20	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
-	16	17	-	-	-
Status		Kommentar			
Ferdig		Regulering er testet og klar for å bli implementert i systemet.			
Forklaring: Testing av steppermotor med enkoder. Forsøke å få til god regulering av posisjon, uten brå bevegelser.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Koble steppermotor til enkoder. • Skrive Arduino-kode for regulering av posisjon. • Teste og endre koden fram til den regulerer godt. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • Kode for regulering av posisjon. 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Testing		Teste fullstendig elektrisk oppsett		John	
Startdato		Sluttdato		Antall timer	
19.04.2022		13.05.2022		14 / 20	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
-	7	7	-	-	-
Status		Kommentar			
Ikke ferdig – 80%		Testet elevasjon, rotasjon, avfiring og kommunikasjonen mellom Nano og Mega. Mangler en sikringsløsning og teste trykkregulering via GUI.			
Forklaring: Teste alle de elektriske delene i prototype 1.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Teste tilførsel til prosjektildeteksjon, avfiring, motor og trykkregulering. • Teste strømforsyningen med alle komponentene som trenger strøm. • Fikse tilførsel mellom ekstern boks og launcher. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • Rapport for elektrisk oppsett. 					

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Sluttrapport		Skrive sluttrapport		Alle	
Startdato		Sluttdato		Antall timer	
19.04.2022		13.05.2022		138,5 / 150	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
40	5	7	46	22,5	18
Status		Kommentar			
Ikke ferdig – 20%		Rapporten er påbegynt, og strukturen er satt opp. Mye jobb gjenstår.			
Forklaring: Skrive en sluttrapport for prosjektet.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Finne ut hva rapporten skal inneholde. • Hver student skriver om sin rolle. • Lage første utkast av rapporten. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • Sluttrapport 					

IR007 – Iterasjonsrapport, Overgang

Dokumentbeskrivelse

Dette dokumentet beskriver iterasjon overgang, mål for iterasjonen og planlagte arbeidsoppgaven i iterasjonen.

Revisjon	Skrevet av	Dato	Godkjent av
A	Ole Christian W. Kopland	22.05.2022	John Kristiansen

Innhold

1. Introduksjon	2
2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter	2
2.1 Dokumenthistorie	2
2.2 Refererte dokumenter	2
3. Oversikt	3
3.1 Diagram	3
3.2 Timeestimat per disiplin	3
4. Arbeidsoppgaver i iterasjonen	4

1. Introduksjon

Fase og iterasjon	Startdato	Sluttdato
Overgang	16.05.2022	23.05.2022
Mål for iterasjonen: Bli ferdig med prosjektet. Teste systemet. Lage sluttrapport og tilhørende vedlegg.		
Milepæl	Dato	
Innlevering av sluttrapport	23.05.2022	

2. Dokumenthistorie og refererte dokumenter

2.1 Dokumenthistorie

Revisjon	Beskrivelse	Dato
A	Nyopprettet	13.05.2022

2.2 Refererte dokumenter

Tittel	Rev./Dato	Utgiver

3. Oversikt

3.1 Diagram

Testing	
Slutttesting av systemet	4
Sluttrapport	
Ferdigstilling av sluttrapport	5

3.2 Timeestimat per disiplin

Timene under gjelder bare konkrete arbeidsoppgaver beskrevet i dette dokumentet. Diverse administrativt arbeid, møter og veiledning kommer i tillegg.

Disiplin	Estimerte timer	Faktiske timer
Prosjektorganisering	0	0
Krav	0	0
Analyse og design	0	0
Implementasjon	0	0
Testing	100	15,5
Sluttrapport	150	277,5
Totalt	250	293

4. Arbeidsoppgaver i iterasjonen

D - Disiplin	Prosjekt-organisering	Krav	Analyse og design	Implementasjon	Testing	Møter	Presentasjon	Sluttrapport
--------------	-----------------------	------	-------------------	----------------	---------	-------	--------------	--------------

Disiplin		Oppgave			Ansvarlig	
Testing		Slutttesting av systemet			Alle	
Startdato		Sluttdato			Antall timer	
16.05.2022		23.05.2022			100	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias	
3,5	4,5	3,5	2	1	1	
Status		Kommentar				
Ikke ferdig – 90%		Testing av systemet ble nedprioritert grunnet arbeid med sluttrapporten. Systemet var heller ikke 100% sammensatt, så alle tester kunne ikke bli gjennomført. Men det var fortsatt mulig å teste de fleste av dem. Testene vil bli fullført før presentasjon 3.				
Forklaring: Gjennomføring og dokumentering av slutttester.						
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> Gjennomføring av tester fra testplanen. Dokumentering i testrapport. 						
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> Testrapport 						

Disiplin		Oppgave		Ansvarlig	
Sluttrapport		Ferdigstilling av sluttrapport		Alle	
Startdato		Sluttdato		Antall timer	
16.05.2022		23.05.2022		150	
Ole Christian	Christoffer	John	Simen	Martin	Tobias
52,5	35	38	55,5	46,5	50
Status		Kommentar			
Ferdig		Rapporten ble satt sammensatt dagen fristen på innleveringen var. Rapporten er fullført og levert.			
Forklaring: Ferdigstilling av sluttrapport med vedlegg.					
Gjøremål: <ul style="list-style-type: none"> • Ferdigstilling av hovedrapport. • Forberedelser av vedlegg. • Korrekturlesing og kontroll av all dokumentasjonen. 					
Leveranser: <ul style="list-style-type: none"> • Sluttrapport 					

Oppfølgingsdokument Gruppe 10 - uke 2

Denne første uka 10-17.Januar. Har vi brukt til å komme i gang med planlegging, felles diskusjon i gruppa og diverse praktiske gjøremål. Mesteparten av tiden har blitt brukt til gruppeaktiviteter og diskusjon, men vi har også fordelt noen individuelle gjøremål. Ettersom det har vært mest felles, har vi laget en liste med fellesaktiviteter nedenfor. Under denne er det listet opp noen aktiviteter per person, disse kommer da i tillegg til fellesaktivitetene som alle har deltatt på.

Fellesaktiviteter

Forrige uke	Neste uke
Bachelorkontrakt fra USN, kontrakt fra KDA og gruppekontrakt. Diskusjoner om rollefordeling på gruppa. Diskusjoner om prosjektmodell og prosjektplan. Diskusjoner om krav, designkonsepter og systemarkitektur. Utarbeide maler og «standarder» for dokumenter og arbeidsmetodikk. Gruppemøter og veiledningsmøter med intern og ekstern veileder.	«Ferdiggjøre» prosjektplanen. Bli ferdige med kontrakter og annet praktisk. Spikre kundekrav, og utarbeide detaljkrav basert på disse. Komme i gang med teknisk arbeid: systemarkitektur og konsepter innenfor fagområdene. Planlegge arbeidsoppgaver for første iterasjon. Møter.

John Kristoffer Kristiansen

Forrige ukes arbeid	Neste ukes arbeid
Organisert møter, krav, prosedyrer, kontrakter og presentasjoner med KDA. Konstruert maler, dokumentstruktur, prosedyrer og intern organisering i gruppa. Lagd en oversikt over tekniske deler som omfavner den elektriske delen av prosjektet. Sett på løsninger for prosjektplan (Jira)	Ferdigstille prosjektplanen. Organisere presentasjon 1 med alle parter. Sette opp første iterasjon via prosjektplanen. Undersøke flere løsninger for elektriske kraven i prosjektet, samt økonomien rundt dette. Organisere internt møte med ekstern sensor før første presentasjon.

Christoffer Mehren

Forrige ukes arbeid	Neste ukes arbeid
Diverse administrerende arbeid i samarbeid med resten av gruppen (se timelisten for detaljer). Diskusjoner om mulige tekniske løsninger. Sett på forskjellige mulige komponenter for å få et overblikk over priser, ytelser og størrelser.	Fortsette å se på tekniske løsninger. Utarbeiding av forskjellige skisser for undersystemer, samt et mer detaljert overordnet diagram for systemarkitekturen. Fortsette å undersøke komponenter og lage en grov oversikt over hva vi vil trenge å bestille.

Ole Christian Walvatne Kopland

Forrige ukes arbeid	Neste ukes arbeid
<p>Sett på oppsett av nettside og hvordan nettside skal bli "hostet" av universitetet.</p> <p>Sett på hvordan en GUI kan lages i Visual Studio.</p> <p>Startet planlegging av data-delen i prosjektet med tanke på krav, funksjoner og testing.</p> <p>Det var ingen spesielle avvik fra planen denne uken.</p>	<p>Sette opp nettside slik at den er tilgjengelig på nett, er funksjonell, har grunnleggende info og struktur.</p> <p>Hva jeg skal gjøre i datadelen i prosjektet er avhengig av prosjektplanen. Min plan er å se på kommunikasjon mellom Ethernet fra PC til Arduino. Jeg skal også se videre på GUI i Visual Studio.</p>

Tobias Nilsen

Forrige ukes arbeid	Neste ukes arbeid
<p>Diskusjon om prosjektmodeller og interaksjoner, hvordan bygge opp interaksjoner med tanke på maskindelen. La frem ide om 360 graders rotasjon med tannhjul-kjerne og motor/tannhjul på siden. Utarbeidet FEM rapport mal.</p>	<p>Resonere oss frem til et konsept for avfiring og rotasjon av Mini Launcher når det gjelder maskin-delen av bachelor prosjektet. Jeg er økonomi ansvarlig, så jeg tar ansvar for å lage en innkjøpsmal som alle kan bruke. Og i tillegg lage en liste over kommende varer og hvordan vi bokfører dem.</p>

Martin Slettedal

Forrige ukes arbeid	Neste ukes arbeid
<p>Utarbeidelse av møte- agendaer, referater og notater.</p> <p>Lagd tankekart over NASAMS</p> <p>Sett på youtube videoer om prosjekt-modeller.</p> <p>Sett på mulige løsninger på avfyrings og rotasjonsmekanisme.</p>	<p>Jeg skal i samarbeid med Simen og Tobias begynne på den maskin tekniske delen av prosjektet. Vi må begynne å se på løsninger for Rotasjon og avfyringsmekanisme, samt kanskje modellere et utkast til en løsning.</p> <p>Møter, dokumentasjon og administrativt arbeid.</p>

Simen Tråstadkjølen

Forrige ukes arbeid	Neste ukes arbeid
<p>Maler og oppsett for dokumenter, bant annet timelister, møtereferater og oppfølgingsdokument.</p> <p>Skrive utkast til gruppekontrakt.</p> <p>Skissering av ulike designkonsepter.</p>	<p>Drøfte og vurdere konsepter for mekanismer for rotasjon og avfiring sammen med Martin og Tobias.</p> <p>Videre planlegging av prosjektet.</p> <p>Se mer på krav og testing av disse.</p>

Status for kritiske aktiviteter

Prosjektplanen er ikke ferdig utarbeidet enda. Når vi får utarbeidet planen og får kartlagt de kritiske oppgavene tenker vi å fremstille dette visuelt med et Gantt-diagram der vi sammenligner faktisk status og planen.

Oppfølgingsdokument Gruppe 10 – uke 3

Uke 3

John Kristoffer Kristiansen

Forrige ukes arbeid	Neste ukes arbeid
<p>Satt opp alt for presentasjon 1, revidert krav fra KDA, levert kontrakter, sett mer på elektronikk deler i prosjektet, gjort mye arbeid rundt prosjektmodeller og prosjektprosesser, snakket med rådgivere rundt prosjektmodeller. Også ordnet med ekstern veileder at de ønsket flere deltakere på presentasjon 1. fikset oppfølgings etter ønske av intern veileder.</p>	<p>Få prosjektmodellen, prosjektplan og starte utviklingen av prosjektet.</p> <p>Levere logo for prosjektet.</p> <p>Mulig innkjøp av komponenter tidlig.</p>

Christoffer Mehren

Forrige ukes arbeid	Neste ukes arbeid
<p>Sett mer på prosjektmodeller. Diskutert løsninger på systembasis inkludert hvordan vi skal få luft og strøm til toppstruktur. Felles revidering av kravspesifikasjon. Sett på flere mulige komponenter til bestilling.</p> <p><i>Avvik:</i> Har ikke utarbeidet et nytt overordnet systemdiagram.</p>	<p>Utarbeide et nytt overordnet systemdiagram etter vi bestemmer oss for utskytningsmekanisme.</p> <p>Planlegge mulig innkjøp av komponenter med lang leveringstid.</p>

Ole Christian Walvatne Kopland

Forrige ukes arbeid	Neste ukes arbeid
<p>Sett på funksjoner og komponenter i data-del</p> <p>Lært om og testet GUI i C#</p> <p>Bestilt "Arduino Ethernet Shield"</p> <p><i>Avvik:</i> Nettside ble ikke jobbet så mye med fordi jeg hadde spørsmål om bla. hva den skal inneholde, viktighetsgrad og forventet arbeidsmengde.</p>	<p>Kommunikasjon fra PC til Arduino via Ethernet.</p> <p>Lage en grunnleggende GUI som kan brukes til testing.</p> <p>Jobbe videre med nettside</p>

Tobias Nilsen

Forrige ukes arbeid	Neste ukes arbeid
Satt opp innkjøpsdokument/innkjøpsliste. Gått gjennom avfyringsmekanisme diskusjoner med maskin. Gjort ferdig gruppeoversikt, laget mal for dokumenter vi skal følge, KDA og USN logo. Testet ut prosjektmodell program for bruk i senere anledning.	Bestillingsoversikt (røff), ferdigstille et konsept for avfyring. Fellesaktiviteter som planer vi kan følge; tester, verifisering og krav.

Martin Slettedal

Forrige ukes arbeid	Neste ukes arbeid
<p>Sett på muligheter/konsepter for avfyringsmekanisme.</p> <p>Sett på muligheter for rotasjonsmekanisme. Hvordan vi skal få strøm/luft til toppstruktur.</p> <p>Fysikk utregninger. Startfart, strekning og vinkel. ABC-formelen og strekningsformelen</p>	<p>Jobbe videre med rotasjons- og avfyringsmekanisme.</p> <p>3D modellering</p> <p>Se på varer til bestilling.</p>

Simen Tråstadkjølen

Forrige ukes arbeid	Neste ukes arbeid
<p>Gruppediskusjon og individuell læring om prosjektmodeller og prosjektstyringsverktøyene Jira og MS Project.</p> <p>Diskusjon om kravspesifikasjon, utfordringer og muligheter.</p> <p>Diskusjon og individuelle undersøkelser rundt mulige konsepter for mekanismer og komponenter.</p>	<p>Lage en 3D-modell som grunnlag for å modellere ulike mekanismer.</p> <p>Arbeide med fellesaktiviteter; prosjektplan, konsepter, krav og testplan.</p>

Prosjektets status

Denne uka har vi satt oss mer inn i prosjektmodeller, revidert kravspesifikasjon, diskutert tekniske utfordringer med blant annet luft-/strømoverføring og avfyring. Vi har også lært mer om hver disiplins utfordringer.

Planen for neste uke innebærer å utarbeide prosjektplanen og få spikret ned prosessmodellen slik at vi lettere kan bruke dette i videre arbeid. Denne uka har gått til en del til forberedelser til akkurat dette, ettersom vi har sett mye på

Status for kritiske aktiviteter

Prosjektplanen er ennå ikke ferdig utarbeidet da vi har valgt lære mer om prosjektmodeller og diskusjon innad i gruppa. Et utkast til når ulike faser/milepæler i arbeidet bør være er utarbeidet, og vil bli videre justert i løpet av kommende uke.

Kontrakter og lignende praktisk er i mål.

Kravspesifikasjon er diskutert innad i gruppa og med ekstern veileder, gruppa har foreslått enkelte endringer og presiseringer. Gruppa har avtalt med ekstern veileder og utarbeide detaljerte tekniske krav til systemet som en tolkning av den overordnede kravspesifikasjonen, og diskutere disse med ekstern veileder.

Gruppa har sammen og individuelt diskutert og sett videre på ulike konsepter for de nødvendige mekanismene og overordnet systemarkitektur. Gruppa har også planlagt tekniske oppgaver som bør utføres som del av første iterasjon.

Oppfølgingsdokument Gruppe 10 – uke 4

Uke 4

John Kristoffer Kristiansen

Forrige ukes arbeid	Neste ukes arbeid
<p>Fortsatte med arbeid rundt prosjektmodell, prosjektplan og testplan</p> <p>Sett hvordan Unified Process trenger use cases og risikoanalyser.</p> <p>Gitt arbeid til andre rundt prosjektplanleggingen.</p>	<p>Må bli ferdig med prosjektplan og prosjektmodell.</p> <p>Må bli ferdig med testplan.</p> <p>Må ha en god forståelse på UP.</p> <p>Må få i gang Power Pointen og øve til presentasjonen.</p>

Christoffer Mehren

Forrige ukes arbeid	Neste ukes arbeid
<p>Utarbeiding av prosjektplan og sett nærmere på prosjektmodell.</p> <p>Sett på tidligere bachelorprosjekter og hvordan de løser blant annet kravsetting og testing.</p> <p>Utarbeiding av avledede underkrav for elektro.</p> <p><i>Avvik:</i> Systemdiagram og innkjøpsliste ble bortprioritert.</p>	<p>Nødvendig arbeid til første presentasjon.</p> <p>Ferdigstille prosjektplan.</p> <p>Elektronisk konseptutvikling, se mer på hvordan forskjellige motorer styres (bl.a. servo).</p>

Ole Christian Walvatne Kopland

Forrige ukes arbeid	Neste ukes arbeid
<p>Test av Ethernet-Arduino kommunikasjon + enkel GUI</p> <p>Utarbeiding av prosjektplan og prosjektmodell sammen med de andre.</p> <p>Sett på komponenter og løsninger for data</p> <p>Startet å lage underkrav til hovedkrav i data</p> <p>Litt arbeid med nettside</p> <p>Arbeid med modell for «Unified Process» og prosjektplan.</p> <p><i>Avvik:</i> Nettside ble ikke prioritert fordi det er andre oppgaver som er viktigere. + Jeg har ikke fått et område for nettside ennå.</p>	<p>Få Ethernet-Arduino kommunikasjon til å fungere.</p> <p>Lage knapp i GUI som kan styre en LED på Arduino.</p> <p>Bli ferdig med underkrav til data</p> <p>Bli ferdig med modellen for Unified Process</p> <p>Arbeid med første presentasjon</p>

Tobias Nilsen

Forrige ukes arbeid	Neste ukes arbeid
<p>Mekanismer- og utfyringsdiskusjon.</p> <p>Utarbeiding av test og verifikasjonsplan / mal for verifikasjon av forskjellige krav.</p> <p>Unified process læring.</p>	<p>Grovt konsept av avfyringsmetode skal bli mer detaljert denne uken.</p> <p>Hvordan gjøre prosjektet arbeidstungt for alle 3 linjer fra begynnelsen.</p> <p>Arbeid med første presentasjon.</p>

Martin Slettedal

Forrige ukes arbeid	Neste ukes arbeid
<p>Utarbeiding av prosjektplan og prosjektmodell sammen med de andre.</p> <p>Diskusjon angående ulike konsepter for mekanismer.</p> <p>Kom opp med forslag til rotasjonsmekanisme</p> <p>Utarbeiding av testplan og mal for testing.</p> <p>Satte meg inn i UP</p>	<p>Arbeid med første presentasjon</p> <p>Ferdigstille prosjektplan</p> <p>Spikre underkrav (mekanisk)</p> <p>Videre mekanisk konseptutvikling</p>

Simen Tråstadkjølen

Forrige ukes arbeid	Neste ukes arbeid
<p>Utarbeiding av prosjektplan og prosjektmodell sammen med de andre.</p> <p>Diskusjon angående ulike konsepter for mekanismer.</p> <p>Begynte med preliminære 3D-modeller som grunnlag for å implementere mekanismene.</p> <p>Utarbeiding av enkelte detalj/under-krav, og sett på hvordan disse bør verifiseres.</p>	<p>Arbeid med første presentasjon.</p> <p>Ferdigstille prosjektplan sammen med gruppa.</p> <p>Videre arbeid med utarbeiding av krav, samt test/verifikasjonsplan.</p> <p>Begynne ordentlig med konseptutvikling og konseptvalg for mekanisk.</p>

Prosjektets status

Vi planlegger å være helt klare med prosjektmodeller, prosjektplaner og testplan før uken er over. Ifølge den grove planen vi har er vi enda innenfor med tanke på tid, men presentasjonen nærmer seg fort. Alt som skal være med på presentasjonen må være ferdig denne uken så vi kan bruke neste uke på øving til presentasjonen. Vi satt oss i karantene på grunn av smitte i gruppen, og måtte derfor ta alt digitalt, men vi fikk gjort mye selv om det var digitalt.

Status for kritiske aktiviteter

Prosjektmodellen, prosjektplanen og testplanen må være ferdig så vi kan bruke de i neste uke til å lage presentasjonen. Risikoanalyse og use cases bør også startes på om de er nødvendig for presentasjonen i forhold til prosjektmodellen.

Oppfølgingsdokument gruppe 10 – uke 5

Uke 5

John Kristoffer Kristiansen

Forrige ukes arbeid	Neste ukes arbeid
<p>Satt opp alt nødvendig dokumentasjon før presentasjon 1. Skrevet utfyllende dokumentasjon om Unified Process prosjektmodell, prosjektplan og tidslinje. Satt i gang powerpoint struktur, og manus skriving.</p> <p><i>Avvik:</i> Teknisk arbeid ble utsatt pga arbeid rundt presentasjon 1</p>	<p>Fullføre dokumentasjonen som skal før presentasjon 1, skrive manus før presentasjon og øve før presentasjon 1.</p>

Christoffer Mehren

Forrige ukes arbeid	Neste ukes arbeid
<p>Diskusjoner rundt og arbeid med dokumentasjon som skal være klart til første presentasjon. Arbeid på første presentasjon.</p> <p><i>Avvik:</i> Ble ikke tid til å se på noe elektrisk.</p>	<p>Fortsette med nødvendig arbeid til presentasjon 1. Dokumentasjon, PowerPoint, øving og fremføring.</p>

Ole Christian Walvatne Kopland

Forrige ukes arbeid	Neste ukes arbeid
<p>Design av modeller og logo for presentasjon 1</p> <p>Forberedelser til presentasjon 1</p> <p>Påbegynt Use Case for mikrokontroller, GUI og for operatør.</p> <p>Arbeid med krav og underkrav.</p> <p>Hjulpert til med arbeid av prosjektplan.</p> <p>Avvik: Arbeid med Arduino og GUI ble utsatt fordi vi må prioritere presentasjon 1.</p>	<p>Lage ferdig min del av Power Point</p> <p>Bli ferdig med dokumentasjon som skal leveres</p> <p>Skrive og øve på hva jeg skal snakke om i presentasjonen</p> <p>Fremføre presentasjonen</p>

Tobias Nilsen

Forrige ukes arbeid	Neste ukes arbeid
<p>Møteagendaer for denne uken og logo-oppdatering. Lagde powerpoint med OC. Lagde Testplan med MS. Lagde ferdig risikoanalyse dokument for bruk i testplan og generelt.</p> <p>Avvik: begynte ikke på presentasjon før seint i uken.</p>	<p>Presentasjonsarbeid. Øve til presentasjon.</p>

Martin Slettedal

Forrige ukes arbeid	Neste ukes arbeid
<p>Hovedfokuset og arbeidet mitt var testplanen Hjulpet med prosjektmodell. Forberedelser til første presentasjon</p> <p>Avvik: Drev ikke på med noe teknisk arbeid, da alt fokus måtte være på første presentasjon.</p>	<p>Lage ferdig min del av powerpointen. Øve til presentasjon. Skrive ferdig dokumentasjon på testplan. Fremføre presentasjon.</p>

Simen Tråstadkjølen

Forrige ukes arbeid	Neste ukes arbeid
<p>Arbeid med klargjøring og ferdigstilling av dokumentasjon som skal leveres i forkant av presentasjon 1; testplan, kravspesifikasjon og prosjektplan.</p> <p>Avvik: Ikke noe teknisk arbeid, fokus på forberedelser mot presentasjon 1.</p>	<p>Komme i gang med teknisk arbeid. Konseptutvikling og konseptvalg. Eventuelle endringer oppdateringer basert på tilbakemelding fra første presentasjon.</p>

Prosjektets status

Denne uken satt vi oss inn i hva som skulle være med i presentasjonen, samt la opp en plan for hvordan vi skulle jobbe frem mot denne. Vi har diskutert prosjektmodellen i plenum så vi får dette forstått før vi presenterer denne i presentasjonen.

Planen for neste uke er å gå mer over i den tekniske delen av prosjektet. Vi har mye å sette oss inn i, så dette blir en oversiktlig overgang.

Status for kritiske aktiviteter

Prosjektplanen er ferdig, og vi har utarbeidet en prosjektmodell og diskutert denne ferdig i gruppen. Utkastene til milepælene er nå enda mer nøyaktig og vi er selvsikre på at dette er de vi fortsetter med, men endringer kan forekomme når prosjektet kommer ut på vårparten.

Kravspesifikasjon er diskutert og ferdig skrevet. Planlagte tekniske oppgaver som skal utføres som en del av første iterasjon ble satt på vent, og vil tas opp igjen neste uke

Oppfølgingsdokument Gruppe 10 – uke 6

Uke 6

John Kristoffer Kristiansen

Forrige ukes arbeid	Neste ukes arbeid
<p>Gjort ferdig powerpoint og manus</p> <p>Gjennomført presentasjon 1</p>	<p>Lage iterasjonsplan og iterasjonsrapport</p> <p>Fikse oppfølgingsdokument og testplan</p> <p>Sjekke eventuelle tilbakemeldinger fra veileder.</p>

Christoffer Mehren

Forrige ukes arbeid	Neste ukes arbeid
<p>Arbeidet med framføringen og gått gjennom dokumentasjon.</p> <p>Ferdigstilling av manus.</p> <p>Øving på manus og presentering.</p> <p>Framføring av presentasjon.</p>	<p>Diverse endringer basert på tilbakemelding i forbindelse med første presentasjon.</p> <p>Oppfølgingsdokument, iterasjonsplan og -rapport, timelister, testplan osv.</p> <p>Se på elektriske løsninger og dokumentere mulige komponenter.</p>

Ole Christian Walvatne Kopland

Forrige ukes arbeid	Neste ukes arbeid
<p>Ferdigstille modeller og slides til Power Point</p> <p>Ferdigstille dokumenter til presentasjon</p> <p>Generelle forberedelser til presentasjon</p> <p>Fremføring av presentasjon</p>	<p>Diverse endringer basert på tilbakemelding i forbindelse med første presentasjon.</p> <p>Oppfølgingsdokument, iterasjonsplan og -rapport, timelister, testplan osv.</p> <p>Få nettside til å fungere.</p> <p>Fortsette å se på Arduino, GUI og Ethernet.</p>

Tobias Nilsen

Forrige ukes arbeid	Neste ukes arbeid
<p>Ferdigstille presentasjon, egne manus og dokumenter som følger med.</p> <p>Ingen avvik fra planen</p>	<p>Gå mer inn i det tekniske og skrive en rapport om hvordan 3D print kan ferdigstilles til en god finish. Tillegg til dette skal oppfølgingsdokumenter og generelle tilbakemeldinger fra presentasjonen jobbes med.</p>

Martin Slettedal

Forrige ukes arbeid	Neste ukes arbeid
<p>Jobbet med klargjøring av powerpoint og dokumenter til første presentasjon.</p> <p>Øving til første presentasjon, gjennomføring av første presentasjon.</p>	<p>Lage iterasjonsplan og iterasjonsrapport</p> <p>Revidere oppfølgingsdokumenter, fikse på testplan.</p>

Simen Tråstadkjølen

Forrige ukes arbeid	Neste ukes arbeid
<p>Klargjøring av dokumenter til første presentasjon.</p> <p>Forberedelser til første presentasjon.</p>	<p>Diverse endringer basert på tilbakemelding i forbindelse med første presentasjon.</p> <p>Oppfølgingsdokument, iterasjonsplan og -rapport, timelister, testplan osv.</p> <p>Se på konsepter og tilgjengelige komponenter.</p>

Prosjektets status

Prosjektets første presentasjon er ferdig. Vi vil begynne med iterasjon, og rette på tilbakemeldingen fra presentasjon 1.

Status for kritiske aktiviteter

Må få i gang iterasjon, og fikse oppfølgingsdokumentene. Dette blir fikset denne uken

14.02 – 21.02, Uke 7

Bachelorgruppe 10

John Kristiansen

Forrige ukes arbeid - timer	D	Beskrivelse	S	Neste ukes arbeid
Oppfølgingsdokument og timelister - 10		Gjort ferdig første og andre utkast av oppfølgingsdokumentet. Venter på tilbakemelding fra veileder		Lage rapport for tidligere iterasjoner.
Iterasjonsrapport og plan - 5		Iterasjonsplan for utdyping 2 ferdig.		Mulig revidering av oppfølgingsdokumentet etter tilbakemelding.
Use case - 2		Lest og sett på use cases med Ole Christian. Mulig vi må ta kontakt med lærer som vet mer.		Mer design og research rundt strømforsyning.
Elektriske konsepter - 5		Gjort tanker rundt strømforsyning. Sett på viktige elementer rundt strømforsyning og standarder for det.		
Møter og veiledning - 3,5				

Timer denne uken – 25,5 Timer totalt – 155,5

Christoffer Mehren

Forrige ukes arbeid - timer	D	Beskrivelse	S	Neste ukes arbeid
Møter og veiledning - 3,5		Møte med intern- og ekstern veileder. Gruppemøter.		Fortsette å lese om motorkontroll.
Systemarkitektur - 1		Hjelpe Simen med å lage diagram/oversikt over systemets deler.		Research på Battery Management System.
Research servokontroll - 3		Lese om motorkontroll. Bok: <i>Modeling and High-Performance Control of Electric Machines</i>		Finne ut krav til strømforsyning. Lage enkel kretstegning.
Elektriske konsepter - 5		Opprettet et komponentresearchdokument. Ført inn tidligere funn, og utfylt videre.		
Revidere testplan - 2		Lese, godkjenne og utvide testplan. Legge til testmetoder for elektriske funksjoner.		
Iterasjonsrapport og -plan - 5		Utarbeide en liste over ting som må gjøres, sett fra et elektroperspektiv. Bruke listen til å lage mål for iterasjonen.		

Timer denne uken – 19,5 Timer totalt - 139

Ole Christian W. Kopland

Forrige ukes arbeid - timer	D	Beskrivelse	S	Neste ukes arbeid
Oppfølgingsdokument-3		Se på ny versjon av oppfølgingsdokument med John.		Teste komponenter til datadel.
Nettside - 4,5		Nettside påbegynt og lagt ut på område.		Utfylle nettside med bilder og tekst.
Use Case - 5		Lest om og laget Use Case for systemet.		Videre arbeid med Use Case
Iterasjonsrapport og -plan - 2		Laget plan for datadel i iterasjonen.		Gjøre ferdig RD001, deretter planlegge innkjøp.
Revidere kravspesifikasjon - 1		Oppdatere kravspesifikasjon til revisjon B.		
Møter og veiledning - 3,5		Møte med intern og ekstern veileder. Gruppemøter.		
Testplan - 2,5		Testplan for datadel.		
Valg av komponenter og programvare til datadel - 2		Finne ut hvilke komponenter og programvare som skal brukes i datadel. Sammenlikninger med Pugh-matriser. Dokumentert i RD001.		

Timer denne uken - 25,5 Timer totalt - 155

Simen Tråstadkjølen

Forrige ukes arbeid - timer	D	Beskrivelse	S	Neste ukes arbeid
Iterasjonsrapport og -plan - 10		Oppsett for iterasjonsplaner og arbeidsoppgaver for denne iterasjonen.		Iterasjonsrapport for tidligere arbeid.
Oppfølgingsdokument og timelister - 2				Se på konsepter for mekanisk. Lage noen skisser og 3D-modeller.
Research avfyring av prosjektiler - 7		Planlegging og forberedelser.		Testing av avfyring av prosjektiler.
Testplan - 2		Tester og kriterier for revisjon B.		

Systemarkitektur - 3		Begynt på diagram/oversikt.		
Møter og veiledning - 3,5				
Timer denne uken – 27,5		Timer totalt – 165,5		

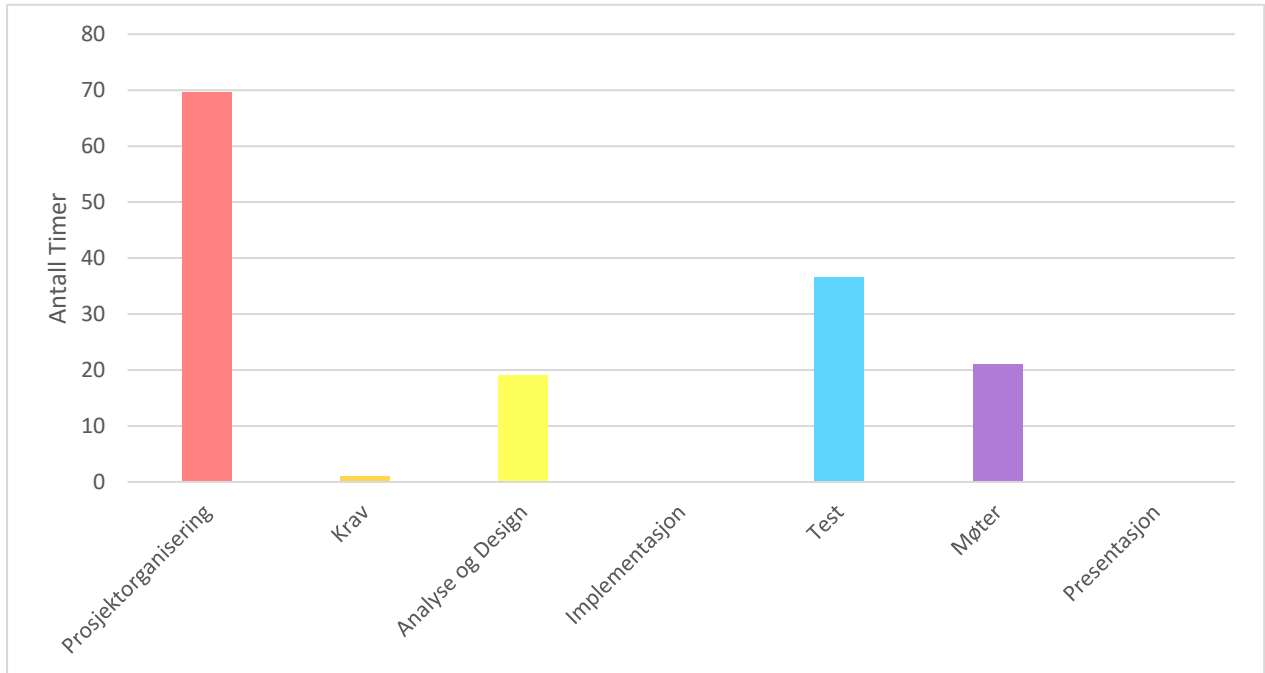
Martin Slettedal

Forrige ukes arbeid - timer	D	Beskrivelse	S	Neste ukes arbeid
Iterasjonsrapport og -plan - 7,5		Oppsett for iterasjonsplaner og arbeidsoppgaver for denne iterasjonen.		Testing av avfiring av prosjektiler
Revidere testplan - 10		Skrev testplan revisjon B. Gjorde flere endringer på blant annet testmetoder, planlagte tester.		Se på mekaniske konsepter.
Research avfiring av prosjektiler - 7		Planlegging og forberedelser		3D-print. Måle hullavvik og strekktesting av prøvestaver.
Research 3D-print - 1		Lagd plan på hvordan og hva vi skal teste i forbindelse med 3D-print		
Møter og veiledning - 3,5		Møte med ekstern og intern veileder. Gruppemøter.		
Timer denne uken – 29		Timer totalt - 160		

Tobias Nilsen

Forrige ukes arbeid - timer	D	Beskrivelse	S	Neste ukes arbeid
Møter og veiledning - 3,5		Møte med intern og ekstern veileder. Gruppemøter.		Ferdigstille RA001 etter tilbakemeldinger.
Research 3D-print - 8		Laget mal for oppgaver om temaet. Testing av overflate-finish på 3D-print på komposittblabben. Diskusjon om 3D-print muligheter.		Overflate-finish og strekkteste printretningen av 3D-testbiter.
Risikoanalyse – 8,5		RA001 – risikoanalyse og diskusjon om rapporten.		
Iterasjonsrapport og -plan - 3		Bidratt i iterasjonsplanen ved å legge inn 3D-print-arbeidsoppgaver etter diskusjoner i gruppen om arbeidet.		
Oppfølgingsdokument og timelister - 2		Lagt inn i ny oppfølgingsdokument-mal.		
Timer denne uken – 25		Timer totalt – 156,5 timer		

D - Disiplin	Prosjektorganisering	Krav	Analyse og design	Implementasjon	Testing	Møter	Presentasjon
S - Status	Arbeidet er ferdig og dokumentert		Arbeidet er påbegynt, men fortsetter neste uke og er innenfor planen		Arbeidet er ikke startet eller blir ikke ferdig i forhold til planen		

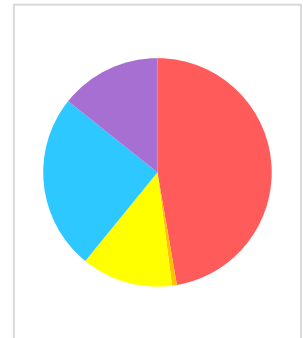


Iterasjonens status:

Per nå er iterasjonen planlagt og godt i gang. Neste uke vil det mer praktiske starte ettersom denne uken har gått til mye justeringer i prosjektorganisering. Det gjenstår to uker av denne iterasjonen og alle oppgaver er påbegynt.

Avvik fra plan og viktige oppgaver som må gjøres:

Det er viktig at de tidligere iterasjonene blir dokumentert. Dette skal gjøres så fort som mulig denne uken, og ligger allerede planlagt i iterasjonsplanen.



Oppfølgingsdokument

21.02.22 – 28.02.22, uke 8

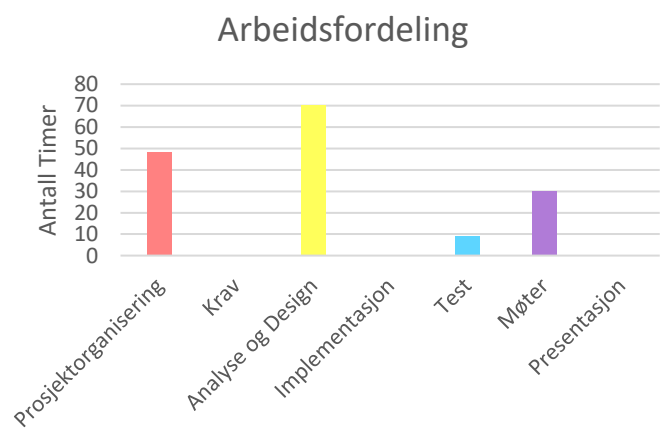
Bachelorgruppe 10

Status for prosjektet

Vi er nå i siste uke av utdypning 2 iterasjonen. Nå som oppfølgingsdokumentene og timelistene er revidert, vil mye av fokuset ligge på analyse og design, og test. Innkjøpslisten skal være klar til fredagen, og vi vil da ha et visst bilde av hvordan launcheren skal se ut. Det viktigste nå er å fastslå avfyringsmekanismen, siden mye av det rundt avhenger av dette.

Oversikt timer

Person	Denne uka	Totalt
John	29,5	185
Simen	31,5	197
Christoffer	24,5	163,5
Ole Christian	23	178
Martin	25,5	185,5
Tobias	25	179,5
Totalt	159	1088,5



D - Disiplin	Prosjekt-organisering	Krav	Analyse og design	Implementasjon	Testing	Møter	Presentasjon
--------------	-----------------------	------	-------------------	----------------	---------	-------	--------------

S - Status	Arbeid er ferdig og dokumentert	Arbeide er påstartet, men fortsetter neste uke og er innenfor planen	Arbeidet er ikke startet eller blir ikke ferdig i forhold til planen
------------	---------------------------------	--	--

Oppgaver og timer per person

John Kristiansen

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Iterasjonsrapport og -plan	10		Samlet oppgaver fra timelister. Laget iterasjonsrapporter for innledning og utdypning 1.	
Oppfølgingsdokument og timelister	5		Revidert strukturen i oppfølgingsdokumentet og timelister og lagt inn like farger overalt.	
Møter og veiledning	5,5		Gruppemøter og møter med intern og ekstern veileder. Møte med Karoline om oppfølgingsdokumenter.	



Elektriske konsepter	9		Sett på strømforsyning krav og hvordan batteri påvirker strømforsyningen ved utkobling.	
----------------------	---	--	---	--

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Elektriske konsepter		Lage en rapport for strømforsyning og komme med forslag på mulig løsning
Innkjøpsplan		Lage ferdig innkjøpsliste for elektrokomponenter.

Christoffer Mehren

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Møter og veiledning	6		Gruppemøter og møter med intern og ekstern veileder. Referat for møte med intern veileder. Skrevet møteagendaer for begge veiledningsmøtene.	
Elektriske konsepter	7		Utforsket rotasjonsenkodere og motorer. Sett på krav til strømforsyning.	
Iterasjonsrapport og -plan	6,5		Skrive iterasjonsrapport for innledningsfasen. Fulle inn detaljer i rapporten for utdypning 1. Rettskriving.	
Oppfølgingsdokument og timelister	5		Ført inn i oppfølgingsdokument og timeliste. Gjort at alt i oppfølgingsdokumentet samsvarer med hverandre.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Elektriske konsepter		Fortsette med research på komponenter og komme med forslag til valg av de viktigste delene (motor, enkoder).
Research servokontroll		Fortsette å lese om servokontroll og prøve å simulere.

Ole Christian W. Koplund

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Oppfølgingsdokument og timelister	1,5		Lage ny timeliste som skal følge med oppfølgingsdokumentet. Kode makro til automatisk farging av celler.	
Iterasjonsrapport og -plan	7		Skrevet inn i iterasjonsrapport for Innledning og utdypning 1 fasene. Skrevet inn i iterasjonsplanen for utdypning 2.	
Gruppemøter/iterasjonsmøter/ Veiledningsmøter	4,5		Interne gruppemøter innad i gruppen. Veiledningsmøte med ekstern og intern veileder.	
Valg av komponenter og programmer til datadel	7		Research og arbeid med "RD001 - Valg av komponenter og programvare".	

Test av GUI, Ethernet og mikrokontroller	2		Research og testing av "Qt" GUI etter anbefaling av KDA.	
--	---	--	--	--

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Valg av komponenter og programmer til datadel		Skrive ferdig "RD001 - Valg av komponenter og programvare". Velge hvilke komponenter som skal brukes i systemet.
Test av GUI, Ethernet og mikrokontroller		Research og testing av "Qt GUI". Se på kode og teste Arduino-Ethernet kommunikasjon.
Nettside		Oppdatere nettside og lage en bloggpost.
Lage use cases		Bli ferdig med use cases til systemet, "Class diagram" og "Sequence Diagram"
Innkjøpsplan		Finne ut hvilke komponenter som skal kjøpes til datadel og hvor de skal kjøpes og leveringstider.

Simen Tråstadkjølen

Førrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Oppfølgingsdokument og timelister	2,5		Nytt oppsett for oppfølgingsdokument og timelister. Diskusjoner og endringer.	
Iterasjonsrapport og -plan	4		Arbeid med iterasjonsrapporter for tidligere arbeid.	
Pappmodell	1		Lage tegning og mål for pappmodell.	
Møter og veiledning	5		Gruppemøter og møter med intern og ekstern veileder. Referat for møte med intern veileder.	
Research avfyring av prosjektiler	1		Lage testtrigg.	
Mekaniske konsepter	17,5		Se på avfyringsmekanismer. Skrive utviklingslogg for arbeid i utdypning 2 og tidligere faser. Research, skissering og 3D-modeller. Finne løsninger for strukturell oppbygning av bunnstruktur og 3D-modell av denne.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Iterasjonsrapport og -plan		Skrive iterasjonsplan for konstruksjon 1 og rapport for utdypning 2.
Systemarkitektur		Lage oversikt over grensesnitt mellom komponenter.
Research avfyring av prosjektiler		Gjennomføre testing og skrive kort rapport.



Mekaniske konsepter		Konseptutvikling og konseptvalg, hovedfokus på avfyring (mitt hovedansvarsområde).
---------------------	--	--

Martin Slettedal

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Utarbeiding av testplan rev. C	3		Revidering av testplan rev. B.	
Møter og veiledning	4,5		Interne gruppemøter innad i gruppen. Veiledningsmøte med ekstern og intern veileder.	
Research på avfyring av projektiler	3		Lime på stålrør. Fått tak i utsyr vi trenger til å få gjennomført testingen.	
Research 3D-print	3,5		Opprettet utviklingslogg, samt fått printet de delene vi trenger for å gjennomføre testingen.	
Iterasjonsrapport og -plan	2		Fylt inn i iterasjonsrapporter.	
Risikoanalyse	1,5		Revidering av risikoanalysen.	
Mekaniske konsepter	8		Research rotasjon. Nye forslag til å løse rotasjonen i mini launcheren. Opprettet logg.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Mekaniske konsepter		Mekaniske konsepter og utvikling. Rotasjonsmekanisme (mitt hovedansvarsområde).
Research 3D-print		Gjennomføre strekktest, og måle hullavvik. Skrive rapport.
Research avfyring av projektiler		Gjennomføre test. Skrive rapport.

Tobias Nilsen

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Research 3D-print	11,5		Fortsatt på rapport som skal være til testingen, internett research.	
Mekaniske konsepter	5,5		Internett research for elevasjonsdelen jeg har ansvar for, og arbeidshjelp mot avfyringskonsepter.	
Veiledning og møter	4,5		Veiledningsmøte med ekstern og intern veileder, daglige møter med gruppen og iterasjonsmøte.	
timelister og oppfølgings - dokument	3,5		Forrige ukes og denne ukens oppfølgingsdokument og timelister.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Research 3D-print		Teste 3D-print overflate-finishing og ferdigstille rapport. Strekkteste prøver for å kartlegge printeregenskaper.
Mekaniske konsepter		Finne konsept for elevasjon og se på komponenter for innkjøp.
Innkjøpsplan		Ferdigstille innkjøpsplan.

Vedlegg 1, Ukens timelister: Uke 8

John Kristiansen

21/2/2022	5	Prosjektorganisering	Revidert oppfølgingsdokumentet og timelister etter at det ikke kom klart fram hva som måtte gjøres. Nå skal der være farger som indikerer disiplinen i oppfølgingsdokumenter, timelister og iterasjonsplan som er felles for alle.
23/2/2022	1	Møter	Ukentlig veiledermøte med intern veileder, Kjell enger. Se møtereferat MRI06.
23/2/2022	0.5	Møter	Daglig internt møte med prosjektgruppen.
23/2/2022	1	Møter	Møte med Karoline om oppfølgingsdokumentet. Fikk tilbakemelding på ny revidert oppfølgingsdokument og tips om forbedring. Samtidig avtalt henting fra Storaas om Kjell ikke skulle hatt mulighet.
23/2/2022	5	Analyse og design	Utforsket power supply muligheter og samlet alle bruksspenninger som vi har så langt som må tas i betraktning. Vil trenge å se mer på batteriet som jeg tenker å ha med som neste steg.
24/2/2022	0.5	Møter	Daglig internt møte med prosjektgruppen
24/2/2022	3	Prosjektorganisering	Samlet inn oppgaver fra tidligere timelister som var i innledningiterasjonen og utdypning 1-iterasjonen og lagt en konkret liste om oppgaver som skal lages en iterasjonsrapport om.
24/2/2022	6	Prosjektorganisering	Skrevet iterasjonsrapport for innledningsiterasjonen og utdypning 1-iterasjonen. Disse iterasjonene kom sent i prosjektplanen og ble ikke planlagt, men det vi gjorde i de periodene dekker enda hva som skulle blitt gjort i de iterasjonene.
25/2/2022	1	Møter	Ukentlig veiledermøte med ekstern veileder, Vanja Halvorsen. Se møtereferat MRE06.
25/2/2022	1.5	Møter	Ukentlig iterasjonsmøte internt i gruppa. Gjennomgang av oppgaver fra iterasjonsplanen Utdypning 2. Se møtereferat MRP01
25/2/2022	1	Prosjektorganisering	Ferdigstilte iterasjonsrapportene. Disse skal nå være klare til å sendes til Kjell for tilbakemelding.
25/2/2022	4	Analyse og design	Begynte å se på strømforsyning og kravene som må oppfylles innenfor dette. Smått begynt på mulige løsninger for batteri delen.

Christoffer Mehren

21/2/2022	2.5	Prosjektorganisering	Ført inn i oppfølgingsdokument og timeliste. Laget møteagenda for møter med intern og ekstern veileder.
21/2/2022	2.5	Prosjektorganisering	Gjort at alt i oppfølgingsdokumentet samsvarer med hverandre. Lest og rettet iterasjonsplan slik at alt samsvarer.
23/2/2022	1	Møter	Ukentlig veiledningsmøte med intern veileder, Kjell Enger. Se møtoreferat MRI06.
23/2/2022	0.5	Møter	Gruppemøte.
23/2/2022	4	Analyse og design	Utforsket rotasjonsenkodere og motorer. Lagt til i komponentresearchdokumentet.
23/2/2022	1	Prosjektorganisering	Rette opp i oppfølgingsdokument. Legge til automatisk fargeformatering i timelister.
24/2/2022	6	Prosjektorganisering	Skrive iterasjonsrapport for innledningsfasen. Gjøre små endringer i iterasjonsrapporten for utdypning 1.
24/2/2022	0.5	Møter	Gruppemøte.
25/2/2022	3	Analyse og design	Startet å se på krav til strømforsyning. Dokumenteres under "Krav til strømforsyning" i elektromappen.
25/2/2022	1	Møter	Ukentlig veiledningsmøte med ekstern veileder, Vanja. Se møtoreferat MRE06.
25/2/2022	1	Prosjektorganisering	Skrive møtoreferat MRE06. Fulle inn datoer og regne timer i de to tidligere iterasjonsrapportene.
25/2/2022	1.5	Møter	Internt møte med gruppen for å vurdere iterasjonens status. Se referat MRP01.

Ole Christian W. Kopland

23/2/2022	1	Møter	Ukentlig veileidermøte med intern veileder, Kjell enger. Se møtereferat MRI06.
23/2/2022	0.5	Møter	Daglig internt møte med prosjektgruppen.
23/2/2022	3	Analyse og design	Arbeid med "RD001 - Valg av komponenter og programvare". Jeg lager Pugh matriser og sammenlikner diverse mikrokontrollere. Jeg skriver også om mikrokontrollere i prosjekter og hvorfor jeg har valgt de spesifikke typene.
23/2/2022	4	Prosjektorganisering	Strukturering og utfylling av "Iterasjonsplan ". Jeg setter inn min plan for prosjektet og en start- og sluttdato. Jeg legger også til "Hyperlenker" og fargekoder i dokumentet.
24/2/2022	2	Analyse og design	Videre arbeid med "RD001 - Valg av komponenter og programvare". Jeg fyller ut mer informasjon og skriver om valg av program til utvikling og for å lage GUI.
24/2/2022	0.5	Møter	Daglig internt møte med prosjektgruppen.
24/2/2022	3	Prosjektorganisering	Utfylling av "IR001 og IR002, Iterasjonsrapporter". Jeg fyller ut hva jeg gjorde i Innledningsfasen og Utdypningsfase 1. Jeg skriver også ned antall timer og status på hva som er gjort.
25/2/2022	1	Møter	Ukentlig veileidermøte med ekstern veileder, Vanja Halvorsen. Se møtereferat MRE06.
25/2/2022	1.5	Møter	Iterasjonsmøte for Utdypning 2. Se på status for hver person. Se møtereferat MRP01.
25/2/2022	1.5	Prosjektorganisering	Lage ny timeliste som skal følge med oppfølgingsdokumentet. Jeg lager strukturen og en automatisk "macro" som kan legge til farger av disipliner automatisk.
25/2/2022	2	Analyse og design	Research og testing av "Qt" GUI. Dette er programmet KDA bruker for å lage GUI. Jeg skal prøve meg fram på dette programmet før møte med en dataingeniør fra KDA. (Muligens neste uke)
25/2/2022	2	Analyse og design	Arbeid med "RD001 - Valg av komponenter og programvare". Jeg ser på Ethernet-adapter og valg av program for å lage GUI og koding av mikrokontroller.
27/2/2022	1	Prosjektorganisering	Timelister og dokumentasjon av eget arbeid.

Simen Tråstadkjølen

21/02/2022	1.5	Prosjektorganisering	Oppsett oppfølgingsdokument
21/02/2022	1	Prosjektorganisering	Kveldsmøte med John angående oppfølgingsdokument
21/02/2022	1	Analyse og design	Lage tegning med mål til pappmodell
23/02/2022	0.5	Møter	Gruppemøte
23/02/2022	2	Møter	Veiledningsmøte og referat
23/02/2022	1	Testing	Testing avfiring; lage testtrigg
23/02/2022	3.5	Analyse og design	Konsepter; research ulike konsepter og skrive utviklingslogg for avfiring
24/02/2022	0.5	Møter	Gruppemøte
24/02/2022	4	Prosjektorganisering	Iterasjonsrapport og -plan; jobbe med rapport for utdypning 1 og innledning
24/02/2022	2	Analyse og design	Konsepter; avfyringsmekanismer og se på tilgjengelige komponenter
24/02/2022	2	Analyse og design	Konsepter; alternativt konsept for avfiring, lage 3D-modeller og skisser
25/02/2022	1	Møter	Veiledningsmøte med ekstern veileder
25/02/2022	1.5	Møter	Gruppemøte
25/02/2022	2	Analyse og design	Konsepter; demontere Nerf-gevær for å lære mer om den typen mekanisme, diskusjon med Martin om rotasjon og strukturell oppbygning.
25/02/2022	2	Analyse og design	Konsepter; skrive i utviklingslogg for avfiring om ulike konsepter og lage illustrasjoner
26/02/2022	4	Analyse og design	Konsepter; se på hvordan bygge opp Launcherens bunnstruktur strukturelt, 3D-modellering
26/02/2022	2	Analyse og design	Konsepter; se på hvordan bygge opp Launcherens bunnstruktur strukturelt, 3D-modellering

Martin Slettedal

23/2/2022	3	Testing	Utarbeiding av testplan Rev C
23/2/2022	1	Møter	Internveiledningsmøte med Kjell Enger. Snakket om iterasjonsplan og testplan.
23/2/2022	0.5	Møter	Gruppemøte
23/2/2022	1	Testing	Lage testtrigg. Lime på stålrør til testtriggen.
23/2/2022	3.5	Analyse og design	3D-printing. opprettet utviklingslogg for 3D-printing.
24/2/2022	1	Prosjektorganisering	Revidering av risikoanalyse med Tobias.
24/2/2022	2	Prosjektorganisering	Fylt ut min del av iterasjonsrapportene, samt lagt til oppgaver.
24/2/2022	2	Testing	Fått tak i trykkreguleringsventil. Montert på hurtigkobling slik at vi kan koble trykkpistol rett på trykkreguleringsventilen.
24/2/2022	3	Analyse og design	Opprettet utviklingslogg for rotasjon. Forslag til rotasjonsmekanisme.
25/2/2022	1	Møter	Eksternveiledningsmøte med Vanja. Viste frem ulike konsepter og sånn som vi har jobbet med.
25/2/2022	0.5	Møter	Gruppemøte
25/2/2022	1.5	Møter	Ukentlig iterasjonsmøte. Status for arbeidsoppgaver
25/2/2022	5	Analyse og design	Research rotasjon. Laget nye forslag til rotasjonsmekanismen. Ser på hvordan vi kan løse rotasjon.
27/2/2022	0.5	Prosjektorganisering	Timelister og oppfølgingsdokument

Tobias Nilsen

21/02/2022	2	Prosjektorganisering	timelister og oppfølgingsdokument - nytt dokument
23/02/2022	1	Møter	Veiledningsmøte med intern veileder
23/02/2022	0.5	Møter	daglig møte med gruppen
23/02/2022	6	Analyse og design	fortsettelse på research av 3D print, men gjennom internett pga COVID
24/02/2022	1	Møter	Veiledningsmøte med ekstern veileder
24/02/2022	5.5	Analyse og design	"Planlegging av neste ukes arbeid på grunn av utsettelse. Samt research av materialvalg og 3D print"
24/02/2022	0.5	Møter	daglig møte med gruppen
25/02/2022	4.5	Analyse og design	mekaniske konsepter - arbeid
25/02/2022	1.5	Møter	daglig møte med gruppen
25/02/2022	1	Analyse og design	Endret og diskutert mål for "Prosjekt1 - konfigurasjon stort hull" fra 6,2mm til 6,1mm. og alle andre konfigurasjoner til samme mål. For at den skal passe iterasjonsoppgaven "avfyringstest"
27/02/2022	1.5	Prosjektorganisering	timelister og oppfølgingsdokument

Oppfølgingsdokument

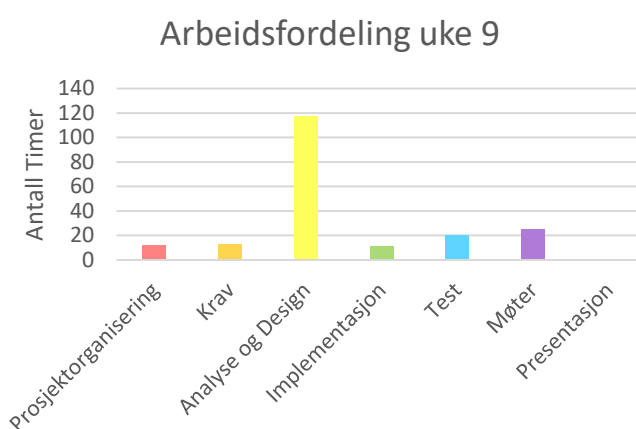
28.02.2022 til 07.03.2022, uke 9

Bachelorgruppe 10

Prosjektet har nå avsluttet utdypning 2 iterasjonen og vi starter nå med konstruksjon 1. Noen oppgaver ble ikke påbegynt på grunn av utforutsette ting, men blir flyttet til en senere iterasjon. Oppgaver som servokontroll blir enklere å gjøre når vi har fysiske motorer å bruke. Neste iterasjon vil vare i to uker, og vi vil bruke tilbakemeldingen fra presentasjon 2 til å basere neste iterasjon, konstruksjon 2.

Oversikt timer

Person	Denne uka	Totalt
John	36,5	221,5
Simen	29	226
Christoffer	31	194,5
Ole Christian	28,5	206,5
Martin	38	223,5
Tobias	36,5	216
Totalt	199,5	1288



D - Disiplin	Prosjekt-organisering	Krav	Analyse og design	Implementasjon	Testing	Møter	Presentasjon
--------------	-----------------------	------	-------------------	----------------	---------	-------	--------------

S - Status	Arbeid er ferdig og dokumentert	Arbeide er påstartet, men fortsetter neste uke og er innenfor planen	Arbeidet er ikke startet eller blir ikke ferdig i forhold til planen
------------	---------------------------------	--	--

Oppgaver og timer per person

John Kristiansen

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Elektriske konsepter	23		Gjort ferdig strømforsynings rapporten med to forskjellige konsepter for strømforsyning. Sett litt på battery management system.	
Møter og veiledning	4,5		Møter med ekstern og intern veileder. Iterasjonsmøte og gruppemøter.	



Innkjøpsplan	2		Lagt inn komponentene jeg har kjøpt og skal kjøpe i innkjøpsplanen	
Lage use case	2		Gått igjennom use case og sekvensdiagrammet med Ole Christian. Godkjente use case dokumentet.	
Pappmodell	5		Laget fysisk pappmodell for å representere faktisk størrelse på launcheren.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Designe reguleringsløyfe og strømforsyning		Begynne med å lage en midlertidig strømforsyning til prøveoppsettet. Denne strømforsyningen skal kunne fortsettes med senere.
Test av strømforsyning		Teste at strømforsyningen er sikker og utgir det den må. Mye testing bøy gjøres her.

Christoffer Mehren

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Elektriske konsepter	23		Sett på konsepter til strømforsyning og valg av komponenter, spesielt motorer. Skrevet utviklingslogg for å dokumentere valget av motorer.	
Møter og veiledning	6		Møter med ekstern og intern veileder. Iterasjonsmøte og gruppemøter. Skrevet møtereferat. Lage kort presentasjon til KDA om prosjektets framgang.	
Innkjøpsplan	2		Gjøre innkjøp av elektriske komponenter og føre det inn i innkjøpsplanen.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Designe reguleringsløyfe og strømforsyning		Starte å designe reguleringsløyfen til prøveoppsettet. Simulere motoren om mulig.
Test av motor og regulering		Bygge testtrigg for styring og regulering av motor. Skrive kode for regulering og gjøre forbedringer på denne for å oppnå rask og presis regulering.

Ole Christian W. Kopland

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Use Cases	11		Laget Use Cases og Sequence Diagrammer for prosjektet. Skrevet om Use Cases i «SD005 – Use Cases».	
Valg av komponenter og programvare	6		Valgt komponenter og programvare som skal brukes i prosjektet	



Møter og veiledning	4,5		Møter med ekstern og intern veileder. Iterasjonsmøte og gruppemøter.	
Iterasjonsrapport og plan	6		Fylt inn i iterasjonsrapport utdypning 2, iterasjonsplan konstruksjon 1 og oppfølgingsdokument uke 9.	
Innkjøpsplan	1		Satt inn komponenter som skal kjøpes inn i innkjøpsplan	
Test av GUI, Ethernet og mikrokontroller	2		GUI ble ikke laget grunnet usikkerhet om hvilket program som skulle brukes. Annet program er valgt etter avklaring fra KDA. Enkel test av Ethernet er utført. Oppgaven blir flyttet til neste iterasjon.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
GUI		Lære å bruke Qt Creator. Lage første iterasjon av GUI.
Test av GUI, Ethernet og mikrokontroller		Teste enkel GUI laget i Qt Creator med en Arduino. Kommunikasjonen mellom dem skal skje via Ethernet.
Nettside		Oppdatere nettside med ny bloggpost og legge til mer informasjon.
Kravspesifikasjon		Rette feil i kravspesifikasjonen. Feilene er blant annet at «Test-ID» er feil på noen av kravene.

Simen Tråstadkjølen

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Iterasjonsplan og -rapport	1		Rapport for utdypning 2 og plan for konstruksjon 1.	
Systemarkitektur	2		Diagram og oversikt over grensesnitt mellom komponenter.	
Mekaniske konsepter	9,5		Utvikle og skrive om konsepter for avfyringsmekanisme.	
Research avfyring av prosjektiler	12		Gjennomføring av testing og rapportskrivning.	
Møter og veiledning	4,5		Veiledningsmøter og interne gruppemøter.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Mekanisk design		Design av avfyringsmekanisme for prototype 1.
Bygge prøveoppsett		Kjøre inn deler og bygge avfyringsmekanisme for prøveoppsett.

Martin Slettedal

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Mekaniske konsepter	26		Jobbet med rotasjonsmekanismen som er mitt hovedansvarsområde.	
Research avfyring av prosjektiler	6		Gjennomførte testen og skrev rapport sammen med Simen.	
Research 3D-print	-		Ble nedprioritert. Viktigste fokus ble på mekaniske konsepter. Tobias ferdigstiller 3D-print rapport.	
Møter og veiledning	4,5		Møter med ekstern og intern veileder. Iterasjonsmøte og gruppemøter.	
Iterasjonsrapport og plan	2		Fylt inn i iterasjonsrapport utdypning 2, iterasjonsplan konstruksjon 1 og oppfølgingsdokument uke 9.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Mekanisk design		Design av rotasjonsmekanisme og oppbygging av første prototype.
Teste rotasjonsmekanismen		Teste løsning for rotasjon.

Tobias Nilsen

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Research 3D-print	6		Sykdom utsatte arbeid, men kort tid igjen før den er ferdig.	
Innkjøpsplan	6		Ferdigstilt, men ikke utfylt av alle.	
Mekaniske konsepter	17		Utviklingslogg – Elevasjon. Ferdig med mitt ansvarsområde.	
Møter og veiledning	4,5			
Iterasjonsrapport og plan	2		Ny iterasjon – ferdigstille rapport og plan for neste iterasjon.	
Timelister og oppfølgingsdokument	1			

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Bygge prøveoppsett		Til presentasjon 2, vil ha komponenter som videreføres til prototype 1.
Mekanisk design		Baserer seg på hva vi velger av komponenter til «Bygge prøveoppsett».
Research 3D-print		Fullføre rapporten etter sykdom sist uke.

John Kristiansen

28/2/2022	5	Analyse og design	Laget en fysisk papmodell av launcheren ut ifra faktiske målene i skala 1:15. Papmodellen var ikke helt perfekt etter målene, men var mer til å visualisere størrelsen vi skal velge å bruke.
28/2/2022	5	Analyse og design	Sett på konsepter for strømforsyning. Gjort mer research om vi skal bygget en strømforsyning fra bunnen eller bygget ut ifra ferdiglagde kretser. Samtidig sett litt på batteri delen av strømforsyningen, men mer research må til før vi tar en beslutning.
2/3/2022	0.5	Møter	Daglig internt møte med prosjektgruppen.
2/3/2022	1	Møter	Ukentlig veiledermøte med intern veileder, Kjell Enger. Se møterefertat MRI07.
2/3/2022	6	Analyse og design	Designet en teoretisk strømforsyningskrets ut ifra en tidligere brukt krets. Kretsen fungerer i simulering, men om vi faktisk skal bygge strømforsyningen fra bunnen tror jeg ikke vil skje.
3/3/2022	1.5	Møter	Ukentlig veiledningsmøte med ekstern veileder, Vanja Halvorsen. Maskin ingeniør Pål var også med for å gi tilbakemelding og tips rundt mekaniske konsepter. Se møterefertat MRE07.
3/3/2022	0.5	Møter	Daglig internt møte med prosjektgruppen.
3/3/2022	6	Analyse og design	Designet en teoretisk spenningsjusterende krets (Buck omformer) for å justere utgangssignalet. Denne buck omformeren skal brukes fra utgangspenningene fra den teoretiske strømforsyningen og utregning for motstandene for å justere spenningene ut ble også utregnet. Dette kan leses om i utviklingsloggen.
4/3/2022	1	Møter	Ukentlig iterasjonsmøte internt i gruppa. Gjennomgang av oppgaver fra iterasjonsplanen Utdypning 2 og viktige oppgaver i Konstruksjon 1. Se møterefertat MRP02.
4/3/2022	6	Analyse og design	Ferdigstilte utviklingsloggen for strømforsyning. Rapporten tar utgangspunkt i to forskjellige løsninger med muligheter for utvidelse. i tillegg så tar den for seg noe av det viktigste med hver strømforsyning.
4/3/2022	2	Implementasjon	Valgte hvilke komponenter vi skulle kjøpe inn. Det ble gjort et innkjøp av strømomformer og buck omformer så de forhåpentligvis blir levert neste uke.
4/3/2022	2	Krav	Gikk igjennom use cases og sekvensdiagram med Ole Christian. Godkjente dokumentet han og vi ble enig om å ta det som kom etter sekvensdiagram senere i konstruksjonsfasen.

Christoffer Mehren

28/2/2022	5	Analyse og design	Sett på konsepter til strømforsyning. Lest om battery management system og sett på priser og spesifikasjoner til batterier i forskjellige prisklasser.
2/3/2022	0.5	Møter	Gruppemøte.
2/3/2022	1	Møter	Ukentlig veiledningsmøte med intern veileder, Kjell Enger. Se møtereferat MRI07.
2/3/2022	0.5	Prosjektorganisering	Skrevet møtereferat MRI07.
2/3/2022	4.5	Analyse og design	Gjort research rundt valg av motorer. Sett på hvordan de forskjellige motorene må styres og hvor mye elektronikk dette vil innebære.
2/3/2022	1	Prosjektorganisering	Lage en kort presentasjon til KDA for å vise tekniske løsninger og hva som er tenkt siden forrige presentasjon.
3/3/2022	1.5	Møter	Ukentlig veiledningsmøte med ekstern veileder, Vanja. Se møtereferat MRE07.
3/3/2022	0.5	Møter	Gruppemøte.
3/3/2022	4.5	Analyse og design	Fortsatt med research til valg av motorer. Sett på grove beregninger av nødvendig moment og lett etter motorer som kan levere dette.
4/3/2022	1	Analyse og design	Lage en liste over fordeler og ulemper med forskjellige motorvalg slik at det kan presenteres for gruppa.
4/3/2022	1	Møter	Iterasjonsmøte for å kartlegge statusen på iterasjonen som slutter, og for å planlegge neste iterasjon. Se MRP02.
4/3/2022	1	Analyse og design	Gjennomgang og diskusjon rundt valg av motor felles med gruppa.
4/3/2022	2	Analyse og design	Diskusjon innad i elektro om valg av motordrivere og strømforsyning. Det er tatt i betraktning fysisk plass og hvor de kan plasseres.
4/3/2022	1.5	Implementasjon	Valg av hvilke komponenter vi skal kjøpe inn. Innkjøp av komponenter til testing (motor, enkoder, driver, strømforsyning etc.).
5/3/2022	0.5	Implementasjon	Fylle inn innkjøp av komponenter i innkjøpsplanen.
5/3/2022	5	Analyse og design	Skrive utviklingslogg for motorer og regulering. Dokumentet inneholder fordeler og ulemper med forskjellige motorvalg. Se dokument EL002 - Utviklingslogg, motorer og regulering.

Ole Christian W. Kopland

2/3/2022	0.5	Møter	Daglig internt møte med prosjektgruppen.
2/3/2022	1	Møter	Ukentlig veileidermøte med intern veileder, Kjell enger. Se møtereferat MRI08. (Jeg kom 20 minutter for sent til møte denne dagen)
2/3/2022	7	Krav	Videre arbeid med use cases og sekvensdiagrammer. Jeg lager også et dokument for use cases. (Se SD005 - Use Cases)
3/3/2022	0.5	Møter	Daglig internt møte med prosjektgruppen.
3/3/2022	1.5	Møter	Ukentlig veileidermøte med ekstern veileder, Vanja Halvorsen. Pål var også med som hjalp oss med det mekaniske. Jeg fikk svar på noen spørsmål jeg hadde fra Vetle som jobber med software på KDA. Se møtereferat MRE07.
3/3/2022	4	Krav	Jeg ble ferdig med use case og sekvensdiagrammer og satte dette inn i SD005. Dokumentet er nå klart for godkjenning.
3/3/2022	2	Analyse og design	Arbeid med "RD001 - Valg av komponenter og programvare". Jeg har nå valgt program for GUI og kan snart fullføre dokumentet.
3/3/2022	1	Analyse og design	Satte komponenter jeg skal kjøpe inn i innkjøpsplan.
4/3/2022	4	Implementasjon	Arbeid med "RD001 - Valg av komponenter og programvare". Jeg fullfører dokumentet og gjør det klar til godkjenning.
4/3/2022	1	Møter	Iterasjonsmøte for slutten av Utdypning 2. Vi ser også på Konstruksjon 1. Se møtereferat MRP02.
4/3/2022	3	Prosjektorganisering	Arbeid med Iterasjonsrapport og Iterasjonsplan der jeg ser på tidligere oppgaver og status. Jeg ser også på oppgaver som må gjøres i neste fase.
6/3/2022	3	Prosjektorganisering	Videre arbeid med Iterasjonsrapport og iterasjonsplan. Jeg dokumenterer også eget arbeid, fyller inn oppfølgingsdokument og timelister.

Simen Tråstadkjølen

28/02/2022	1	Analyse og design	Mekaniske konsepter; justeringer av 3D-modell, strukturell oppbygning av bunnstruktur.
01/03/2022	2	Testing	Research avfiring av prosjektil; litt prøving av oppsettet, planlegging av gjennomføring 02.03.
02/03/2022	1	Møter	Veiledningsmøte med intern veileder.
02/03/2022	0.5	Møter	Gruppemøte.
02/03/2022	6	Testing	Research avfiring av prosjektil; gjennomføring av test, notering av resultater, analysering av resultater og skriving av rapport.
03/03/2022	1.5	Møter	Veiledningsmøte med ekstern veileder.
03/03/2022	0.5	Møter	Gruppemøte.
03/03/2022	1.5	Testing	Research avfiring av prosjektiler; videre arbeid med rapport.
03/03/2022	4	Analyse og design	Mekaniske konsepter; avfiring og rotasjon, skisser og se på tilgjengelige komponenter.
03/03/2022	1	Testing	Research avfiring av prosjektiler; videre arbeid med rapport.
04/03/2022	2	Analyse og design	Systemarkitektur; diagram og lage oversikt over grensesnitt mellom komponenter.
04/03/2022	1.5	Testing	Research avfiring av prosjektiler, ferdigstilling av rapport.
04/03/2022	1	Møter	Ukentlig møte; status for oppgaver i denne iterasjonen.
04/03/2022	1	Analyse og design	Mekaniske konsepter; diskusjon med elektro angående motorer og løsninger.
04/03/2022	2.5	Analyse og design	Mekaniske konsepter; avfiring, skisser, se på komponenter og planlegging for neste iterasjon og valg av konsept for prototype 1.
05/03/2022	1	Prosjektorganisering	Iterasjonsrapport og -plan; rapport for utdypning 2 og plan for konstruksjon 1.
06/03/2022	1	Analyse og design	Mekaniske konsepter; utviklingslogg for avfiring.

Martin Slettedal

28/2/2022	9	Analyse og design	Research rotasjon. Arbeidet videre med forslagene, skissert og prøvd å komme opp med løsninger som er reelle å få gjennomført.
1/3/2022	2	Testing	Første forsøk på avfiring av prosjektil test. Dette var mest for å kartlegge hvordan vi skulle gjøre det 02.03.2022.
2/3/2022	1	Møter	Veiledningsmøte med Kjell Enger.
2/3/2022	0.5	Møter	Gruppemøte.
2/3/2022	2	Testing	Andre gjennomføring av prosjektil avfiring test. Denne testen klarte vi å gjennomføre mer nøyaktig. Data ble lagret i Excel-ark.
2/3/2022	5	Analyse og design	Jobbet videre med utviklingsloggen for rotasjon. Samt kom opp med et nytt forslag til rotasjon sammen med Simen. Så også på fordeler/ulempes ved bruk av hydraulikk/pneumatikk/el-motor.
2/3/2022	1	Prosjektorganisering	La inn min del til presentasjon for KDA 0303.
3/3/2022	1.5	Møter	Møte med ekstern veileder.
3/3/2022	6	Analyse og design	Skrevet i utviklingslogg for rotasjon.
3/3/2022	0.5	Møter	Gruppemøter.
4/3/2022	1	Møter	Iterasjonsmøte med gruppen.
4/3/2022	2	Testing	Skrevet i rapport for avfiring av prosjektil.
4/3/2022	5	Analyse og design	Skrevet ferdig utviklingslogg for rotasjon.
5/3/2022	1.5	Prosjektorganisering	Skrevet inn oppgaver og fylt inn min del i iterasjonsrapport utdypning 2.

Tobias Nilsen

02/03/2022	1	Møter	Møte med intern veileder.
02/03/2022	0.5	Møter	Møte med gruppen internt.
02/03/2022	4	Analyse og design	"Research 3D-print - målt komponenter og skrevet tabell for dette.
02/03/2022	3.5	Analyse og design	"Mekaniske konsepter" - elevasjon idemyldring.
03/03/2022	1.5	Møter	Møte med ekstern veileder.
03/03/2022	2	Analyse og design	Utviklingslogg, Elevasjon - Worm gears research og beregninger.
03/03/2022	6	Implementasjon	Innkjøpsplan ferdigstilt og diskutert.
03/03/2022	0.5	Møter	Møte med gruppen internt.
04/03/2022	2	Analyse og design	Research 3D-print.
04/03/2022	6	Analyse og design	Utviklingslogg, Elevasjon - Worm gears research og beregninger.
04/03/2022	1	Møter	Ukentlig Iterasjonsmøte.
04/03/2022	1	Analyse og design	Beregninger på "lead angle" fra Khurmi - Mechanical Engineering og Module beregninger.
06/03/2022	4.5	Analyse og design	Utviklingslogg, Elevasjon ferdigstilt.
06/03/2022	1	Prosjektorganisering	timelister, oppfølgingsdokument.
06/03/2022	2	Prosjektorganisering	iterasjonsrapport og iterasjonsplan - la inn hva som skal gjøres for neste iterasjon "bygge testmodell" mm.

Oppfølgingsdokument

07.03.2022 til 14.03.2022, uke 10

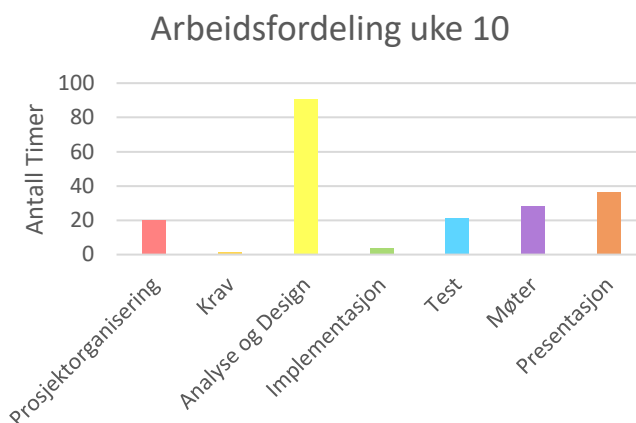
Bachelorgruppe 10

Status for prosjektet

Prosjektet har nå kommet i en veldig stressende periode. Neste uke skal vi ha presentasjon 2 og eksamen rett over helgen. Fokuset nå er å lage en slags prototype som skal vises på presentasjon 2 men samtidig brukes for videre utviklingen og se hva slags problemer vil oppstå fysisk. Iterasjonen vil være kort for å kunne bruke tilbakemeldingen fra presentasjon 2 til å basere neste iterasjon.

Oversikt timer

Person	Denne uka	Totalt
John	30	251,5
Simen	38	264
Christoffer	28,5	223
Ole Christian	34	240,5
Martin	33,5	257
Tobias	39,5	255,5
Totalt	203,5	1491,5



D - Disiplin	Prosjekt-organisering	Krav	Analyse og design	Implementasjon	Testing	Møter	Presentasjon
--------------	-----------------------	------	-------------------	----------------	---------	-------	--------------

S - Status	Arbeid er ferdig og dokumentert	Arbeide er påstartet, men fortsetter neste uke og er innenfor planen	Arbeidet er ikke startet eller blir ikke ferdig i forhold til planen
------------	---------------------------------	--	--

Oppgaver og timer per person

John Kristiansen

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Iterasjonsrapport og -plan	5		Utfylt iterasjonsplan, iterasjonsrapport, og oppfølgingsdokument. Laget oversikt over dokumenter for presentasjon 2.	
Nettside	3		Laget innlegg for bloggen på nettsiden.	



Designe reguleringsløyfe og strømforsyning	4,5		Research rundt kapasitive deteksjonsmetode for canister status. Research rundt koordinat brikke for avfyring. Laget Pugh-matrise for strømforsyning.	
Test av strømforsyning	7,5		Testet buck regulatorene og om strømforsyningen kan styre motorene. Mer testing skjer neste uke.	
Møter og veiledning	4,5		Veiledningsmøter, interne gruppemøter, og iterasjonsmøte.	
Presentasjon 2	4		Laget dokumentoversikt for hva som skal printes og hva som skal på minnepinne. Begynt å rette dokumenter.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Test av strømforsyning		Fortsette å teste strømforsyningen så det er klart til presentasjonen.
Bygge prøveoppsett		Implementere strømforsyningen inn i prøveoppsettet
Presentasjon 2		Lage manus, lysbilder og øve til presentasjon 2.

Christoffer Mehren

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Iterasjonsrapport og -plan	5		Skrive iterasjonsrapport, utfylle iterasjonsplan, rette opp i avvik mellom dokumenter.	
Designe reguleringsløyfe og strømforsyning	8,5		Gjort endringer i utviklingsloggen for motorer og regulering, lagt til Pugh-matrise. Simulert forskjellige kretser for deteksjon av prosjektil i canister gjennom endring i kapasitans.	
Test av motor og regulering	7,5		Testing av motor og regulering. Teste forskjellig kode for styring.	
Møter og veiledning	4,5		Veiledningsmøter og interne gruppemøter.	
Presentasjon 2	3		Klargjøre forskjellige dokumenter til utskrift.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Test av motor og regulering		Fortsette med testing av motor sammen med rotasjonsenkoder og få til god regulering av posisjon.
Bygge prøveoppsett		Implementere motor og styring i fysisk prøveoppsett.
Presentasjon 2		Klargjøre mine lysbilder, øve, og framføre presentasjon 2.

Ole Christian W. Kopland

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Møter og veiledning	4,5		Veiledningsmøter og interne gruppemøter.	
Nettside	4		Fikse feil, legge til nye blogger og laget videoer.	
Kravspesifikasjon	1,5		Rette opp i feil i kravspesifikasjon.	
GUI	12		Research og læring av Qt Creator. Jobb med Ethernet kommunikasjon.	
Test av GUI, Ethernet og mikrokontroller	2		Test av kommunikasjon av Ethernet med Arduino og GUI.	
Iterasjonsrapport og -plan	2		Legge til innholdsfortegnelse med hyperlenker.	
Presentasjon 2	8		Lage liste over alle dokumenter og velge hvilke som skal være med på dokumentasjon for presentasjon 2. Rette feil og gjøre klar til printing.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Presentasjon 2		Forberedelser og gjennomføring.
GUI		Lage GUI til bruk under presentasjon.
Test av GUI, Ethernet og mikrokontroller		Teste Arduino, Ethernet og GUI etter test-brukergrensesnittet er konstruert.

Simen Tråstadkjølen

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Iterasjonsrapport og -plan	1		Lage diagrammer til rapporter og plan.	
Mekanisk design	23,5		Research til avfyring, se på luftstrøm fra trykktank. Utviklingslogg, avfyringsmekanisme. Se på elevasjon og rotasjon.	
Bygge prøveoppsett	1		Bestille komponenter.	
Møter og veiledning	4,5		Veiledningsmøter og interne gruppemøter.	
Presentasjon 2	8		Planlegging av presentasjon og forberedelser av dokumenter.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Presentasjon 2		Forberedelser og gjennomføring.

Bygge prøveoppsett		Bygge prøveoppsett.
--------------------	--	---------------------

Martin Slettedal

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Mekanisk design	21		Utviklingslogg rotasjon. 3D-modellering av parter, sett på produkt for innkjøp, sett på konsepter for rotasjon og låsemekanisme for reimdrift. Se på elevasjon.	
Bygge prøveoppsett	1		Bestille komponenter.	
Møter og veiledning	4,5		Veiledningsmøter og interne gruppemøter.	
Presentasjon 2	7		Planlegging og forberedelser av dokumenter.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Presentasjon 2		Forberedelser og gjennomføring.
Bygge prøveoppsett.		Bygge prøveoppsett.

Tobias Nilsen

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Mekanisk Design	21		Fortsatt på utviklingsloggen for elevasjon, laget snekkedrift i solidworks, gjort research og beregninger for hva slags tannhjul passer vårt design. Gjennomgang med elektrostudent om elmotor til snekkedriften.	
Presentasjon 2	6,5		Gikk gjennom dokumenter med gruppen for å se hva som skal bli printet og hva som skal på minnepinne. Felles gjennomgåing av dokumentene for å rette opp feil og mangler. Innkjøpsplan jeg laget ble endret til "innkjøpsliste" og jeg har overtatt et dokument som heter KP001, og fortsatt på KP002. Disse to hører til hverandre og skal på pres 2 som print. Rev A på utviklingsloggene ble takk vekk pga. de er et flytende dokument.	
Bygge prøveoppsett	2		Bestille komponenter og gjennomgått dette med gruppen.	
Research 3D-print	4,5		Strekktesting av prøvebiter, oppstart av maskin tok tid og feilkilde i maskinen førte til upålitelige tall. Fortsatt på rapport og lagt inn tall, men dette tas videre som rev B etter presentasjonen.	



Møter og veiledning	5,5		Veiledningsmøter og interne gruppemøter.	
---------------------	-----	--	--	--

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Bygge prøveoppsett		
Presentasjon 2		Forberedelser og gjennomføring.

Utfyllende timelister fra forrige uke

John Kristiansen

7/3/2022	5	Prosjektorganisering	Fylle ut oppfølgingsdokument, skrive iterasjonsrapport, utfylle iterasjonsplan, rette opp avvik mellom dokumenter og overføre timelister til Word. Førte opp dokumenter som må inn før presentasjon 2.
7/3/2022	1	Analyse og design	Diskutere måter å detektere prosjektiler i canisterene på en kapasitiv måte. Kjøpte metallrør og prøvde å finne en operasjonsforsterker og lav kondensator. Denne prosessen må settes på vent til etter presentasjon 2.
9/3/2022	1	Møter	Ukentlig møte med intern veileder, Kjell Enger. Se møtereferat MRI08.
9/3/2022	0.5	Møter	Daglig gruppemøte.
9/3/2022	0.5	Implementasjon	Hentet forskjellige elektriske komponenter fra dronesonen. Tok med strømforsyning siden vi enda ikke har fått det vi har bestilt.
9/3/2022	2	Analyse og design	Lagt til Pugh-matriser i utviklingsloggen for strømforsyning og løsningsmetode for å bedre dokumentere valg av strømforsyning i systemet.
9/3/2022	3	Prosjektorganisering	Laget ferdig innlegg på bloggen for nettsiden. Ole Christian prøvde å vise meg hvordan jeg selv legger inn på nettsiden, men ble veldig komplisert, så vi ble enig at jeg bare gjør ferdig teksten og bildene som skal legges inn.
10/3/2022	1.5	Møter	Ukentlig møte med ekstern veileder, Vanja Halvorsen. Se møtereferat MRE08.
10/3/2022	0.5	Møter	Daglig gruppemøte.
10/3/2022	4.5	Testing	Testet Buck-regulatorerne med en annen strømforsyning. Om selve strømforsyningen ikke kommer før presentasjon 2, trenger jeg ikke bruke dem siden vi kan låne justerbare strømforsyninger fra skolen.
11/3/2022	2.5	Analyse og design	Se på metoder for å gjenkjenne koordinater for å lage en type brikke som kan plasseres og skytes imot. Her vil RF signaler fungere best, kanskje helt ned til 2,5 cm. Må sjekkes mer på etter presentasjon 2.
11/3/2022	3	Testing	Fikk strømforsyningen til å funke med motorene. Arduinoen fungerte også, men vil ikke trenge strøm om den styres fra pc-en med USB.
11/3/2022	4	Presentasjoner	Laget en liste med alle dokumenter som skal inn i presentasjon 2. Disse dokumentene ble delt inn i de som skal i minnepinne, og de som skal printes fysisk. Bli over 200 sider printet, så mulig vi må kutte ned på noe.
11/3/2022	1	Møter	Ukentlig uterasjonsmøte. Oppgavene som vi har satt for denne uken blir korte, men folk godt i gang med dem. Se MRP03.

Simen Tråstadkjølen

07/03/2022	1	Prosjektorganisering	Iterasjonsrapport og -plan; diagrammer.
07/03/2022	1	Analyse og design	Mekanisk design; research til avfyring, målte luftstrømning fra kompressortank.
08/03/2022	2	Analyse og design	Mekanisk design; research til avfyring, regne på luftstrømning fra kompressortank.
08/03/2022	2	Analyse og design	Mekanisk design; lage forenklet 3D-modell av elevasjon med snekkedrift for å se hvordan plassering av komponenter blir, utviklingslogg avfyring.
08/03/2022	1	Analyse og design	Mekanisk design; utviklingslogg avfyring.
08/03/2022	0.5	Implementasjon	Bygge prøveoppsett; kjøpe inn for avfyring til prøveoppsett.
09/03/2022	0.5	Analyse og design	Mekanisk design; utviklingslogg avfyring.
09/03/2022	1	Møter	Møte med intern veileder.
09/03/2022	0.5	Møter	Gruppemøte.
09/03/2022	0.5	Implementasjon	Bygge prøveoppsett; legge inn innkjøp i innkjøpsliste.
09/03/2022	2	Analyse og design	Mekanisk design; bygge Lego.
09/03/2022	3.5	Analyse og design	Mekanisk design; utviklingslogg avfyring, diskusjoner angående rotasjon og elevasjon, se på tilgjengelige komponenter.
09/03/2022	1	Analyse og design	Mekanisk design; utviklingslogg avfyring.
10/03/2022	1.5	Møter	Møte med ekstern veileder.
10/03/2022	0.5	Møter	Gruppemøte.
10/03/2022	5	Analyse og design	Mekaniske konsepter; utviklingslogg for avfyring, se på løsninger og komponenter for elevasjon og rotasjon.
11/03/2022	1.5	Analyse og design	Mekaniske konsepter; avfyring, beregninger av krefter, trykk og akselerasjon i stempel og sylinder-variant.
11/03/2022	1	Møter	Ukentlig møte; status for oppgaver i denne iterasjonen.
11/03/2022	4	Analyse og design	Mekaniske konsepter; rotasjon og opplagring av roterende struktur på bunnstruktur, 3D-modellering.
11/03/2022	4	Presentasjoner	Presentasjon 2; planlegging og forberedelser av dokumenter.
12/03/2022	3	Presentasjoner	Presentasjon 2; Forberedelser av dokumenter.
13/03/2022	1	Presentasjoner	Presentasjon 2; Forberedelser av dokumenter.

Christoffer Mehren

7/3/2022	5	Prosjektorganisering	Fylle ut oppfølgingsdokument, skrive iterasjonsrapport, utfylle iterasjonsplan, rette opp avvik mellom dokumenter og overføre timelister til Word.
7/3/2022	1	Analyse og design	Diskutere måter å detektere prosjektiler i canisterene. Grove utregninger og tegninger av en kapasitiv metode. John skal fikse rør til testing.
9/3/2022	1	Møter	Ukentlig møte med intern veileder, Kjell Enger. Se møtereferat MRI08.
9/3/2022	0.5	Møter	Gruppemøte.
9/3/2022	0.5	Implementasjon	Skaffe rotasjonsenkoder fra dronesonen ettersom dette ikke er utsendt fra RS enda.
9/3/2022	2	Analyse og design	Lagt til Pugh-matriser i utviklingsloggen for motorer og regulering MRE02 for å bedre dokumentere valg av motor til hver mekanisme. Gjort andre små endringer i utviklingsloggen.
9/3/2022	2.5	Analyse og design	Prøvd å simulere en krets for deteksjon av endring i kapasitans. Kretsen vil ved hjelp av dette finne ut om prosjektilet er ladd i canister.
10/3/2022	1.5	Møter	Ukentlig møte med ekstern veileder, Vanja Halvorsen. Se møtereferat MRE08.
10/3/2022	0.5	Møter	Gruppemøte.
10/3/2022	4.5	Testing	Fått motorene til å fungere. Testet DC-motoren med direkte forsyning. Prøvd forskjellige måter å kjøre steppermotoren. Stepper-biblioteket fra Arduino funker best.
11/3/2022	1	Møter	Iterasjonsmøte for å kartlegge statusen på iterasjonen som slutter, og for å planlegge neste iterasjon. Se MRP03.
11/3/2022	2.5	Analyse og design	Simulert forskjellige kretser for deteksjon av endring i kapasitans. Sett på forskjellige forsterkningsmetoder og hvordan gjøre det om til et digitalt signal.
11/3/2022	3	Testing	Fortsatt med testing av steppermotor. Fått rotasjonsenkoder til å fungere og sett på maksimal- og minimalverdiene den gir ut.
11/3/2022	2	Presentasjoner	Lest gjennom dokumenter og rettet opp i små feil. Dette er for å passe på at alle dokumenter vi leverer til presentasjon 2 holder en god standard.
12/3/2022	1	Presentasjoner	Klargjort EL001 og systemarkitektur for utskrift.

Ole Christian W. Kopland

7/3/2022	1	Prosjektorganisering	Legge til en innholdsfortegnelse med hyperlenker i iterasjonsrapporter for Innledning og Utdypning 1. Jeg retter også feil med timelisten min.
9/3/2022	1	Møter	Ukentlig veileidermøte med intern veileder, Kjell enger. Se møterefertat MRI08.
9/3/2022	0.5	Møter	Daglig internt møte med prosjektgruppen.
9/3/2022	1	Prosjektorganisering	Lage plan for arbeid med datadelen i prosjektet. Jeg ser også over dokumenter jeg har laget og gir dem korrekte navn. Jeg starter også på en utviklingslogg for data.
9/3/2022	1	Analyse og design	Møte Joakim i Dronesonen. Han lot oss låne komponenter og utstyr til testing.
9/3/2022	4	Analyse og design	Research og læring av Qt Creator. Jeg lærer også om Ethernet kommunikasjon via UDP og bruk av nettverksadapter med Arduino.
9/3/2022	1	Testing	Testing av kommunikasjon med nettverksprotokollen UDP. Kommunikasjonen skjer fra GUI til Arduino.
10/3/2022	1.5	Møter	Ukentlig veileidermøte med ekstern veileder, Vanja Halvorsen. Se møterefertat MRE08.
10/3/2022	0.5	Møter	Daglig internt møte med prosjektgruppen.
10/3/2022	4	Analyse og design	Lære videre om Qt. Jeg ser på videoer og prøver eksempel-kode. Jeg jobber med å få kommunikasjonen fra Arduino til GUI til å fungere.
10/3/2022	1	Testing	Test av kommunikasjon fra Arduino til GUI med nettverksprotokollen UDP.
10/3/2022	2	Prosjektorganisering	Oppdatering av nettside og legge inn blogger som John har laget forslag til.
10/3/2022	1.5	Krav	Rettet opp i feil på kravspesifikasjonen. Feilen var at test-ID var feil og måtte byttes på mange av kravene.
11/3/2022	6	Presentasjoner	Lese gjennom dokumenter og rette opp i småfeil. Dette er for å passe på at alle dokumenter vi leverer til presentasjon 2 holder en god standard.
11/3/2022	1	Møter	Iterasjonsmøte for å kartlegge statusen på iterasjonen som slutter, og for å planlegge neste iterasjon. Se MRP03.
11/3/2022	2	Presentasjoner	Legge alle dokumenter i en liste og velge hvilke dokumenter som må være klare til presentasjon 2.
11/3/2022	1	Prosjektorganisering	Timelister, oppfølgingsdokument og dokumentasjon av eget arbeid.
13/3/2022	4	Presentasjoner	Lese gjennom dokumenter og rette opp i småfeil. Dette er for å passe på at alle dokumenter vi leverer til presentasjon 2 holder en god standard.

Martin Slettedal

8/3/2022	2	Analyse og design	Modellerte 3D-modeller i SolidWorks for rotasjonsmekanismen.
9/3/2022	1	Møter	Internveiledningsmøte med Kjell Enger.
9/3/2022	0.5	Møter	Gruppemøter.
9/3/2022	2	Analyse og design	Mekanisk design: bygge Lego.
9/3/2022	3	Analyse og design	Mekaniske konsepter; rotasjon og opplagring av roterende struktur på bunnstruktur, 3D-modellering.
9/3/2022	1	Implementasjon	Bygge prøveoppsett: Fant komponenter for innkjøp til rotasjonsmekanisme. Belte og festelementer (M3 skruer).
10/3/2022	6	Analyse og design	Mekaniske konsepter; rotasjon og opplagring av roterende struktur på bunnstruktur, 3D-modellering.
10/3/2022	1.5	Møter	Eksternveiledningsmøte med Vanja.
10/3/2022	0.5	Møter	Gruppemøte.
11/3/2022	1	Møter	Iterasjonsmøte med gruppen.
11/3/2022	5	Analyse og design	Mekaniske konsepter; Rotasjon og elevasjon. Løsninger for stramming av reim og plassering av motor for elevasjon. 3D-modellering av parter.
11/3/2022	5	Presentasjoner	Presentasjon 2; planlegging og forberedelser av dokumenter.
13/3/2022	3	Analyse og design	Skrev ferdig utviklingslogg for rotasjonen. Rettskriving, la til konklusjon og sammenlikning av konsepter.

Tobias Nilsen

08/03/2022	1	Testing	Lært, testet og skrevet ned en mal for hvordan laserkutteren på Måleteknisk lab fungerer. Så vi alle sparer tid når maskinstudentene skal gjøre dette fremover.
09/03/2022	1	Møter	Møte med intern veileder.
09/03/2022	0.5	Møter	Møte med gruppen internt.
09/03/2022	2	Analyse og design	Regnet på hva en selvåsende Snekkedrift er, funnet ut at det har mer med "lead angle" å gjøre som jeg fant ut av sist uke.
09/03/2022	2	Analyse og design	Kikket på tips og triks i SolidWorks for konstruksjon av Snekkedrift. Så hvordan man skal få sirkulert et mål rundt en sirkel blant annet.
09/03/2022	0.5	Møter	Laget møtereferat.
09/03/2022	4	Analyse og design	Kikket på innkjøp til snekkedrift på RS Components. Regnet på Modul, Pitch diameter og bore diameter for å finne ut hva slags størrelse jeg trenger.
10/03/2022	1.5	Møter	Møte med ekstern veileder.
10/03/2022	0.5	Møter	Møte med gruppen internt.
10/03/2022	1	Analyse og design	Snekkedrift konstruksjon - Hvordan koble to tannhjul sammen med hverandre i SolidWorks for å få visuell kraftoverføring.
10/03/2022	0.5	Analyse og design	Konsept ideer -Steppermotor testing og regulering i felles gjennomgang. Foreslo til Martin om at timingbelte-lengden kan løses ved å ha et såkalt "tensioning belt" som strammer opp slakk.
10/03/2022	0.5	Møter	Møtereferat.
10/03/2022	1.5	Analyse og design	Laget snekkeskruen ferdig i SolidWorks - en simpel modell og en mer kompleks modell. Bare for å visualisere meg selv størrelse og fasong.
10/03/2022	2	Analyse og design	Beregninger på hvilke snekkeskruer som er best, og tannhjul.
10/03/2022	3	Analyse og design	Sett på hvilke snekkeskruer og tannhjul som passer vårt prosjekt med tanke på krefter og moment.
10/03/2022	3	Analyse og design	Gjort research på hvordan man kan feste DC motor med snekkeskruen så man får en kraftoverføring.
10/03/2022	1	Implementasjon	Bestilt komponenter etter at alt er tenkt ut av løsninger for kraftoverføring og giring av elevasjonsmekanisme.
11/03/2022	1	Implementasjon	Gjennomgåing av innkjøpte komponenter med gruppen - Begynte å jobbe 11.
11/03/2022	1.5	Presentasjoner	Innkjøpsplan jeg laget ble endret til "innkjøpsliste" på grunn av feil dokument ble laget. Jeg har overtatt et dokument som heter KP001, og fortsatt på KP002. Disse to hører til hverandre og skal på pres 2.
11/03/2022	2	Presentasjoner	gjennomgåing av dokumenter til presentasjon 2, lese gjennom og rette opp. Ble også enige om å ta vekk Revisjon A på utviklingsloggene siden dette er et flytende dokument. Jeg endret på dette.
11/03/2022	1	Møter	Iterasjonsmøte med gruppen.
11/03/2022	2	Presentasjoner	Fortsatt på innkjøpsplan - tilgjengelighet av komponenter var avsnittet jeg begynte å skrive om.

13/03/2022	1	Testing	Strekktesting for "Research 3D-print", brukte 1 time for å få maskinen i gang og pusse ned tuppene til testbitene. De ble printet så de ikke fikk plass i strekkmaskinen.
13/03/2022	1.5	Testing	Strekktesting for "Research 3D-print" - fant feilkilde ved maskinen 2,5 timer inn i testing, den sier max load er halvveis i testingen. La merke til dette etter 5/6 testbiter. dette er tall å ikke stole på.
13/03/2022	1	Testing	Ferdigstilt "research 3D-print" men dette må revideres. Feil i strekkmaskinen ga upålitelige tall å forholde seg til. Dette endres på i Rev B av dette dokumentet etter presentasjon 2.
13/03/2022	1	Presentasjoner	Innkjøpsplan - Skrevet om tilgjengelighet av komponenter og leveringstid.
13/03/2022	2	Analyse og design	fortsatt på utviklingsloggen om elevasjon. Ferdigstilt Utdypning 2 delen av dette, ettersom flere til skulle med.

Oppfølgingsdokument

14.03-21.03, uke 11

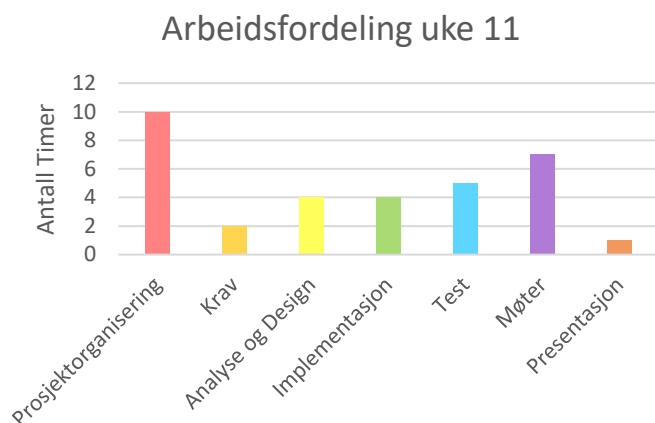
Bachelorgruppe 10

Status for prosjektet

Vi er nå ferdig med presentasjon 2. Presentasjonen ble bra gjennomført og tilbakemeldingen vi fikk var som forventet. Neste uke vil gå til eksamener og innleveringer i andre fag så det blir veldig lite prosjektarbeid.

Oversikt timer

Person	Denne uka	Totalt
John	34	285,5
Simen	34,5	298,5
Christoffer	29	252
Ole Christian	35	275,5
Martin	31	288
Tobias	50,5	306
Totalt	214	1705.5



D - Disiplin	Prosjekt-organisering	Krav	Analyse og design	Implementasjon	Testing	Møter	Presentasjon
--------------	-----------------------	------	-------------------	----------------	---------	-------	--------------

S - Status	Arbeid er ferdig og dokumentert	Arbeide er påstartet, men fortsetter neste uke og er innenfor planen	Arbeidet er ikke startet eller blir ikke ferdig i forhold til planen
------------	---------------------------------	--	--

Oppgaver og timer per person

John Kristiansen

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Bygge prøveoppsett	1		Satt opp avfyingsdemoen.	
Testing av strømforsyning	1		Teste avfyingsdemoen og kompressortrykk.	



Møter og veiledning	3,5		Veiledningsmøter og gruppemøter.	
Presentasjon 2	28,5		Forberedelser av dokumenter, forberedelser til presentasjon og gjennomføring av presentasjon.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
-		Neste uke går til arbeid med elektronikkeksamen, gruppeprosjekt og eksamen i instrumenteringsfaget.

Christoffer Mehren

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Bygge prøveoppsett	1		Satt opp avfyringsdemoen.	
Testing av strømforsyning	1		Teste avfyringsdemoen og styring av ventil gjennom Arduino.	
Møter og veiledning	3,5		Veiledningsmøter og gruppemøter.	
Presentasjon 2	23,5		Forberedelser av dokumenter, forberedelser til presentasjon og gjennomføring av presentasjon.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
-		Neste uke går til arbeid med gruppeprosjekt og eksamen i instrumenteringsfaget.

Ole Christian W. Kopland

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Presentasjon 2	28		Forberedelser av dokumenter, forberedelser til presentasjon og gjennomføring av presentasjon.	
Møter og veiledning	6		Veiledningsmøter, gruppemøter og referater.	
Test av GUI, Ethernet og mikrokontroller	0,5		Fullført test av kommunikasjon mellom GUI og Arduino via Ethernet.	
Bygge prøveoppsett	0,5		Lagde kode til demonstrasjon på presentasjonen.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse



-		Neste uke går til arbeid med oppgave i simulering og modulering faget.
---	--	--

Simen Tråstadkjølen

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Presentasjon 2	31		Forberedelser av dokumenter, forberedelser til presentasjon og gjennomføring av presentasjon.	
Møter og veiledning	3,5		Veiledningsmøter og gruppemøter.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
-		Neste uke går til arbeid med annet fag og eksamen.

Martin Slettedal

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Presentasjon 2	27,5		Forberedelser av dokumenter, forberedelser til presentasjon og gjennomføring av presentasjon.	
Møter og veiledning	3,5		Veiledningsmøter og gruppemøter.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
-		Neste uke går til arbeid med mekatronikk, og gjennomføring av eksamen.

Tobias Nilsen

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Møter og veiledning	3,5		Veiledningsmøter og gruppemøter.	
Presentasjon 2	28		Forberedelser av dokumenter, forberedelser til presentasjon og gjennomføring av presentasjon, innebærer layout, Visio-modeller og klargjøring av dokumenter til innlevering.	
Mekanisk design	18		Utviklingslogg, elevasjon – ferdigstilt til iterasjonsfasen vi er i. skrevet også i Research 3D-print rapporten for å ferdigstille denne.	
Prosjekt-organisering	1		Timelister og oppfølgingsdokument	



Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
-		Neste uke går til arbeid med mekatronikk, og gjennomføring av eksamen.

Utfyllende timelister fra forrige uke.

John Kristiansen

14.3.2022	8,5	Presentasjoner	Ferdigstilling av dokumenter til presentasjon 2. Printet alt av dokumenter og leverte fysisk dokumentasjon til veilederne og sensorene.
16.3.2022	1,5	Møter	Ukentlig møte med ekstern veileder, Vanja Halvorsen. Se møtereferat MRE09.
16.3.2022	1	Møter	Ukentlig møte med intern veileder, Kjell Enger. Se møtereferat MRI09.
16.3.2022	0,5	Møter	Daglig gruppemøte
16.3.2022	4,5	Presentasjoner	Laget lysbilder til presentasjonen. Skrev om status i forhold til Unified Process. Samt også testet fysisk demo for avfiring som skal vises på presentasjonen
16.3.2022	1	Testing	Testing av avfiring. Hadde med kompressor og testet forskjellige trykk for avfiring. Samt også hadde vi ikke fått strømforsyning så vi måtte improvisere med et fra labben.
17.3.2022	1	Implementasjon	Satt sammen kompressor og avfiringselementet. Testet for å få GUI til å styre avfiring ved et simpelt trykk.
17.3.2022	0,5	Møter	Daglig gruppemøte
17.3.2022	7	Presentasjoner	Forberedelser til presentasjon 2. Forberede lysbilder og hva jeg skal si. Felles gjennomgang og øving på å presentere innholdet.
18.3.2022	8,5	Presentasjoner	Øving på framføring av presentasjon 2. Små endringer på lysbildene. Faktisk framføring av presentasjon 2. Ettermøte med alle sensorer og veiledere.

Tobias Nilsen

14.03.2022	1	Prosjektorganisering	timelister, oppfølgingsdokument for forrige uke
14.03.2022	15,5	Analyse og design	Jobbet ferdig med utviklingslogg - elevasjon og Research 3D print. De har blitt lest gjennom i tillegg og endringer har blitt gjort av meg etter tilbakemeldinger fra dem.
15.03.2022	3	Presentasjoner	Gjort klart dokumenter for presentasjon 2 i permer, og endret dokumenter som trang dette
15.03.2022	2,5	Analyse og design	Modellert konsept for elevasjon inn i vår 3D modell for Launcher - noe jeg slet med pga bugs i programmet i en periode denne dagen.
15.03.2022	1,5	Presentasjoner	Presentasjonsarbeid - gjort klart hva jeg skal ha med på elevasjonsdelen
15.03.2022	0,5	Presentasjoner	Teammøte med gruppen på kvelden
16.03.2022	1	Møter	Møte med intern veileder
16.03.2022	0,5	Møter	Gruppemøte

16.03.2022	1,5	Møter	Møte med ekstern veileder
16.03.2022	3,5	Presentasjoner	Presetasjonsarbeid - holdt på med oppsett og hvordan man skal legge opp layout. Slet også med å få modellert komponenter sammen, når jeg kom hjem, fikk jeg det til
17.03.2022	8,5	Presentasjoner	9-16:30, 20-22:30 Presentasjonsarbeid - ferdigstilt første utkast av hva jeg skal vise frem og fortelle om. Laget ferdig Visio-modeller og øvd på presentasjon hjemme
17.03.2022	0,5	Møter	Gruppemøte
18.03.2022	5,5	Presentasjoner	Gått gjennom PowerPoint sammen og funnet ut hva som burde og ikke burde være med av alle deler av presentasjonen. Vi har også øvd helt til presentasjonsstart.
18.03.2022	2	Presentasjoner	Presentasjon og ettermøte med hver enkelt.

Simen Tråstadkjølen

14.03.2022	3,5	Presentasjoner	Presentasjon 2; Forberedelser av dokumenter
15.03.2022	3	Presentasjoner	Presentasjon 2; Forberedelser av dokumenter
15.03.2022	3	Presentasjoner	Presentasjon 2; Forberedelser til presentasjon
16.03.2022	1,5	Møter	Møte med ekstern veileder
16.03.2022	1	Møter	Møte med intern veileder
16.03.2022	0,5	Møter	Gruppemøte
16.03.2022	6	Presentasjoner	Presentasjon 2; Forberedelser til presentasjon
17.03.2022	0,5	Møter	Gruppemøte
17.03.2022	8	Presentasjoner	Presentasjon 2; Forberedelser til presentasjon
18.03.2022	7,5	Presentasjoner	Presentasjon 2; Forberedelser til og gjennomføring av presentasjon

Ole Christian W. Kopland

14.3.2022	0,5	Møter	Daglig internt møte med prosjektgruppen.
14.3.2022	8,5	Presentasjoner	Klargjøring av dokumenter til presentasjon 2. Jeg opprettet en Power Point og lagde første versjon.
15.3.2022	2	Presentasjoner	Arbeid med innhold til presentasjon 2 og struktur av Power Point.
16.3.2022	0,5	Møter	Daglig internt møte med prosjektgruppen.
16.3.2022	1,5	Møter	Ukentlig møte med ekstern veileder, Vanja Halvorsen. Se møtereferat MRE09.
16.3.2022	1	Møter	Ukentlig møte med intern veileder, Kjell Enger. Se møtereferat MRI09.
16.3.2022	2	Møter	Skrive møtenotat og referater til møtene. Se møtereferat MRE09 og MRI09.
16.3.2022	4	Presentasjoner	Arbeid med Power Point, struktur og innhold.
17.3.2022	0,5	Møter	Daglig internt møte med prosjektgruppen.
17.3.2022	0,5	Testing	Test av kommunikasjon fra GUI til Arduino. Dette var til demonstrasjonen til presentasjon 2.

17.3.2022	0,5	Implementasjon	Lage kode til demonstrasjon som skulle vises på presentasjon 2.
17.3.2022	6	Presentasjoner	Forberedelser til presentasjon 2. Forberede lysbilder og hva jeg skal si. Felles gjennomgang og øving på å presentere innholdet.
18.3.2022	7,5	Presentasjoner	Øving på framføring av presentasjon 2. Små endringer på lysbildene. Faktisk framføring av presentasjon 2. Ettermøte med alle sensorer og veiledere.

Christoffer Mehren

14.3.2022	7,5	Presentasjoner	Klargjøring av dokumenter til presentasjon 2. Hjelp gruppemedlemmer med rapportoppsett. Felles diskusjon om hvilke dokumenter som skal printes / på minnepinne. Skrevet forside.
16.3.2022	1,5	Møter	Ukentlig møte med ekstern veileder, Vanja Halvorsen. Se møtereferat MRE09.
16.3.2022	1	Møter	Ukentlig møte med intern veileder, Kjell Enger. Se møtereferat MRI09.
16.3.2022	0,5	Møter	Gruppemøte.
16.3.2022	3,5	Presentasjoner	Arbeid med lysbilder i presentasjonen. Utfylling av innhold på elektrodelen.
16.3.2022	1	Testing	Testing av avfyring. Styring av solenoid-ventil ved bruk av transistor.
17.3.2022	1	Implementasjon	Få styring av solenoidventil gjennom Arduino til å fungere. Dette innebærer å koble opp hardware for forsterking av utgangen fra Arduinoen. Teste avfyring av prøveoppsettet.
17.3.2022	0,5	Møter	Gruppemøte.
17.3.2022	5	Presentasjoner	Forberedelser til presentasjon 2. Forberede lysbilder og hva jeg skal si. Felles gjennomgang og øving på å presentere innholdet.
18.3.2022	7,5	Presentasjoner	Øving på framføring av presentasjon 2. Små endringer på lysbildene. Faktisk framføring av presentasjon 2. Ettermøte med alle sensorer og veiledere.

Martin Slettedal

15.03.2022	3	Presentasjoner	Presentasjon 2; Forberedelser av dokumenter
15.03.2022	3	Presentasjoner	Presentasjon 2; Forberedelser til presentasjon
16.03.2022	1,5	Møter	Møte med ekstern veileder
16.03.2022	1	Møter	Møte med intern veileder
16.03.2022	0,5	Møter	Gruppemøte
16.03.2022	6	Presentasjoner	Presentasjon 2; Forberedelser til presentasjon
17.03.2022	0,5	Møter	Gruppemøte
17.03.2022	7,5	Presentasjoner	Presentasjon 2; Forberedelser til presentasjon
18.03.2022	8	Presentasjoner	Presentasjon 2; Forberedelser til og gjennomføring av presentasjon

Oppfølgingsdokument

21.03-28.03, uke 12

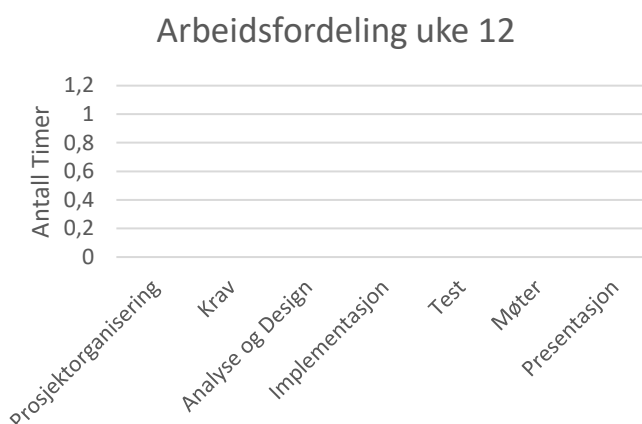
Bachelorgruppe 10

Status for prosjektet

Denne uken har gått til eksamen og innleveringer i andre fag så ingen arbeid har gått til prosjektet. Vi starter ny iterasjon neste uke.

Oversikt timer

Person	Denne uka	Totalt
John	0	285,5
Simen	0	298,5
Christoffer	0	252
Ole Christian	0	275,5
Martin	0	288
Tobias	0	306
Totalt	0	1705,5



D - Disiplin	Prosjekt-organisering	Krav	Analyse og design	Implementasjon	Testing	Møter	Presentasjon
--------------	-----------------------	------	-------------------	----------------	---------	-------	--------------

S - Status	Arbeid er ferdig og dokumentert	Arbeide er påstartet, men fortsetter neste uke og er innenfor planen	Arbeidet er ikke startet eller blir ikke ferdig i forhold til planen
------------	---------------------------------	--	--

Oppgaver og timer per person

John Kristiansen

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
			Arbeid med elektronikkeksamen, gruppeprosjekt og eksamen i instrumenteringsfaget.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse

Christoffer Mehren

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
			Arbeid med elektronikkeksamen, gruppeprosjekt og eksamen i instrumenteringsfaget.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse

Ole Christian W. Kopland

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
			Arbeid med oppgave i simulering og modulering faget.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse

Simen Tråstadkjølen

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
			Arbeid med annet fag og eksamen.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse

Martin Slettedal

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
			Arbeid med annet fag og eksamen.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse

Tobias Nilsen

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
			Arbeid med annet fag og eksamen.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse

Oppfølgingsdokument

28.03.2022 - 04.04.2022 uke 13

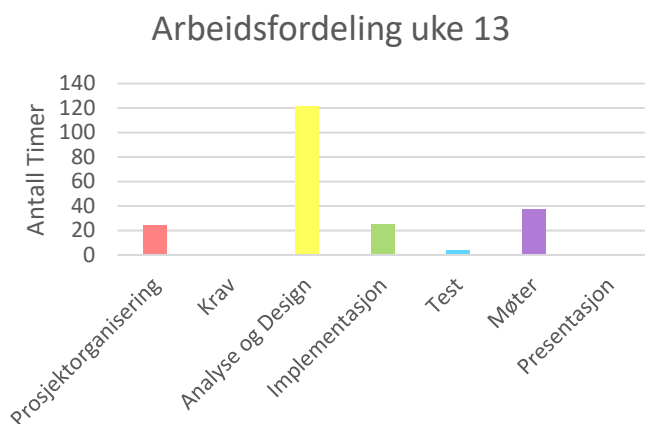
Bachelorgruppe 10

Status for prosjektet

Prosjektet er nå i fasen vi begynner å 3D-printe, teste kjøpte komponenter og sammenslåing av systemer for å lage et fullstendig system. Vi fokuserer helt på å lage prototype 1 og ha et fysisk produkt før midten av april.

Oversikt timer

Person	Denne uka	Totalt
John	37	322,5
Simen	37	335,5
Christoffer	33	285
Ole Christian	26	301,5
Martin	39,5	327,5
Tobias	35,5	343
Totalt	208	1918



D - Disiplin	Prosjekt-organisering	Krav	Analyse og design	Implementasjon	Testing	Møter	Presentasjon
--------------	-----------------------	------	-------------------	----------------	---------	-------	--------------

S - Status	Arbeid er ferdig og dokumentert	Arbeide er påstartet, men fortsetter neste uke og er innenfor planen	Arbeidet er ikke startet eller blir ikke ferdig i forhold til planen
------------	---------------------------------	--	--

Oppgaver og timer per person

John Kristiansen

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Iterasjonsrapport og - plan	8		Skrevet oppfølgingsdokument for uke 11 og 12. Laget liste over gjenværende oppgaver.	
Målebrikke	5		Gjort research rundt metoder for å lage en flyttbar målebrikke.	
Prosjektildeteksjon	10		Testet prosjektildeteksjons metoder. Proximity sensor ser ut til å fungere veldig bra.	



Innkjøp av elektriske komponenter	1		Kjøpt inn småkomponentene og tilleggs ting vi trenger.	
Lage prosjektilavfyriingskrets	2		Tegnet en kjapp versjon av prosjektilavfyriingskretsen. Må nok testes mer før vi bygger.	
Kabling og kretstegning	5		Startet på tegninga, men må fortsette neste uke.	
Møter og veiledning	6		Gruppemøter og veiledningsmøter. Besøk hos KDA.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Målbrikke		Teste 33 BLE Arduinoen for å se om vi kan lage denne målbrikken.
Kabling og kretstegning		Fullføre kretstegningen og kabelstrukturen.
Lage prosjektilavfyriingskrets		Bygge kretsen fysisk og teste.
Prosjektildeteksjon		Teste om prosjektildeteksjonen fungerer i praksis og i mørke områder.

Christoffer Mehren

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Iterasjonsrapport og -plan	6		Skrevet iterasjonsplan og -rapport. Skrevet oppfølgingsdokumenter.	
Målbrikke	1		Sett på Arduino 33 BLE til posisjonstracking.	
Prosjektildeteksjon	4		Testet prosjektildeteksjons metoder. Proximity sensor ser ut til å fungere veldig bra.	
Modellering og regulering	11		Modellert steppermotor i Simulink og startet å skrive rapport.	
Innkjøp av elektriske komponenter	5		Funnet og kjøpt inn noen elektriske komponenter. Eks: transistorer, brytere, motstander etc.	
Møter og veiledning	6		Gruppemøter og veiledningsmøter. Besøk hos KDA.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Modellering og regulering		Fortsette å skrive på rapporten, og designe regulering av posisjon.
Prosjektildeteksjon		Teste om prosjektildeteksjonen fungerer i praksis og i mørke områder.
Lage prosjektilavfyriingskrets		Bygge kretsen fysisk og teste.



Teste regulering av
steppermotor

Skrive kode for regulering av steppermotorens posisjon og prøve å styre den med variabel hastighet for å minimere rykk.

Ole Christian W. Kopland

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Iterasjonsrapport- og plan	2		Planlegge arbeidsoppgaver for iterasjon K2 og skrive iterasjonsrapport for K1.	
Møter	7		Gruppemøter og veiledningsmøter. Skrive referat.	
Research Data	5		Lære om Qt og C++. Lage plan for softwarearkitektur.	
GUI	4,5		Legge til funksjoner i GUI.	
Mikrokontroller	6		Lage kode til styring av systemet.	
Bygge prototype 1	1,5		Plasmakutte 3 mm stålplate til bunnstruktur.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Research Data		Lære videre om Qt og C++. Planlegge softwarearkitektur.
GUI		Fortsette å legge til funksjoner i GUI.
Mikrokontroller		Fortsette utvikling av kode til Arduino.
Test av Arduino og GUI		Teste programmerte funksjoner.

Simen Tråstadkjølen

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Iterasjonsrapport- og plan	3		Planlegge arbeidsoppgaver for iterasjon K2 og skrive iterasjonsrapport for K1.	
Mekanisk design	26		Design av toppstruktur; strukturell oppbygning, plassering av komponenter, og se litt på rotasjon og elevasjon med Tobias og Martin.	
Testing av avfyring	2		Fysisk testing av avfyring med ulike prosjektiler.	
Møter og veiledning	6		Gruppemøter og veiledningsmøter. Besøk hos KDA.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Testing av avfyring		Skrive kort rapport om funn.
Mekanisk design		Gjøre ferdig design av toppstruktur for prototype 1. Dokumentere designprosessen og viktige valg gjort.
Bygge prototype 1		3D-printe komponenter for toppstruktur.

Martin Slettedal

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Iterasjonsrapport- og plan	3		Planlegge arbeidsoppgaver for iterasjon K2 og skrive iterasjonsrapport for K1.	
Mekanisk design	32		Design av bunnstruktur; strukturell oppbygging, plassering av komponenter. Vært med på diskusjoner rundt løsninger for elevasjon og avfyring.	
Testing av avfyring	2		Fysisk testing av avfyring med ulike prosjektiler	
Møter og veiledning	6		Gruppemøter og veiledningsmøter.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Mekanisk design		Gjøre ferdig design av bunnstruktur for prototype 1. Dokumentere designprosessen med viktige valg gjort.
Bygge prototype 1		3D-printe reimskiver og andre komponenter til bunnstruktur.

Tobias Nilsen

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Iterasjonsrapport- og plan	2		Planlegging av videre arbeid og timelister.	
Mekanisk design	27		Design av elevasjonsmekanisme; opplagring, plassering av komponenter og lastberegninger. Jobbet litt med Martin og Simen om deres mekanismer og plasseringer i forhold til min mekanisme.	
Møter og veiledning	6,5		Gruppemøter og veiledningsmøter, samt referat.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Mekanisk design		Skrive videre på utviklingsloggen av funn og ideer som har blitt gjort.
Research 3D-print		Strekkteste for å fullføre rapporten.
Bygge prototype 1		Kjøre inn komponenter og 3D-printe komponenter for toppstruktur.

Utfyllende timelister fra forrige uke.

John Kristoffer Kristiansen

28.3.2022	2	Møter	Besøk hos KDA. Fikk omvisning på arsenalet og en demonstrasjon av NASAMS
28.3.2022	2	Prosjektorganisering	Laget oppfølgingsdokument for uke 11 og 12. 12 Blir beholdt blank, siden ingen arbeid ble gjort grunnet eksamen
28.3.2022	2	Prosjektorganisering	Startet på iterasjonsplan for konstruksjon 2.
29.3.2022	2	Prosjektorganisering	Fortsatt på iterasjonsplan for konstruksjon 2. Oppfølgingsdokumentet for uke 12 skulle egentlig hatt neste ukes arbeid i seg, men jeg bestemte at vi ikke gjorde dette fordi vi ikke hadde fastsatt oppgavene for konstruksjon 2.
29.3.2022	3	Analyse og design	Var hos OEM Automatic. Fikk en mindre magnetventil enn hva vi hadde og en lufttrykkregulator samt også noe informasjon om å lage en reguleringskrets for lufttrykk.
29.3.2022	3	Analyse og design	Gikk igjennom dokumentasjonen til lufttrykkregulatoren og lage en tidlig versjon av styrekretsen denne trenger.
30.3.2022	4	Analyse og design	Testet forskjellige metoder for prosjektildeteksjon. Fant ut av en proximity sensor med sort prosjektil fungerte overraskende bra til vårt formål. Om prosjektilet ikke er svart, kan vi enda lakke eller sette på en svart bit på prosjektilet nær detektoren.
30.3.2022	1	Møter	Møte med intern veileder, Kjell Enger. Se møtereferat MRI10.
30.3.2022	1	Implementasjon	Arbeid med å finne smådelene. Transistorer, LED-lys, motstander, sikkringsbrytere og Arduino-er til toppstruktur.
30.3.2022	0,5	Møter	Gruppemøte.
31.3.2022	1	Møter	Møte med ekstern veileder, Vanja Halvorsen. Se møtereferat MRE10.
31.3.2022	5	Analyse og design	Testet metoder for å lage en flyttbar målebrikke. Prøvde først en Adafruit 9-akse krets men etter litt testing og sjekking på nett fant jeg en Arduino som hadde samme type krets men også Bluetooth for trådløs overføring. Bestilte en Arduino 33 BLE for mer testing.
31.3.2022	2	Prosjektorganisering	Laget en liste over manglende oppgaver innenfor elektro og maskin. Se litt helhetlig hva som mangler og burde prioriteres. Prosjektil er en av oppgavene som må sjekkes mer og Simen tar seg av det.
31.3.2022	0,5	Møter	Gruppemøte.
1.4.2022	1	Møter	Iterasjonsmøte for å kartlegge statusen på iterasjonen som slutter, og for å planlegge neste iterasjon. Se MRP04.
1.4.2022	5	Implementasjon	Begynte på et koblings skjema for launcheren. Fant ut at vi burde kutte ned kablinga til toppstruktur da vi har 23 ledere om vi ikke bruker en prosessor i toppstruktur i tillegg.
1.4.2022	2	Implementasjon	Når koblings skjemaet var påbegynt, gjorde jeg samtidig en krets for sekvensavfiring. Må testes mer og fortsettes på neste uke.

Tobias Nilsen

28.03.2022	1	Prosjektorganisering	Iterasjonsplan - planlegging av videre arbeid og timelister
28.03.2022	2	Møter	Besøk på KDA - arsenalet. Så på NASAMS
28.03.2022	4	Analyse og design	Mekanisk design - Tilgjengelige komponenter på internett og se på opplagring av elevasjonsmekanisme og -struktur.
29.03.2022	5	Analyse og design	Mekanisk design - designe elevasjonsstruktur
29.03.2022	1	Prosjektorganisering	Iterasjonsplan - legge til arbeidsoppgaver i Konstruksjon 2
30.03.2022	1	Møter	Møte med intern veileder
30.03.2022	0,5	Møter	Gruppemøte
30.03.2022	7	Analyse og design	Mekanisk design - Tilgjengelige komponenter på internett og se på opplagring av elevasjonsmekanisme og festemuligheter
31.03.2022	0,5	Møter	Gruppemøte
31.03.2022	1	Møter	Møte med ekstern veileder
31.03.2022	4,5	Analyse og design	Dedikert tid til å se hva slags komponenter som finnes på RS Components, og hva slags komponenter som kan være ideelt for vårt bruk. Sketsjet design med komponenter som kan være ideelle
31.03.2022	0,5	Møter	Referat - ekstern veileder
01.04.2022	1	Møter	Iterasjonsmøte med gruppen
01.04.2022	6	Analyse og design	fortsettelse på designet toppstruktur.
02.04.2022	0,5	Analyse og design	Sett på hvordan gjengestang fungerer og hvor mye det koster.

Simen Tråstadkjølen

28.03.2022	1	Prosjektorganisering	Iterasjonsplan; planlegging av videre arbeid
28.03.2022	2	Møter	Besøk hos KDA på arsenalet
28.03.2022	4	Analyse og design	Mekanisk design; se på tilgjengelige komponenter og se på overføring av luft til toppstruktur
29.03.2022	4,5	Analyse og design	Mekanisk design; design av toppstruktur og avfyringsmekanisme
29.03.2022	1	Prosjektorganisering	Iterasjonsplan; legge til arbeidsoppgaver i K2
30.03.2022	0,5	Møter	Gruppemøte
30.03.2022	1	Møter	Møte med intern veileder
30.03.2022	8,5	Analyse og design	Mekanisk design; design av toppstruktur og avfyringsmekanisme, se litt på elevasjon og rotasjon med Tobias og Martin
31.03.2022	0,5	Møter	Gruppemøte
31.03.2022	1	Møter	Møte med ekstern veileder
31.03.2022	2	Testing	Testing av avfyring; teste treffsikkerhet med ulike prosjektiler
31.03.2022	4	Analyse og design	Mekanisk design; design av toppstruktur og avfyringsmekanisme
01.04.2022	1	Møter	Gruppemøte; status for oppgaver i denne iterasjonen
01.04.2022	5	Analyse og design	Mekanisk design; design av toppstruktur og avfyringsmekanisme, se litt på elevasjon og rotasjon med Tobias og Martin
01.04.2022	1	Prosjektorganisering	Iterasjonsrapport for K1

Ole Christian W. Kopland

28.3.2022	2	Prosjektorganisering	Timelister, oppfølgingsdokument og dokumentasjon av eget arbeid.
28.3.2022	2	Møter	Omvisning på Arsenalet med KDA. Vi får se på flere launchere i NASAMS.
28.3.2022	2	Implementasjon	Fortsatte utvikling av GUI. Klarte på en tekstboks til å ta inn tall (0,00 til 360,00) og sende til Arduino. Dette er til styring av motor-posisjoner.
30.3.2022	0,5	Møter	Daglig internt møte med prosjektgruppen.
30.3.2022	1	Møter	Ukentlig møte med intern veileder, Kjell Enger. Se møtereferat MRI10.
30.3.2022	1	Møter	Skrive referat til møte. Se møtereferat MRI10.
30.3.2022	2	Implementasjon	Fortsatt research og utvikling av GUI.
30.3.2022	1	Analyse og design	Undersøkt hvordan jeg skal lage Use Case og sekvensdiagrammer til datadelen i prosjektet.
31.3.2022	1	Møter	Ukentlig møte med ekstern veileder, Vanja Halvorsen. Se møtereferat MRE10.
31.3.2022	0,5	Møter	Daglig internt møte med prosjektgruppen.
31.3.2022	2,5	Implementasjon	Startet å lage programmet som skal styre systemet med Arduino.
31.3.2022	3	Analyse og design	Laget klassediagrammer til Arduino.
1.4.2022	1	Møter	Iterasjonsmøte for å kartlegge statusen på iterasjonen som slutter, og for å planlegge neste iterasjon. Se MRP04.
1.4.2022	2	Analyse og design	Laget klassediagrammer til Arduino.
1.4.2022	2	Implementasjon	Fortsatt å lage programmet som skal styre systemet.
1.4.2022	1	Analyse og design	Undersøke Arduino 33 BLE. Møte med Steven Bos
1.4.2022	1,5	Implementasjon	Lage en bunnplate i stål med plasmakutter.

Christoffer Mehren

28.3.2022	2	Møter	Besøk hos KDA. Var på arsenalet og så på NASAMS.
28.3.2022	2	Prosjektorganisering	Timelister og oppfølgingsdokument.
28.3.2022	2	Prosjektorganisering	Startet på iterasjonsplan for konstruksjon 2.
29.3.2022	2	Prosjektorganisering	Fortsatt på iterasjonsplan for konstruksjon 2.
29.3.2022	1,5	Analyse og design	Sett på alternativer til rotasjonsenkoder, ettersom den kan være vanskelig å plassere med 1:1 forhold til topplementet. Kan plassere en inkrementell enkoder med lavere oppløsning på snekkeskruen.
29.3.2022	3	Implementasjon	Legge til nye komponenter i komponentresearch, som alternativer til mindre viktige deler. Prøvd å finne ny rotasjonsenkoder etter ønske fra maskin.
30.3.2022	4	Analyse og design	Arbeid med å lese meg opp på modellering av steppermotorer, og lage en modell i Simulink.
30.3.2022	1	Møter	Møte med intern veileder, Kjell Enger. Se møterefertat MRI10.
30.3.2022	1	Implementasjon	Arbeid med å finne smådeler. Transistorer, LED-lys, motstander etc.
30.3.2022	0,5	Møter	Gruppemøte.
31.3.2022	1	Møter	Møte med ekstern veileder, Vanja Halvorsen. Se møterefertat MRE10.
31.3.2022	1	Implementasjon	Innkjøp av komponenter fra RS Components.
31.3.2022	2	Testing	Jobbe med å få til prosjektildeteksjon. Lånt utstyr fra Ole Christian til testing.
31.3.2022	3	Analyse og design	Arbeid med å simulere steppermotor i Simulink. Skrevet ned resultater i utviklingslogg.
31.3.2022	0,5	Møter	Gruppemøte.
1.4.2022	2	Prosjektorganisering	Rette opp i møterefertat og fyller inn mitt i iterasjonsrapporten for konstruksjon 1. Regne ut timer og fargekode oppgavene.
1.4.2022	1	Testing	Prøve å få Arduino 33 BLE til å fungere. Laste ned biblioteker og installere nytt board. Dukker ikke opp i enhetsbehandleren.
1.4.2022	1	Møter	Iterasjonsmøte for å kartlegge statusen på iterasjonen som slutter, og for å planlegge neste iterasjon. Se MRP04.
1.4.2022	2,5	Analyse og design	Skrive ned resultater for simulering av motor i logg/rapport.

Martin Slettedal

28.3.2022	2	Møter	Besøk hos KDA nærmere bestemt arsenalet. Så på NASAMS.
28.3.2022	5,5	Analyse og design	Sett på 3D-modell av launcher som skal ferdigstilles.
29.3.2022	6	Implementasjon	Implementering av rotasjon
29.3.2022	1	Analyse og design	Utregning av lengde på reim for reimdriften.
30.3.2022	7	Implementasjon	Implementering av 3D-modell
31.3.2022	7	Analyse og design	Mekanisk design av bunnstruktur på 3D-modell.
1.4.2022	5,5	Analyse og design	Mekanisk design av bunnstruktur på 3D-modell.
1.4.2022	2	Testing	Testing av avfiring av nye prosjektiler.
1.4.2022	3,5	Møter	Daglige gruppe møter 3x 0,5t timer, 1 t intern veileder og t ekstern veileder.

Oppfølgingsdokument

04.04.2022 - 11.04.2022, uke 14

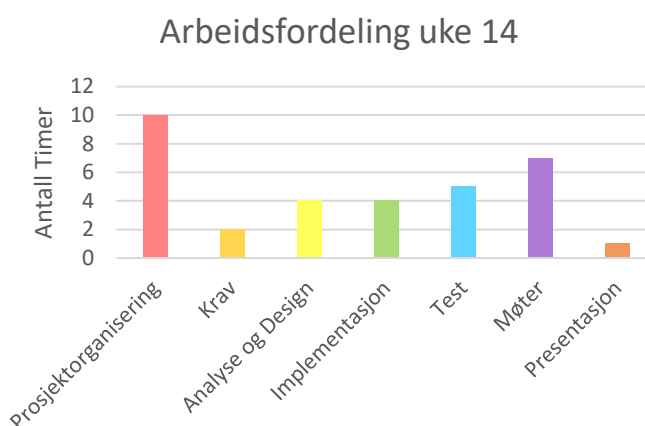
Bachelorgruppe 10

Status for prosjektet

Vi har nå begynt å 3D-printe i alle strukturene, teste elektriske komponentene og lage kode mellom Arduino Nano og Mega. Vi mangler bare et par komponenter og disse burde ankomme om ikke en altfor lang tid.

Oversikt timer

Person	Denne uka	Totalt
John	38,5	354,5
Simen	41,5	377
Christoffer	33	318
Ole Christian	31,5	332
Martin	37,5	365
Tobias	37,5	380
Totalt	251	2126,5



D - Disiplin	Prosjektorganisering	Krav	Analyse og design	Implementasjon	Testing	Møter	Presentasjon
--------------	----------------------	------	-------------------	----------------	---------	-------	--------------

S - Status	Arbeid er ferdig og dokumentert	Arbeide er påstartet, men fortsetter neste uke og er innenfor planen	Arbeidet er ikke startet eller blir ikke ferdig i forhold til planen
------------	---------------------------------	--	--

Oppgaver og timer per person

John Kristiansen

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Iterasjonsrapport og -plan	4		Skrive iterasjonsrapport og oppfølgingsdokument. Innkalte til siste presentasjon.	
Målbrikke	7		Funnet flere løsninger for målbrikke. Sett på AHRS og WIFI lokasjon. Mer testing av AHRS og IMU trengs. Sett på hvordan man kan finne posisjonen ved hjelp av en IMU. Sett på Kalman-filter og Madgwick-filter.	
Prosjektildeteksjon	2,5		Koble opp og prøve den bestilte prosjektildeteksjonskretsen. Fant ut at det fungerer bra med reflektivt rør og sort prosjektil.	
Lage prosjektilavfyringskrets	1		Fant komponentene vi trengte til kretsen.	
Kabling og kretstegning	12		Begynte å lage kretstegning og kablingstegning. Lager den i Proteus 8	
Tank og trykkregulering	3		Fant to potensielle løsninger for tank og kompressor.	
Teste strømforsyning	6		Sett på viktige krav for strømforsyning og hva som kreves for å få dem sertifisert.	
Møter og veiledning	3		Ukentlige veiledningsmøter, gruppemøter og iterasjonsmøte.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Tank og trykkregulering		Finne tank og trykkfyller løsning
Kabling og kretstegning		Fullføre tegningen og sende den til veileder for tilbakemelding
Målbrikke		Må se mer på målbrikken. Ingen fungerende løsning enda.
Teste strømforsyning		Teste buck-regulatoren med 24 V og teste 24 V strømforsyningen opp imot kravene.

Christoffer Mehren

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Iterasjonsrapport og -plan	3		Skrive iterasjonsrapport og oppfølgingsdokument.	
Målbrikke	3		Sett på hvordan man kan finne posisjonen ved hjelp av en IMU. Sett på Kalman-filter og Madgwick-filter.	
Prosjektildeteksjon	2,5		Koble opp og prøve den bestilte prosjektildeteksjonskretsen. Fant ut at det fungerer bra med reflektivt rør og sort prosjektil.	



Modellering og regulering	5		Modellert steppermotor i Simulink, for å teste ulike drivermetoder.	
Lage prosjektilavfyriingskrets	7		Design og tegne prosjektilavfyriingskrets. Mye av tiden gikk til kretstegningene. Har alle deler, og mangler kun å lodde kretsen.	
Kabling og kretstegning	1		Lodde pins på Arduino Nano og 33 BLE.	
Innkjøp av elektriske komponenter	2		Innkjøp av diverse elektriske komponenter, og innføring av dette i Excel.	
Tank og trykkregulering	4		Teste avlesning av trykkregulatoren. Prøvd å lage et 4-20 mA signal til styring av trykket.	
Teste regulering av steppermotor	2		Teste regulering av steppermotor med en tidligere bestilt stepperdriver. Fungerte godt, men ble for varm.	
Test strømforsyning	0,5		Teste avfyriingskrets.	
Møter og veiledning	3		Ukentlige veiledningsmøter, gruppemøter og iterasjonsmøte.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Lage prosjektilavfyriingskrets		Lodde ferdig avfyriingskretsen.
Tank og trykkregulering		Lage en krets som kan gjøre om et 0-5 V signal til et 4-20 mA signal slik at vi kan kommunisere med trykkregulatoren.
Teste regulering av steppermotor		Prøve å få til god regulering av steppermotoren.

Ole Christian W. Kopland

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Iterasjonsrapport og -plan	1		Skrive iterasjonsrapport og oppfølgingsdokument.	
Møter og veiledning	3,5		Ukentlige veiledningsmøter, gruppemøter og iterasjonsmøte.	
Målbrikke	2		Hjulpet til med mikrokontroller til målbrikke og sett på løsninger.	
Research - Data	3		Lage diagrammer til software og planlegge arkitektur. Har også lest og lært om Qt og Arduino C++.	
GUI	3		Fortsette utvikling av GUI. Har laget funksjoner for lesing og sending av data.	
Mikrokontroller	16		Laget kode til Arduino Nano som skal sitte i toppstruktur. + Startet på kode til Arduino Mega.	
Test av Arduino og GUI	3		Testet kode på Nano, Mega og GUI hver for seg. Testet den serielle kommunikasjonen mellom Mega og Nano.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Research - Data		Fortsette å lære om Qt og planlegge software arkitekturen.
GUI		Fortsette utvikling av GUI + legge til funksjoner for testing.
Mikrokontroller		Lage kode til Arduino Nano og Arduino Mega for styring av systemet.
Test av Arduino og GUI		Teste kode og komponenter på Arduino. + Test av kommunikasjonen.

Simen Tråstadkjølen

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Iterasjonsplan og -rapport	0,5		Iterasjonsplan og -rapport.	
Møter og veiledning	4		Veiledningsmøter, referat og gruppemøter.	
Mekanisk design	27,5		Design av toppstruktur; plassering av ventiler, slanger, rør, prosjektiler osv.	
Bygge prototype 1	3		3D-printing og tilpassing av deler til rotasjonsmekanismen.	
Testing av avfyring	4,5		Testing av prosjektiler og ventiler, samt rapportskrivning.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Mekanisk design		Dokumentasjon.
Testing av avfyring		Rapportskrivning.

Martin Slettedal

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Iterasjonsrapport og. plan	0,5		Iterasjonsplan K2 og iterasjonsrapport K1	
Mekanisk design	23,5		Modellering av nye tannreimer for at tennene skulle passe, pluss modifikasjon for tilpasning til rotasjonsenkoder. Se på produserbarhet av delene, gjøre forenklinger for 3D-printede deler.	
Testing av avfyring	6,5		Testing av avfyring; Testing og sammenligning av to magnetventiler, rapport angående avfyringstesting	
Bygge prototype 1	3		Klargjøring og gjennomføring av 3D-print, Tilvirkning av deler for rotasjonsmekanisme.	
Møter og veiledning	3,5		Gruppemøter og veiledningsmøter.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Mekanisk design		Skrive dokumentasjon rundt framdrift på rotasjonsmekanisme.
Bygging av prototype 1		Bygge ferdig rotasjonsmekanisme om belte kommer.
Testing av rotasjon		Funksjonsteste rotasjonen.

Tobias Nilsen

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Iterasjonsplan og -rapport	1		Iterasjonsplan og -rapport.	
Møter og veiledning	4		Veiledningsmøter, referat og gruppemøter.	
Mekanisk design	27,5		Design av elevasjonsmekanisme – krefter som påvirker, dimensjonering og utforming av deler.	
Bygge prototype 1	3		3D-printing og tilpassing av deler til rotasjonsmekanismen og avfyringsmekanismen.	
Research 3D-print	2		Oppsett for strekktest av 3D print – innsatser.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Mekanisk design		Dokumentasjon og design av elevasjonsmekanisme
Testing av innsatser		Rapportskriving.

John

4/4/2022	3	Prosjektorganisering	Skrive iterasjonsrapport og oppfølgingsdokument.
4/4/2022	4	Analyse og design	Sett mer på målbrikke. Funnet en to andre løsninger, AHRS og WIFI styrke mål. Må se mer på disse som potensielle løsninger
4/4/2022	1	Analyse og design	Skaffet komponenter til afyringskrets. Fikk tak i komponenter fra tidligere lærer.
5/4/2022	3	Analyse og design	Mer testing av målbrikke. Fikk beskjed at jeg burde lage Use cases og klassediagram for denne. Dro tidlig for å hente settskrue i Oslo
6/4/2022	1	Møter	Ukentlig møte med intern veilder, Kjell Enger. Se møtereferat MRI11.
6/4/2022	0.5	Møter	Gruppemøte.
6/4/2022	5	Implementasjon	Startet på krets og kablingstegning. Tegningen vil bli lagd i Proteus 8.
7/4/2022	0.5	Møter	Gruppemøte.
7/4/2022	2.5	Analyse og design	Testet prosjektildeteksjonskomponenten etter at vi hadde bestilt alle sammen. Fungerte enda som forventet.
7/4/2022	7	Implementasjon	Fortsatte på kretstegning. Noe av dagen gikk også til Karrieredagen.
8/4/2022	1	Prosjektorganisering	Ordnet med innkalling til siste presentasjon.
8/4/2022	1	Møter	Iterasjonsmøte for å kartlegge statusen på iterasjonen som slutter, og for å planlegge neste iterasjon. Se MRP05.
8/4/2022	3	Implementasjon	Fant to muligheter for tank og trykk-påfylling. Skal finne mer ut neste uke. Mulig vi har noe mer tilgjengelig.
8/4/2022	6	Testing	Begynte å se på krav for strømforsyning og hva som vi burde dekke. Samt også sjekket litt med batteri.

Christoffer

4/4/2022	3	Prosjektorganisering	Skrive iterasjonsrapport og oppfølgingsdokument.
4/4/2022	3	Analyse og design	Skrive rapport for simuleringsresultater, EL006.
4/4/2022	0.5	Implementasjon	Fylle inn tidligere kjøp i innkjøpslista og rette opp formateringsfeil.
5/4/2022	2.5	Testing	Teste den bestilte prosjektildeteksjonskretsen. Teste kode for hvordan man forholder seg til Arduino 33 BLE sin IMU.
5/4/2022	1	Implementasjon	Lodde pins på Arduino 33 BLE og Arduino Nano slik at de enklere kan brukes til testing på breadboard.
5/4/2022	0.5	Testing	Teste avfiring med den nye ventilen og sjekke med ulikt trykk for å sammenlikne med den tidligere brukte ventilen.
5/4/2022	2	Analyse og design	Prøve å finne en god måte å modellere full-step drift av steppermotor i simulink med varierende frekvens. Sett på muligheter for PWM styring i Arduino.
5/4/2022	1	Møter	Ukentlig møte med intern veileder, Kjell Enger. Se møtereferat MRI11.
6/4/2022	1	Analyse og design	Sett på utfordringer med målskiven. Posisjonen kan drifte selv om IMU-en står stille. Sett på Kalman-filter og Madgwick-filter.
6/4/2022	2	Testing	Teste tidligere bestilt steppermotordriver (A4988). Fikk den til å funke bra, men det er alt for stor varmeutvikling. Skaffet ny L298N-driver som tåler høyere strømmer, men som ikke støtter mikrostepping.
6/4/2022	0.5	Møter	Gruppemøte.
6/4/2022	3	Analyse og design	Designere kretskort til prosjekttilavfyingskrets. Lage kretstegning.
7/4/2022	4	Analyse og design	Tegne koblingsskjema for prosjekttilavfyingskrets. Lage PCB fotavtrykk. Tegne skjema for fysisk oppkobling på kretskort. Klargjøre skjema for printing. Endring av komponentfiler slik at de ser bedre ut.
7/4/2022	0.5	Møter	Gruppemøte.
7/4/2022	1	Testing	Hjelpe med å få Arduino 33 BLE til å funke på John sin maskin. Testing av denne og Arduino mikro, etter Ole Christian har fikset kabel. Foreslått krets for kommunikasjon mellom arduinoer med ulik spenning.
7/4/2022	1	Analyse og design	Sett på AHRS-system
8/4/2022	2	Testing	Teste avlesning av trykkregulatoren ved hjelp av Arduino og en krets til måling.
8/4/2022	1	Møter	Iterasjonsmøte for å kartlegge statusen på iterasjonen som slutter, og for å planlegge neste iterasjon. Se MRP05.
8/4/2022	2	Testing	Teste styring av reguleringsventilen fra Arduino. Prøvd å lage et strømspeil for konvertering fra spenning til strøm, ettersom regulatoren har 4-20mA inngang.
8/4/2022	1.5	Implementasjon	Kjøpt ny rotasjonsenkoder ettersom RS Components ikke kunne levere før i August. Kjøpt kabel og plugg til AC tilførsel.

Ole Christian

4/4/2022	0.5	Møter	Daglig internt møte med prosjektgruppen.
4/4/2022	1	Prosjektorganisering	Utfylling av oppfølgingsdokument og timelister fra forrige uke.
4/4/2022	2	Analyse og design	Fortsette å lage diagrammer og planlegge arkitekturen.
4/4/2022	4	Implementasjon	Lage kode til kommunikasjon mellom Arduino Nano og Arduino Mega.
6/4/2022	0.5	Møter	Daglig internt møte med prosjektgruppen.
6/4/2022	1	Møter	Ukentlig møte med intern veileder, Kjell Enger. Se møtereferat MRI11.
6/4/2022	5	Implementasjon	Lage kode til kommunikasjon mellom Arduino Nano og Arduino Mega.
7/4/2022	1	Testing	Teste kode til seriell kommunikasjon.
7/4/2022	1	Analyse og design	Planlegge software arkitekturen til Arduino Nano
7/4/2022	5	Implementasjon	Lage kode til kommunikasjon mellom Arduino Nano og Arduino Mega.
7/4/2022	0.5	Møter	Daglig internt møte med prosjektgruppen.
8/4/2022	1	Møter	Iterasjonsmøte for å kartlegge statusen på iterasjonen som slutter, og for å planlegge neste iterasjon. Se MRP05.
8/4/2022	4	Implementasjon	Lage kode til kommunikasjon mellom Arduino Nano og Arduino Mega. Legger også til deteksjon.
8/4/2022	1	Testing	Teste kode til seriell kommunikasjon og deteksjon av prosjektiler.
9/4/2022	1	Implementasjon	Lage kode til kommunikasjon mellom Arduino Nano og Arduino Mega. Legger også til deteksjon og avfyring.
9/4/2022	1	Testing	Teste kode til seriell kommunikasjon, deteksjon av prosjektiler og avfyring.
9/4/2022	2	Analyse og design	Sett på muligheten for å lage en målbrikke til systemet. Så på forskjellige typer Arduinoer og løsninger.

Simen

04/04/2022	0.5	Prosjektorganisering	Iterasjonsplan K2 og iterasjonsrapport K1
04/04/2022	0.5	Møter	Prat med Kjell
04/04/2022	5.5	Analyse og design	Mekanisk design; toppstruktur, plassering av ventiler ruting av slanger og koblinger
05/04/2022	4	Testing	Testing av avfyring; Testing og sammenligning av to magnetventiler, rapport angående avfyringstesting
05/04/2022	0.5	Analyse og design	Mekanisk design; diskusjon med Tobias angående krefter, dimensjonering og utforming av elevasjonsmekanisme
05/04/2022	2	Analyse og design	Mekanisk design; se på tilgjengelige ventiler og ventilmanifolder
06/04/2022	0.5	Møter	Gruppemøte
06/04/2022	5	Analyse og design	Mekanisk design; se på tilgjengelige ventiler og lage nytt design for toppstruktur og for prosjektiler
06/04/2022	1	Implementasjon	Bygge prototype 1; klargjøre for og sette igang 3D-printing av deler
06/04/2022	1	Møter	Møte med intern veileder
06/04/2022	1	Testing	Testing av avfyring; rapport for avfyringstesting
06/04/2022	0.5	Møter	Skrive møtereferat for veiledningsmøte
07/04/2022	0.5	Møter	Gruppemøte
07/04/2022	1	Testing	Testing av avfyring; rapport for avfyringstesting
07/04/2022	0.5	Testing	Testing av reguleringsventil
07/04/2022	5.5	Analyse og design	Mekanisk design; toppstruktur, plassering av ventiler ruting av slanger og koblinger
08/04/2022	1	Møter	Ukentlig gruppemøte
08/04/2022	2	Implementasjon	Bygge prototype 1; tilvirkning av deler for rotasjonsmekanisme
08/04/2022	5	Analyse og design	Mekanisk design; toppstruktur, strukturell oppbygning, kasse, feste for elevasjonsmekanisme
10/04/2022	4	Analyse og design	Mekanisk design; toppstruktur, strukturell oppbygning, kasse, feste for elevasjonsmekanisme

Martin

04/04/2022	0.5	Prosjektorganisering	Iterasjonsplan K2 og iterasjonsrapport K1
04/04/2022	0.5	Møter	Prat med Kjell
04/04/2022	5.5	Analyse og design	Mekanisk design; bunnstruktur, plassering av kasser og modifisering.
05/04/2022	4	Testing	Testing av avfyring; Testing og sammenligning av to magnetventiler, rapport angående avfyringstesting
05/04/2022	0.5	Analyse og design	Mekanisk design; diskusjon med Tobias angående krefter, dimensjonering og utforming av elevasjonsmekanisme
05/04/2022	2	Analyse og design	Mekanisk design; se på tilgjengelige rotasjonsenkodere, måtte bestille nye på grunn av at RS ikke kan levere likevel.
06/04/2022	0.5	Møter	Gruppemøte
06/04/2022	5	Analyse og design	Mekanisk design; Modellere ny rotasjonsenkoder
06/04/2022	1	Implementasjon	Bygge prototype 1; klargjøre for og sette igang 3D-printing av deler
06/04/2022	1	Møter	Møte med intern veileder
06/04/2022	1	Testing	Testing av avfyring; rapport for avfyringstesting
06/04/2022	0.5	Møter	Skrive møtereferat for veiledningsmøte
07/04/2022	0.5	Møter	Gruppemøte
07/04/2022	1	Testing	Testing av avfyring; rapport for avfyringstesting
07/04/2022	0.5	Testing	Testing av reguleringsventil
07/04/2022	5.5	Analyse og design	Mekanisk design; Modifisering av tannreimer for enklere 3D-print
08/04/2022	1	Møter	Ukentlig gruppemøte
08/04/2022	2	Implementasjon	Bygge prototype 1; tilvirkning av deler for rotasjonsmekanisme
08/04/2022	5	Analyse og design	Mekanisk design; Bunnstruktur finish.

Tobias

04/04/2022	1	Prosjektorganisering	Iterasjonsrapport og timelister
04/04/2022	1	Møter	Møte med intern veileder
04/04/2022	6.5	Analyse og design	Mekanisk design; elevasjon, plassering av opplagring, kulelager og koblinger. Sammenlikne forskjellige design av elevasjon
05/04/2022	0.5	Analyse og design	Mekanisk design; diskusjon med Simen angående krefter, dimensjonering og utforming av elevasjonsmekanisme
05/04/2022	5	Analyse og design	Mekanisk design; se på tilgjengelige komponenter for kulelager, aksellåsninger og skruer
05/04/2022	2	Testing	Design oppsett for strekktesting av 3D print. Skruer og innsatsinger.
06/04/2022	0.5	Møter	Gruppemøte
06/04/2022	7	Analyse og design	Mekanisk design; lage nytt design for elevasjonskonsept, opplagringen og plassering
06/04/2022	1	Møter	Møte med intern veileder
07/04/2022	0.5	Møter	Gruppemøte
07/04/2022	4.5	Analyse og design	Mekanisk design; elevasjon, plassering av koblinger, kulelager og akslinger.
08/04/2022	1	Møter	Ukentlig gruppemøte
08/04/2022	3	Implementasjon	Bygge prototype 1; klargjøre komponenter for 3D print
08/04/2022	4	Analyse og design	Mekanisk design; elevasjon, strukturell oppbygning sammen med toppstruktur for å feste disse to sammenstillingene sammen

Oppfølgingsdokument

11.04.2022 til 18.04.2022, uke 15

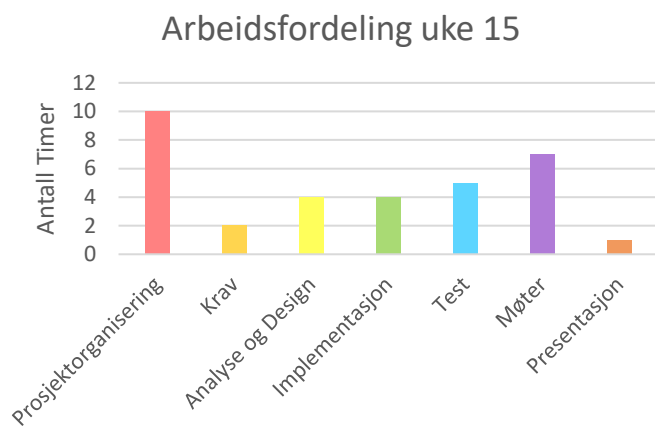
Bachelorgruppe 10

Status for prosjektet

Konstruksjon 2 nå ferdig og neste iterasjon vil tar for seg byggingen og testingen av prototype 1. Alle komponenter er klare til montering og testing vil starte om ikke lang tid.

Oversikt timer

Person	Denne uka	Totalt
John	32	393
Simen	19,5	396,5
Christoffer	26	344
Ole Christian	31,5	364,5
Martin	24	389
Tobias	24,5	404,5
Totalt	157,5	2290,5



D - Disiplin	Prosjekt-organisering	Krav	Analyse og design	Implementasjon	Testing	Møter	Presentasjon
--------------	-----------------------	------	-------------------	----------------	---------	-------	--------------

S - Status	Arbeid er ferdig og dokumentert	Arbeide er påstartet, men fortsetter neste uke og er innenfor planen	Arbeidet er ikke startet eller blir ikke ferdig i forhold til planen
------------	---------------------------------	--	--

Oppgaver og timer per person

John Kristiansen

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Iterasjonsrapport og -plan	2,5		Skrevet oppfølgingsdokument.	
Målbrikke	4		Sjekkert forskjellige koder og avlesning fra arduinoen. Mulig vi må gå for en 2D løsning enn så lenge	
Innkjøp av elektriske komponenter	5		Hentet deler for maskin. Snakket med Steven om PCB konstruksjon på skolen. Mulig vi kan lage våre egne kretskort her uten å vente lenge.	



Kabling og kretstegning	2		Ferdig med tegningen. Litt småjustering må til etter data har valgt porter til Arduinoen.	
Tank og trykkregulering	11		Fant tank og koblinger til tanken.	
Test strømforsyning	6		Testet strømforsyning og buck-regulatoren.	
Møter og veiledning	2		Ukentlige veiledningsmøter og gruppemøter	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Målbrikke		Prøve å lage kode som skal regne ut posisjonen til en Arduino 33 BLE.
Tank og trykkregulering		Få til å skrive 4-20 mA til trykkregulatoren.
Kabling og tilkoblinger		Lage koblingspunkter og bruke krympehus til å gjøre kable systemet enklere å montere og demontere. Se hvordan rotasjon og elevasjon påvirker ledningene.
Skrive sluttrapport		Skrive en fullstendig rapport om elektronisk del
Bygging av prototype 1		Montere de elektriske delene i prototype 1.
Teste fullstendig elektrisk oppsett		Teste fullstendig elektrisk oppsett. Sjekke alle elektriske komponenter.

Christoffer Mehren

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Iterasjonsrapport og -plan	1,5		Skrevet oppfølgingsdokument.	
Lage prosjektilavfyrings-krets	4,5		Kappe til, pusse og lodde krets for prosjektilavfyring. Tok noen forsøk.	
Kabling og kretstegning	1		Hjelpe til med kretstegningen til John. Spesielt utforming på komponenter og navngivning.	
Innkjøp av elektriske komponenter	2,5		Innkjøp av elektriske komponenter. Klaging på manglende levering som ble levert til feil adresse. Manglende komponent er ettersendt.	
Tank og trykkregulering	12,5		Simulere, koble og teste forskjellige kretser for å gjøre om et signal fra Arduinoen til et 4-20 mA signal.	
Teste regulering av steppermotor	2		Skrevet, testet og dokumentert kode for avlesning av rotasjonsenkoderene.	
Møter og veiledning	2		Ukentlige veiledningsmøter og gruppemøter.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Målbrikke		Prøve å lage kode som skal regne ut posisjonen til en Arduino 33 BLE.
Prosjektildeteksjon		Skrive rapport.
Tank og trykkregulering		Få til å skrive 4-20 mA til trykkregulatoren.
Regulering av steppermotor		Regulere steppermotor med tilbakekobling fra rotasjonsenkoderen.
Kabling og tilkoblinger		Planlegge hvilke ledninger som skal grupperes og mellomkoblinger, som plugges eller sukkerbiter.

Ole Christian W. Kopland

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Møter og veiledning	3		Ukentlige veiledningsmøter og gruppemøter.	
Nettside	2		Oppdatert nettside. Laget blogger, "om prosjektet" og fikset feil.	
Research - Data	7		Lage diagrammer til software og planlegge arkitektur. Har også lest og lært om Qt og Arduino C++.	
GUI	6		Fortsette utvikling av GUI. Har laget visning og oppdatering av status og jobbet med design.	
Mikrokontroller	7,5		Fullført kode til Arduino Nano og fortsatt koding av Arduino Mega.	
Test av Arduino og GUI	6		Testet kommunikasjon mellom begge mikrokontrollere og Ethernet. Har også testet deteksjon av status.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
GUI		Bli ferdig med GUI som kan brukes til testing av den fysiske modellen.
Mikrokontroller		Bli ferdig med kode som kan brukes til testing av den fysiske modellen.
Test av Arduino og GUI		Test av Arduino og GUI på den fysiske modellen.
Dokumentere eget arbeid		Dokumentere kode, arkitektur og eget arbeid generelt.

Simen Tråstadkjølen

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Møter og veiledning	2,5		Ukentlige veiledningsmøter og gruppemøter.	
Mekanisk design	12,5		Ferdigstille design av toppstruktur, skrive dokumentasjon/logg.	
Testing av avfyring	4,5		Skrive rapport.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Bygge fysisk prototype		Fysisk sammenstilling av prototype.
Testing av prototype		Test fysisk prototype.
Mekanisk design		Skrive dokumentasjon.

Martin Slettedal

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Møter og veiledning	2		Ukentlige veiledningsmøter og gruppemøter.	
Mekanisk design	21		Jobbing med Bunnstruktur og skriving i logg.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Mekanisk design		Gjøre ferdig bunnstruktur.
Designe ekstern boks		Designe ekstern boks
Bygge prototype 1		Montere alle deler som trengs for å teste rotasjonen.

Tobias Nilsen

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Møter og veiledning	2,5			
Mekanisk design	15,5		Design av elevasjonsmekanisme	
Bygge prototype 1	5		Diskusjon om 3D modellen som helhet. Sammenlikninger av design og implementere disse i hverandre.	
Research 3D-print	1,5		plan for strekktesting av innsatsinger og modellert modeller.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Bygge fysisk prototype 1		Fysisk sammenstilling av prototype.



Testing av prototype 1		Test fysisk prototype.
Mekanisk design		Skrive dokumentasjon. Designe holder til mikrokontroller og kretskort.

John

11/4/2022	1.5	Møter	Ukentlig møte med ekstern veileder, Vanja Halvorsen. Se møtereferat MRE11.
11/4/2022	2	Implementasjon	Prøver å finne en kompressor og tank for avfyring. Mulig en håndholdt kompressor og et tidligere brannslukningsapparat. Må teste om dette vil fungere.
11/4/2022	1.5	Prosjektorganisering	Oppfølgingsdokumenter og iterasjonsmøtereferat.
11/4/2022	3	Implementasjon	Fant tank og boks-fittings til ekstern boks og bunnstruktur. Mulig det ikke trengs kompressor siden tanken holder 310 Bar
12/4/2022	2	Implementasjon	Fullførte krets og kablingstegningen. Noen småting gjenstår, men må ordnes til slutt når data delen har valgt hvilke innganger de ønsker.
12/4/2022	6	Testing	Testing av strømforsyning. Testet buck-regulatoren med varierende inngangsspenning og resultatet var overraskende bra. Med et fall fra 24 V til 6 V falt utgangsspenningen med 10 mV
13/4/2022	2	Analyse og design	Snakket med Steven om mulig PCB-printing på skolen. Fikk en liten omvisning og forklaring på virkemåten. Han skulle ta kontakt igjen etter påske om vi kunne bruke den.
13/4/2022	1	Prosjektorganisering	Ryddet prosjektrummet før påske.
13/4/2022	2	Implementasjon	Prøvde å se litt på muligheten for at ekstern boks kan se ut som en FDC (Fire Distribution Center). Sendte mail til Vanja og så på forskjellige FDC brukt av KDA.
13/4/2022	3	Implementasjon	Hentet metallrør, T-stykker, 8 mm kabel og skruer på Tess. Metallrøret var litt bøyd, men burde ikke være et problem.
14/4/2022	4	Analyse og design	Testet noe kode med målbrikken. Mulig vi må holde oss til en 2D løsning for målbrikken enn så lenge. I hvert fall til første iterasjon av målbrikken.
14/4/2022	4	Analyse og design	Prøvde å finne ut om trykregulator styringen sammen med Christoffer. Klarer ikke få 4-20 mA til å fungere.

Christoffer

11/4/2022	1.5	Møter	Ukentlig møte med ekstern veileder, Vanja Halvorsen. Se møtereferat MRE11.
11/4/2022	0.5	Implementasjon	Innkjøp av resterende ventiler og deteksjonskretser. Disse er like de tidligere kjøpte og testede komponentene.
11/4/2022	1.5	Prosjektorganisering	Oppfølgingsdokument.
11/4/2022	3	Analyse og design	Prøve å få 4-20 mA til å funke. Hjelp John med tegning.
12/4/2022	0.5	Implementasjon	Åpne mottatt pakke og inspiserer komponenter. Det manglet en elektrisk plugg. Skrevet klagemail til Mouser.
12/4/2022	0.5	Implementasjon	Samle komponenter til retur. Finne ordrenummer til bestillingen de er fra, og artikkelnummerene til komponentene.
12/4/2022	1	Testing	Skrive kode for avlesning av de nye rotasjonsenkoderene. Lagt ut koden under Teknisk/Elektro/Rotasjonsenkoder.ino.
12/4/2022	0.5	Analyse og design	Hjelp John med koblingsskjemaet for systemet. Bestemme konvensjoner for navngivning av komponenter, symboler for komponenter etc.
12/4/2022	1	Testing	Finne løsning for å begrense strøm til L298N motordriveren. Løsningen var å koble til et pulsbreddesignal på enable inngangene, slik at den kun får tilført strøm f.eks. 50% av tiden. Dette øker også frekvensen som tilføres motoren som også fører til lavere strøm.
12/4/2022	1	Analyse og design	Simulere ny krets for styring av strømutgang med strøminngang. Kretsen baserer seg på et Widlar strømspeil.
12/4/2022	2	Implementasjon	Kappe, bore, file og lodde kretskort for avfyringskrets. Det første kretskortet sprakk. Det andre kretskortet fikk kobberringene revet av. Prøver på nytt senere.
13/4/2022	1	Testing	Teste Widlar-strømspeil. Får det ikke til å funke. Skal prøve med 2n2907 transistorer senere.
13/4/2022	1	Implementasjon	Klage til Mouser gjennom live chat ettersom de ikke svarer over epost. Fikk svar med en gang og fikk løst problemet. Den manglende pluggen vil sendes på nytt.
13/4/2022	2	Implementasjon	Kappe, bore, file og lodde kretskort for avfyringskrets. Denne gangen med mer suksess.
13/4/2022	0.5	Testing	Teste kretskortet for avfyringsmekanismen. Funker.
13/4/2022	2.5	Testing	Simulere forskjellige konsepter til å lage 4-20 mA med en spenningsinngang. Sett på løsninger som baserer seg på operasjonsforsterkere.
13/4/2022	0.5	Møter	Gruppemøte.
14/4/2022	3	Analyse og design	Gjøre research på mulige måter å produsere et 4-20 mA signal på. Simulert forskjellige muligheter.
14/4/2022	2.5	Testing	Oppkobling og testing av forskjellige kretser for å se om de fungerer. Ingenting funker. Skal skrive rapport for resultatene.

Ole Christian

11/4/2022	0.5	Møter	Daglig internt møte med prosjektgruppen.
11/4/2022	1.5	Møter	Ukentlig møte med ekstern veileder, Vanja Halvorsen. Se møtereferat MRE11.
11/4/2022	2	Analyse og design	Planlegge software-arkitekturen til Arduino Nano og Arduino Mega
11/4/2022	2	Implementasjon	Videre arbeid med kode til Arduino Nano. Jeg fikser feil jeg finner i koden.
11/4/2022	2	Testing	Teste kode på Mega og Nano. Tester både kommunikasjon og avfiring.
12/4/2022	0.5	Møter	Daglig internt møte med prosjektgruppen.
12/4/2022	2	Prosjektorganisering	Dokumentasjon av kode og eget arbeid.
12/4/2022	3.5	Implementasjon	Lage kode til Arduino Mega. Legger til prosjektil-deteksjon og videresending av data fra Nano.
12/4/2022	1	Testing	Teste kode til videresending av data fra Nano til Qt.
13/4/2022	0.5	Møter	Daglig internt møte med prosjektgruppen.
13/4/2022	2	Analyse og design	Jobbe videre med Use Case og Sekvensdiagrammer. + Planlegge software arkitektur.
13/4/2022	3	Implementasjon	Lage kode til overføring av data fra Qt til Mega til Nano. + Fikse feil jeg finner etter testing.
13/4/2022	2	Testing	Teste overføring av data fra Qt til Mega til Nano. Overføringen skjer begge veier.
14/4/2022	3	Analyse og design	Planlegge data som skal overføres og finne ut hvilke datatyper som skal brukes.
14/4/2022	3	Implementasjon	Fortsette utvikling av GUI og legge til funksjoner. Jeg har nå laget avfiring, status for prosjektiler og startet å lage styring til motorer.
14/4/2022	1	Testing	Teste GUI. Sjekke at jeg kan både sende og motta data + vise data i GUI.
17/4/2022	2	Prosjektorganisering	Oppdatert nettside. Laget blogger, fikset feil og laget en "Om prosjektet" side.
11/4/2022	0.5	Møter	Daglig internt møte med prosjektgruppen.
11/4/2022	1.5	Møter	Ukentlig møte med ekstern veileder, Vanja Halvorsen. Se møtereferat MRE11.
11/4/2022	2	Analyse og design	Planlegge software arkitekturen til Arduino Nano og Arduino Mega
11/4/2022	2	Implementasjon	Videre arbeid med kode til Arduino Nano. Jeg fikser feil jeg finner i koden.
11/4/2022	2	Testing	Teste kode på Mega og Nano. Tester både kommunikasjon og avfiring.
12/4/2022	0.5	Møter	Daglig internt møte med prosjektgruppen.
12/4/2022	2	Prosjektorganisering	Dokumentasjon av kode og eget arbeid.

Simen

11/04/2022	1.5	Møter	Møte med ekstern veileder
11/04/2022	0.5	Møter	Gruppemøte
11/04/2022	5.5	Analyse og design	Mekanisk design; toppstruktur, dokumentasjon
12/04/2022	0.5	Møter	Gruppemøte
12/04/2022	3	Analyse og design	Mekanisk design; toppstruktur, dokumentasjon
12/04/2022	3	Testing	Testing av avfyring; rapport for avfyringstesting
13/04/2022	4	Analyse og design	Mekanisk design; toppstruktur, dokumentasjon, lage mal for 2D-tegninger
13/04/2022	1.5	Testing	Testing av avfyring; rapport for avfyringstesting

Martin

11/4/2022	6	Analyse og design	Mekanisk design; Bunnstruktur, plassering av hull for montering, lage casing for arduino.
11/4/2022	1.5	Møter	Ekstern veiledningsmøte med Vanja.
12/4/2022	6	Analyse og design	Mekanisk design; Bunnstruktur, plassering av hull for montering, lage casing for arduino.
12/4/2022	0.5	Møter	Gruppemøte
13/4/2022	6	Analyse og design	Mekanisk design av bunnstruktur på 3D-modell.
13/4/2022	1	Implementasjon	Montering av rotasjonsenkoder på bunnplate.
14/4/2022	3	Analyse og design	Mekanisk design av bunnstruktur på 3D-modell.

Tobias

11/04/2022	1.5	Møter	Møte med ekstern veileder
11/04/2022	0.5	Møter	Gruppemøte
11/04/2022	5.5	Analyse og design	Mekanisk design; elevasjonsmekanisme og dokumentasjon
12/04/2022	0.5	Møter	Gruppemøte
12/04/2022	6	Analyse og design	Mekanisk design; elevasjonsmekanisme og dokumentasjon
13/04/2022	4	Analyse og design	Mekanisk design; elevasjonsmekanisme og dokumentasjon
13/04/2022	1.5	Testing	Research 3D-print; plan for strekktesting av innsatsinger og modellert modeller.
14/04/2022	5	Implementasjon	Diskusjon om 3D modellen som helhet. Sammenlikninger av design og implementere disse i hverandre

Oppfølgingsdokument

18.04.2022 til 25.04.2022, uke 16

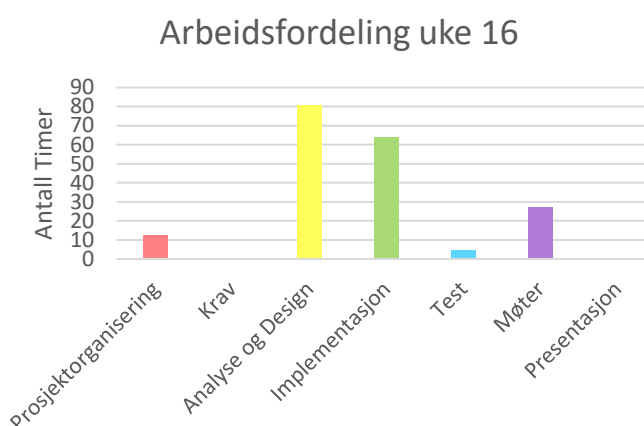
Bachelorgruppe 10

Status for prosjektet

Første uke i iterasjon 5, konstruksjon 3. Prosjektet vil nå begynne å monteres og testes i neste uke. Vi ligger ikke dårlig an, men tiden går fort og samtidig som vi monterer og tester skal sluttrapporten inn om ikke veldig lang tid. Strukturen på sluttrapporten må også diskuteres.

Oversikt timer

Person	Denne uka	Totalt
John	34,5	431,5
Simen	30	426,5
Christoffer	30	374
Ole Christian	34	398,5
Martin	25,5	414,5
Tobias	34,5	438
Totalt	188,5	2483



D - Disiplin	Prosjekt-organisering	Krav	Analyse og design	Implementasjon	Testing	Møter	Presentasjon
--------------	-----------------------	------	-------------------	----------------	---------	-------	--------------

S - Status	Arbeid er ferdig og dokumentert	Arbeide er påstartet, men fortsetter neste uke og er innenfor planen	Arbeidet er ikke startet eller blir ikke ferdig i forhold til planen
------------	---------------------------------	--	--

Oppgaver og timer per person

John Kristiansen

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Iterasjonsrapport og -plan	4		Rapport for K2 og plan for K3. Legge inn timelister i oppfølgingsdokument.	
Målbrikke	6		Prøvd å få Arduino BLE 33 til å fungere.	
Kabling og tilkobling	18,5		Bestemt hvordan kabling skal legges opp, hvilke farger kablene skal ha, hvordan de skal grupperes og hvilke	



			tilkoblinger de skal ha. Pluggløsning for enkel montering/demontering	
Møter og veiledning	4,5		Gruppemøter og veiledningsmøter.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Målbrikke		Mulig prøve ny løsning om Nano BLE 33 ikke fungerer.
Kabling og tilkobling		Bestille kabler og plugger om KDA godkjenner kjøpet. Mulig kable om vi får det.
Teste fullstendig elektrisk oppsett		Teste avfiring, prosjektildeteksjon og andre apparater om det er klare for oppsett.

Christoffer Mehren

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Iterasjonsrapport og -plan	3,5		Rapport for K2 og plan for K3. Legge inn timelister i oppfølgingsdokument.	
Prosjektildeteksjon	4		Skrive rapport om prosjektildeteksjon.	
Kabling og tilkoblinger	14		Bestemme hvordan ting skal kables, hvilke ledninger som skal grupperes og hvilke tilkoblinger ting skal ha for å lett kunne monteres og demonteres.	
Tank og trykkregulering	4		Fått trykkregulering til å funke. Kan forbedres ved å styre med et glattere signal. Skal skrive rapport.	
Møter og veiledning	4,5		Gruppemøter og veiledningsmøter.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Prosjektildeteksjon		Skrive ferdig rapport.
Kabling og tilkoblinger		Bestille inn deler om dette godkjennes av KDA.
Tank og trykkregulering		Begynne på rapport.
Regulering av steppermotor		Starte å implementere styring av steppermotorene i prototypen. Regulere posisjon med tilbakekobling.

Ole Christian W. Kopland

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Iterasjonsplan og -rapport	2		Rapport for K2 og plan for K3.	
Møter og veiledning	5		Gruppemøter, veiledningsmøter og skrive referat.	



Diagrammer til data	9		Planlegge arkitekturen til koden og lage modeller.	
GUI	4		Utvikle GUI videre. Legge til oppdatering av status, rotasjon og elevasjon.	
Mikrokontroller	10,5		Ferdigstille kode til Arduino Nano. Lage automatisk oppdatering av status. Lage kode til rotasjon og elevasjon.	
Test av Arduino og GUI	3,5		Teste styring av steppermotor og rotasjonsenkoder.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Mikrokontroller		Iterere kode etter testing på prototype. Legge til en måte å innskyte hvert løp for bedre treffsikkerhet.
GUI		Legge til funksjoner som mangler i GUI. Iterere GUI etter testing.
Test av Arduino og GUI		Teste kode individuelt og på prototype 1.
Prototype 1		Sette sammen koden til prototype 1.

Simen Tråstadkjølen

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Møter og veiledning	4,5		Gruppemøter og veiledningsmøter.	
Iterasjonsplan og -rapport	1		Rapport for K2 og plan for K3.	
Mekanisk design	20,5		Dimensjonering og styrkeberegning, sikring og deteksjon av prosjektiler og tegninger/dokumentasjon.	
Bygge prototype	4		Tilpasning av deler og montering.	
Testing av avfyring	1		Siste sjekk av rapport.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Mekanisk design		Dokumentasjon og tegninger av toppstruktur. Dokumentering av styrkeberegninger og dimensjonering.
Bygge prototype		Montere ferdig toppstruktur.

Martin Slettedal

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Møter og veiledning	4		Gruppemøter og veiledningsmøter.	
Iterasjonsplan og -rapport	1		Rapport for K2 og plan for K3.	
Mekanisk design	17		Design av overføring av luft i rotasjonssylinder, plassering av motorkontrollere, arduino, ethernet og buck-regulator i bunnstruktur.	
Bygge prototype 1	6		Klargjøre og sende deler til 3D-print, implementering av elektriskekomponenter i bunnstruktur.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Mekanisk design		Design av FDC (ekstern boks) Plassering og festemetoder for komponenter som skal være inne i den. Se på 2D-tegninger og styrkeberegninger.
Bygge prototype 1		Sette sammen deler for å få en fungerende rotasjon.

Tobias Nilsen

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Møter og veiledning	4,5		Gruppemøter og veiledningsmøter.	
Mekanisk design	24		Dimensjonering og styrkeberegning, sikring og deteksjon av prosjektiler og tegninger/dokumentasjon.	
Bygge prototype	3		Maskinering og dreining av komponenter på verksted.	
Iterasjonsplan og -rapport	2		Rapport for K2 og plan for K3 og annen prosjektorganisering.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Bygge prototype		Sammenstille 3D-print deler, og maskinerte deler
Mekanisk design		Dokumentasjon og tegninger av elevasjonsmekanisme. Dokumentering av styrkeberegninger og dimensjonering.

Utfyllende timelister fra forrige uke.

John Kristoffer Kristiansen

19.4.2022	4	Prosjektorganisering	Fult ut iterasjonsrapport for konstruksjon 2, iterasjonsplan for konstruksjon 3 og oppfølgingsdokument.
19.4.2022	4	Implementasjon	Planlegge kabling kablingstruktur i topelementet. Hvordan gjøre det enklest å montere/demontere alle elektriske komponenter med en type pluggløsning. Sett på hvordan vi skal koble oss fra toppstruktur til bunnstruktur.
20.4.2022	1	Implementasjon	Fikk 3D modell av Vanja av FDC. Vi prøver å få ekstern boks til å se ut som den faktiske FDC i virkeligheten som styrer launcheren.
20.4.2022	1	Implementasjon	Gjenget M8 skruer som skal brukes til beina til launcheren. Måtte gjenge siden M8 skruer ikke kommer gjenget helt opp.
20.4.2022	6	Analyse og design	Prøvd å få Arduino Nano BLE 33 til å ta imot data igjen. Kan hende den har fått en statisk sjokk og ødelagt den. Uten denne blir målbrikken vanskelig å lage.
20.4.2022	1	Møter	Ukentlig møte med intern veilder, Kjell Enger. Se møtereferat MRI12.
21.4.2022	0,5	Møter	Gruppemøte.
21.4.2022	3,5	Implementasjon	Fikk tak i kabler til launcheren. Vi har nå rød, svart, hvit, tvista hvit og blå, og gul med grønnstripe (jord). Dett vil gjøre det enkelt å differensiere mellom kablene i launcheren.
21.4.2022	4	Implementasjon	Sjekket opp pluggløsning for laucheren. Satt sammen grupper så det skal kunne enkelt monteres og ikke gjøre noe feil ved montering.
22.4.2022	1,5	Møter	Ukentlig møte med ekstern veileder, Vanja Halvorsen. Se møtereferat MRE12.
22.4.2022	1	Møter	Iiterasjonsmøte for å kartlegge statusen på iterasjonen som slutter, og for å planlegge neste iterasjon. Se MRP06.
22.4.2022	2	Implementasjon	Planlegget plugg og kabeloverføring fra ekstern boks. Vi har luftplugg, og tenker å bruke DIN plugg for de fem strøm og signaloverførings kabler.
22.4.2022	2	Implementasjon	Planlegge pluggløsning for bunnstruktur. Krympehus virker som beste løsning, og vi vil da trenge å ha flere forskjellige typer. Gruppert de kablene som skal til samme sted i en plugg
22.4.2022	3	Implementasjon	Valgt krympehus og krympeterminaler for begge ender. Vi vil nok trenge 2,3,4 og 5 polede kontakter. lagd liste og sett på pris. Må snakke med Vanja på mandag om vi får lov til å bruke denne løsningen.

Christoffer Mehren

19.4.2022	4	Prosjektorganisering	Fylle ut iterasjonsrapport og legge inn mine arbeidsoppgaver i iterasjonsplanen for Konstruksjon 3. Fylle ut oppfølgingsdokument med timer og oppgaver.
19.4.2022	2	Analyse og design	Planlegge kabling slik at komponenter lettere kan kobles inn eller ut. Finne ut hvordan vi skal koble oss på arduinoen i bunnstrukturen, ettersom det er noe plassmangel i høyderetning.
19.4.2022	0,5	Implementasjon	Innkjøp av sukkerbit til kobling i toppstruktur. Tanken er å ha dette mellom prosjektilavfyringskretsen og ventilene.
19.4.2022	2	Analyse og design	Starte å skrive rapport for prosjektildeteksjon. Se EL007 - Rapport, prosjektildeteksjon.
20.4.2022	4	Implementasjon	Få styrt trykkregulatoren ved hjelp av en spenningsutgang. Skrive en ønsket trykkverdi til regulatoren slik at den styrer seg inn mot det. Lese av trykkregulatoren og kalibrere avlesningen til å stemme.
20.4.2022	1	Møter	Ukentlig møte med intern veileder, Kjell Enger. Se møtereferat MRI12.
20.4.2022	0,5	Møter	Gruppemøte.
20.4.2022	1	Implementasjon	Sett på kabling og tilkobling av forskjellige komponenter, samt plassering av komponenter i bunnstruktur.
20.4.2022	1	Analyse og design	Skrive i rapport for prosjektildeteksjon. Se EL007.
21.4.2022	1	Implementasjon	Sett på hvilke sikringer som kan fås til prosjektet. Blir trolig glassikringer til motorregulatorene.
21.4.2022	1	Implementasjon	Sett på hva slags tilkoblingsmuligheter som finnes for kabler, og hvilke ledninger som bør skaffes. Blir trolig krympehus slik at deler lett kan tilkobles og frakobles.
21.4.2022	0,5	Møter	Gruppemøte.
21.4.2022	1,5	Prosjektorganisering	Jobbet med iterasjonsrapporten for konstruksjon 2 og iterasjonsplanen for konstruksjon 3. Ført alles timelister inn i oppfølgingsdokumenter.
21.4.2022	2,5	Implementasjon	Planlegge hvilke ledninger som skal grupperes i pluggen, slik at det blir logiske grupperinger og enkel montering. Arduinoen i topelementet vil loddes direkte til avfyringskretsen, og de vil anses som én enhet.
22.4.2022	1,5	Møter	Ukentlig møte med ekstern veileder, Vanja Halvorsen. Se møtereferat MRE12.
22.4.2022	1	Møter	Gruppemøte.
22.4.2022	1,5	Implementasjon	Planlegge kabling fra den eksterne boksen til selve launcheren. Sett på kabler, ledninger og kabelstrømper.
22.4.2022	2,5	Implementasjon	Planlegge hvilke krympehus som skal brukes til bunnelementet og hvilke ledninger som skal grupperes. Summert opp totalt antall krympehus slik at det kan bestilles.
22.4.2022	1	Implementasjon	Valgt krympehus og krympeterminaler av begge kjønn til 2, 3, 4 og 5 polede kontakter. Samlet alt slik at det er klart til bestilling.

Tobias Nilsen

19.04.2022	7	Analyse og design	Dimensjonering og beregning for kraftoverføring på elevasjonsmekanisme, nærmere bestemt de 3D printede komponentene.
19.04.2022	1	Prosjektorganisering	Iterasjonsplan - legge til arbeidsoppgaver i Konstruksjon 3 og interasjonsrapport for Konstruksjon 2.
19.04.2022	2	Analyse og design	modellert Arduino og kretskort deksel
19.04.2022	2	Analyse og design	Modellert brakett for elevasjonsmotor og enkoder i flere komponenter for fordelingen av styrken til 3D-print
19.04.2022	1	Analyse og design	Modellert skruehull og festepunkter for bukk og brakett til elevasjon
20.04.2022	1,5	Møter	Gruppemøte og veiledningsmøte med intern veileder
20.04.2022	1	Prosjektorganisering	Iterasjonsplan og -rapport
20.04.2022	5	Analyse og design	Mekanisk design; elevasjon, statisk analyse av modeller og modellering
21.04.2022	4,5	Analyse og design	Mekanisk design; Elevasjon, endret mål og tilpasset komponenter for å tilfredsstille bunnstruktur og toppstruktur
21.04.2022	0,5	Møter	Gruppemøte
22.04.2022	2,5	Møter	Veiledningsmøte med ekstern veileder og gruppemøte
22.04.2022	1	Prosjektorganisering	Klartgjort pakkeseddel, tilpasset eske og sendt returpakke.
22.04.2022	2,5	Analyse og design	Mekanisk design: elevasjon. Klartgjort deler til 3D print, gjort endringer på mål og gjort statisk analyse.
22.04.2022	3	Implementasjon	boret hull med søylebormaskin I i snekkehjul, og POM plastikk tannhjul til Rotasjonsenkoder, for settskruer. Dreiet ned snekkeskrue fra 32mm til 25 mm. Gjenget hull til settskruer.

Simen Tråstadkjølen

18.04.2022	1	Testing	Testing av avfyring; rapport for avfyringstesting
19.04.2022	5,5	Analyse og design	Mekanisk design; se på dimensjonering og styrkeberegning av komponenter i toppstruktur og elevasjon, design av luftoverføring gjennom rotasjon
20.04.2022	2	Implementasjon	Bygge prototype; handle på Tools, montering av toppstruktur
20.04.2022	1,5	Møter	Gruppemøte og veiledningsmøte med intern veileder
20.04.2022	3,5	Analyse og design	Mekanisk design; toppstruktur, mekanisk sikring av prosjektiler
21.04.2022	1	Prosjektorganisering	Iterasjonsplan og -rapport
21.04.2022	0,5	Møter	Gruppemøte
21.04.2022	4,5	Analyse og design	Mekanisk design; toppstruktur, plassering av prosjektildeteksjon, testing av deteksjonssensor
21.04.2022	1	Implementasjon	Bygge prototype; kappe og montere avfyringsrør
22.04.2022	2,5	Møter	Veiledningsmøte med eksten veileder og gruppemøte
22.04.2022	1	Implementasjon	Bygge prototype; kappe og montere resterende avfyringsrør og bore opp hull i frontplate
22.04.2022	4	Analyse og design	Mekanisk design; dokumentasjon, 2D-tegninger, styrkeberegning
24.04.2022	2	Analyse og design	Mekanisk design; dokumentasjon, utviklingslogg, styrkeberegning

Ole Christian W. Kopland

18.4.2022	2	Prosjektorganisering	Timelister, oppfølgingsdokument og dokumentasjon av eget arbeid. + Iterasjonsrapport for Konstruksjon 2
19.4.2022	0,5	Møter	Daglig internt møte med prosjektgruppen.
19.4.2022	2	Analyse og design	Planlegge motorstyring og dynamisk oppdatering av status.
19.4.2022	2	Implementasjon	Lage kode til motorstyring og dynamisk oppdatering av status.
19.4.2022	0,5	Møter	Daglig internt møte med prosjektgruppen.
20.4.2022	1	Møter	Ukentlig møte med intern veileder, Kjell Enger. Se møtereferat MRI12.
20.4.2022	3,5	Implementasjon	Lage kode til dynamisk oppdatering av status + fikse feil jeg fant.
20.4.2022	1	Testing	Teste kode for dynamisk oppdatering av status.
20.4.2022	2	Analyse og design	Planlegge arkitekturen for kode jeg skrev.
21.4.2022	0,5	Møter	Daglig internt møte med prosjektgruppen.
21.4.2022	3	Analyse og design	Planlegge kode til rotasjon og elevasjon
21.4.2022	4	Implementasjon	Finpussing og opprydding av kode til Nano. Startet å lage kode til rotasjon og elevasjon.
21.4.2022	0,5	Testing	Test av ferdig kode til Nano.
22.4.2022	0,5	Møter	Daglig internt møte med prosjektgruppen.
22.4.2022	2	Møter	Ukentlig møte med ekstern veileder, Vanja Halvorsen. Lage møtereferat. Se møtereferat MRE12.
22.4.2022	2	Analyse og design	Planlegge kode til rotasjon og elevasjon med rotasjonsenkodere.
22.4.2022	3	Implementasjon	Lage kode til testing av steppermotor og rotasjonsenkodere. Startet å implementere kode til hovedprogrammet.
22.4.2022	2	Testing	Testet steppermotorer og rotasjonsenkoder. Teste ulike metoder for styring som full-step og half-step.
24.4.2022	2	Implementasjon	Videre arbeid med GUI. Laget det klart for elevasjon og rotasjon. Har også lagt til logo og forandret på designet.

Martin Slettedal

19.4.2022	7,5	Analyse og design	Mekanisk design; Bunnstruktur, design av luftoverføring i rotasjon.
20.4.2022	1	Møter	Veiledningsmøte med internveileder Kjell.
20.4.2022	3	Implementasjon	Bygge prototype 1: Implementering av Arduino og elektrisk bryter i fremre kasse, ble byttet fra at den var i fremre bunndeksel
20.4.2022	3	Analyse og design	Mekanisk design; Bunnstruktur, plassering av motorkontrollere, buck-regulator i bunndeksel.
20.4.2022	0,5	Møter	Gruppemøte
22.4.2022	6,5	Analyse og design	Mekanisk design av FDC (ekstern boks). Modellert partene som skal inn i boksen, trykktank, trykkregulator, strømforsyning.
22.4.2022	1	Møter	Veiledningsmøte med ekstern veileder Vanja.
22.4.2022	0,5	Møter	Gruppemøte
23.4.2022	3	Implementasjon	Bygge prototype 1; Klargjøre og sende deler til 3D-print.

Oppfølgingsdokument

25.04.2022 - 02.05.2022, uke 17

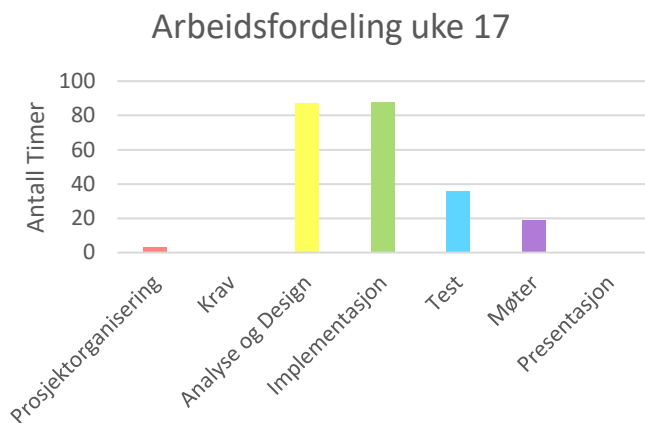
Bachelorgruppe 10

Status for prosjektet

Vi har nå fått montert toppstrukturen og midtstrukturen på bunnstrukturen. Vi har møtt på et problem med motorkontrolleren. Programmeringsdelen venter kun på klarsignal for å begynne å teste og finpusse koden. Så fort motorkontroller problemet fikses vil launcheren være klar til fullstendig testing.

Oversikt timer

Person	Denne uka	Totalt
John	37	464,5
Simen	34,5	461
Christoffer	37	411
Ole Christian	43	441,5
Martin	42,5	457,5
Tobias	38,5	476,5
Totalt	232,5	2702



D - Disiplin	Prosjekt-organisering	Krav	Analyse og design	Implementasjon	Testing	Møter	Presentasjon
--------------	-----------------------	------	-------------------	----------------	---------	-------	--------------

S - Status	Arbeid er ferdig og dokumentert	Arbeide er påstartet, men fortsetter neste uke og er innenfor planen	Arbeidet er ikke startet eller blir ikke ferdig i forhold til planen
------------	---------------------------------	--	--

Oppgaver og timer per person

John Kristiansen

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Målbrikke	4		Fikk først ikke Arduinoen til å fungere, men fikk fikset. Skrive og teste kode for målbrikken. Fungerer bra over kort avstand og tid, men blir fort unøyaktig ettersom det er vanskelig å kompensere for tyngdekraft.	
Skrive sluttrapport	4		Laget en struktur for sluttrapporten	
Kabling og tilkoblinger	6,5		Prøvde å lodde av sokkelen til prosjektildeteksjon. Fungerte ikke bra.	
Regulering av steppermotor	8,5		Hentet rotasjonsbelte i Oslo. Prøvde å kjøre rotasjon, men noen problemer oppstod.	
Teste regulering av steppermotor	6		Testet elevasjon og rotasjon. Problemer oppstod med at tidligere komponenter ikke roterte veldig bra og mye varmeutvikling i motorkontrollene selv etter kjøreribbe bytte.	
Teste fullstendig elektrisk oppsett	5		Testet rotasjon og elevasjon med vekt. Rotasjon fungerer bra, men elevasjon vil kunne trenge en bedre motorkontroller. Testet prosjektildeteksjon med GUI og kalibrerte.	
Møter og veiledning	3		Gruppemøter og veiledningsmøte.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Skrive sluttrapport		Skrive sluttrapport for elektrisk del
Kabling og tilkobling		Koble og kable hele launcheren. Samt også tilkobling til ekstern boks
Teste fullstendig elektrisk oppsett		Teste alt av elektriske komponenter som skal brukes i launcheren.

Christoffer Mehren

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Målbrikke	4		Skrive og teste kode for målbrikken. Fungerer bra over kort avstand og tid, men blir fort unøyaktig ettersom det er vanskelig å kompensere for tyngdekraft.	
Prosjektildeteksjon	3		Skrive rapport.	
Regulering av steppermotor	3,5		Montere nye kjøleribber på motorkontrollerne. Teste, og deretter lodde på NTC-motstander som temperaturfølere.	
Kabling og tilkoblinger	6,5		Lodde ledninger på prosjektilavfyringskrets. Bestille krympehus, sikringer og endebryter.	
Test av Arduino og GUI	2		Koble opp avfiring og teste med GUI.	
Teste regulering av steppermotor	10		Testet regulering av steppermotor. Fikset en begrensning i koden slik at motoren kan yte bedre. Teste styring av motorene med de nye kjøleribbene.	
Teste fullstendig elektrisk oppsett	5		Teste rotasjon og elevasjon med vekten til toppstrukturen. Testet oppsettet med riktig strømtilførsel.	
Møter og veiledning	3		Gruppemøter og veiledningsmøte.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Regulering av steppermotor		Lage bedre kode for regulering. Koble opp og teste ny motordriver til elevasjon.
Kabling og tilkoblinger		Lodde alt av plugger. Koble sammen oppsettet.
Teste fullstendig elektrisk oppsett		Teste rotasjon og elevasjon samtidig. Se om pluggene går varme.

Ole Christian W. Kopland

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Diagrammer til data	7		Lage modeller til dokumentasjon av data. Planlegge kode som skal laget. Analyse av egen kode.	
Bygging av prototype 1	1		3D-Print av kuleledd til støttebein som skal testes.	
Mikrokontroller	9		Lage kode til sekvensiell-utskytning, «Burst Mode», visning av status og valg av trykk. + Fiks av kode som fungerte dårlig.	
GUI	15		Lage kode til sekvensiell-utskytning, «Burst Mode», visning av status og valg av trykk. + Oppdatering av designet.	
Test av Arduino og GUI	7		Teste kode etter feil er fikset og nye funksjoner lagt til. Teste utskytning med toppstruktur. + Styring av steppermotorer.	
Møter og veiledning	4		Gruppemøter og veiledningsmøte. Skrive referat.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Mikrokontroller		Iterere kode etter testing på prototype. Legge til en måte å innskyte hvert løp for bedre treffsikkerhet.
Test av Arduino og GUI		Teste kode individuelt og på prototype 1.
Prototype 1		Sette sammen koden til prototype 1.

Simen Tråstadkjølen

Forrige ukes arbeid	Time r	D	Beskrivelse	S
Sluttrapport	3,5		Oppsett, disposisjon og se på tidligere rapporter.	
Mekanisk design	23		2D-tegninger av deler og sammenstillinger. Skrive dokumentasjon. Design av ekstern boks (FDC).	
Bygge prototype	4		Montering.	
Testing av avfyringsmekanisme	1		Testing av avfyring med ferdig montert toppstruktur.	
Møter og veiledning	3		Veiledningsmøter og gruppemøter.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Sluttrapport		Skrive på sluttrapport.
Mekanisk design		Tegninger og dokumentasjon. Design av ekstern boks (FDC).
Bygge prototype		Montering av Launcher og FDC.

Martin Slettedal

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Bygge prototype 1	13		Montere deler, gjening, boring, sliping og tilvirkning av 3D-print. Kapping av aksler til elevasjonsmekanisme.	
Møter og veiledning	3		Gruppemøter og veiledningsmøte.	
Mekanisk design	27		Designe FDC, modellering av parter og assemblerier. Finish på bunnstruktur. Dokumentasjon.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Mekanisk design		Skrive dokumentasjon i utviklingslogg og sluttrapport
Bygge prototype 1		Tilvirke/modifisere deler.

Tobias Nilsen

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Bygge prototype	17		Montering	
Møter og veiledning	3		Veiledningsmøter og gruppemøter.	
Mekanisk design	16		Designe FDC, modellering av parter og assembler. Finish på bunnstruktur. Dokumentasjon.	
Research 3D-print	3		Hvilke innfyllingsmønster som er sterkest i sammenheng med vekt og printtid.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Research 3D-print		Fortsette på rapport
Mekanisk design		Dokumentasjon, FEM-analyser og modellering på kretskortholder.

John Kristiansen

25/4/2022	1	Prosjektorganisering	Skrevet timeliste og oppfølgingsdokument.
25/4/2022	2	Implementasjon	Funnet skruer til prosjektildetektor. Kan hende å skru rett i plastikken fungerer, men tok med muttere for sikkerhets skyld.
25/4/2022	1	Analyse og design	Arduinoen er enda død. Ole C har fikset dette før men må ta det med han i morgen hvordan vi fikser den.
26/4/2022	4	Implementasjon	Dro til hovedlager i Oslo og hentet to belter. Vi har ikke tid til å vente på belte vi bestilte.
26/4/2022	3.5	Implementasjon	Koblet opp bunnstruktur og testet bunnstrukturen med belte. Rotasjonen hakker en del mye og setter seg fast et par ganger. Mulig nye deler vil fikse dette, kanskje også smøring.
26/4/2022	3	Analyse og design	Skrive og teste kode for målbrikken. Om den blir flyttet fort og rett i X og Y akse så går det greit, men begynner fort å drifte og vil da ikke være pålitelig.
27/4/2022	0.5	Møter	Gruppemøte.
27/4/2022	3	Implementasjon	Prøvde å lodde av sokkelen til prosjektildetektoren for å spare plass ved montering. Fungerte ikke bra og jeg tror vi holder oss til den originale løsningen enn så lenge.
27/4/2022	4	Prosjektorganisering	Lage en struktur til sluttrapporten. Rapporten vil bli strukturert med en innledning som tar for seg gruppen og oppgaven. Hoveddel tar for seg prosjektstyring, krav og test, fremdrift og teknisk beskrivelse. Mer dypt dokumentasjon vil være vedlegg for hvert element.
28/4/2022	1.5	Møter	Møte med ekstern veileder, Vanja Halvorsen. Se møterefertat MRE13.
28/4/2022	2	Testing	Fant ny motorkontroller til rotasjon og elevasjon. Den tidligere vi hadde ble fort varm eller klarte ikke kjøre motoren på full effekt.
28/4/2022	2	Testing	Loddet av heatsinken til L298N og byttet den ut med en større heatsink med kjølepasta. Mulig dette kan løse varmeproblemet som oppstår når vi kjører motorene.
28/4/2022	2	Testing	Fant en NTC motstand som kan brukes til å overvåke varmen på motorkontrolleren.
29/4/2022	2	Implementasjon	Dro å hentet et varmekamera som vi kan bruke til å overvåke varmeutviklingen.
29/4/2022	0.5	Møter	Gruppemøte.
29/4/2022	2.5	Testing	Testet rotasjon med vekt. Toppstrukturen roterer ganske fort og presist. Mye av problemt lå i de tidligere delene og at mye av kode. Kontrolleren blir ikke så for varm og etter 15 fulle roteringer så ble kontrolleren rundt 50-60 grader varm.
29/4/2022	2.5	Testing	Testet elevasjon med vekt. Ser ut til å slite, men om vi skrur opp spenningen opp til 24 V trekker den 3,2 A og motorkontrolleren blir utrolig varm (90-100 grader) på veldig kort tid. Må finne en annen kontroller på mandag.

Christoffer Mehren

25/4/2022	1	Prosjektorganisering	Fylle inn timer og arbeidsoppgaver i oppfølgingsdokumentet.
25/4/2022	2	Analyse og design	Skrive rapport for valg av deteksjonsmetode. Lage illustrasjoner for å vise prinsippene.
25/4/2022	1	Implementasjon	Prøve å få kontakt med Arduino 33 BLE. Kan virke som om det er brudd i kabelen. Finner ikke Arduinoen på COM-porten.
26/4/2022	3	Analyse og design	Skrive og teste kode for målbrikken. Finne ut hvordan man bruker Kalman-filterbiblioteker. Koden funker, men er kun pålitelig i noen sekunder.
26/4/2022	1	Implementasjon	Finne nye krympeterminaler som passer til Micro-Fit 3.0-krympehus, ettersom de vi skulle bestille ikke lenger var på lager. Bestille alt til krympehus, glassikringer og endebryter.
26/4/2022	3.5	Implementasjon	Koble opp bunnelementet og teste tidligere skrevet kode for styring av rotasjon. Rotasjonen virker noe upålitelig og hakkete. Dette blir forhåpentligvis bedre med de nye delene.
27/4/2022	4	Testing	Teste rotasjon med tilbakekobling.
27/4/2022	2.5	Implementasjon	Lodde ledninger på prosjektilavfyingskrets.
27/4/2022	2	Testing	Koble opp avfyring og teste med GUI.
27/4/2022	2	Implementasjon	Diskutere kabling av deteksjonskrets. Lodde av connector og prøve å lodde på ledninger.
27/4/2022	0.5	Møter	Gruppemøte.
28/4/2022	1.5	Møter	Møte med ekstern veileder, Vanja Halvorsen. Se møtereferat MRE13.
28/4/2022	2.5	Testing	Fikk ny motorkontroller til rotasjon og testet denne. Ble mindre varm men tar stor plass. Fått større heatsink og kjølepasta på den gamle motordriveren, blir mindre varm (kan berøres).
28/4/2022	0.5	Møter	Gruppemøte.
28/4/2022	2	Implementasjon	Fått til varmeavlesning med NTC motstand og arduino. Skal monteres på kjøleribben til motorkontrolleren.
29/4/2022	1	Implementasjon	Føre inn tidligere kjøp fra Elfa Distrelec i innkjøpslista.
29/4/2022	0.5	Møter	Gruppemøte.
29/4/2022	1.5	Implementasjon	Lodde temperaturføler på motordriveren slik at motoren kan stoppes om driveren blir for varm.
29/4/2022	2.5	Testing	Teste rotasjon med vekt. Fått til god ytelse etter vi fjernet mange Serial.prints fra koden. Den kan rotere mange (10+) ganger før den blir varm (50-60 grader).
29/4/2022	2.5	Testing	Teste elevasjon med vekt. Litt trøblete, men ser ut til å fungere bra når vi skrur opp driverspenninga til 24 V. Dette fører desverre til at motordriveren blir ekstremt varm (90-100 grader) på kort tid (10 sek).

Ole Christian W. Kopland

26/4/2022	0.5	Møter	Daglig internt møte med prosjektgruppen.
26/4/2022	9	Implementasjon	Lage kode til elevasjon og rotasjon på både Mega og GUI + kode til å lese og vise data fra rotasjonsenkoder i GUI.
26/4/2022	2	Testing	Teste rotasjonsenkoder som vises i GUI og oppdage/fikse feil.
27/4/2022	3	Analyse og design	Planlegge kode til å vise status i GUI. Innkjøp av komponenter og hente komponenter hjemme.
27/4/2022	5	Implementasjon	Lage kode til å vise status i GUI. Dette inkluderer tilkobling til Nano/Mega, Status for sikkerhetsbryter og visning av IP/Port.
27/4/2022	3	Testing	Test av kode for visning av status. Tester også avfiring med GUI.
27/4/2022	1	Implementasjon	3D-Print av kuleledd til bein til bunnstruktur.
28/4/2022	2.5	Møter	Møte med ekstern veileder, Vanja Halvorsen. Skrive referat. Se MRE13.
28/4/2022	1	Møter	Daglig internt møte med prosjektgruppen.
28/4/2022	3	Analyse og design	Planlegge kode til sekvensiell utskytning og "burst mode".
28/4/2022	6.5	Implementasjon	Lage kode til sekvensiell utskytning og "burst mode".
28/4/2022	1	Testing	Teste kode til sekvensiell utskytning og "burst mode".
29/4/2022	0.5	Møter	Daglig internt møte med prosjektgruppen.
29/4/2022	1	Analyse og design	Analysere egen kode og fikse feil jeg oppdager. Jeg kommer også med innspill til det mekaniske designet.
29/4/2022	3	Implementasjon	Prøve å bli ferdig med kode til sekvensiell utskytning.
29/4/2022	1	Testing	Test av kode som ble fikset. Test av sekvensiell utskytning. Test av elevasjonsmekanisme.

Simen Tråstadkjølen

25/04/2022	2	Implementasjon	Bygge prototype 1; montering av frontdel av toppstruktur med prosjektildeteksjon
25/04/2022	2	Analyse og design	Mekanisk design; lage 2D-tegninger av komponenter og sammenstillinger, skrive dokumentasjon
26/04/2022	7.5	Analyse og design	Mekanisk design; lage 2D-tegninger av komponenter og sammenstillinger, skrive dokumentasjon
27/04/2022	0.5	Møter	Gruppemøte
27/04/2022	6	Analyse og design	Mekanisk design; lage 2D-tegninger av komponenter og sammenstillinger, skrive dokumentasjon, design av FDC
27/04/2022	2	Implementasjon	Bygge prototype 1; montering
27/04/2022	1	Testing	Testing av ferdig montert avfyrimekanisme, sammenligning av rekkevidde for hver canister
28/04/2022	2	Møter	Veiledningsmøte med eksten veileder og gruppemøte
28/04/2022	4	Analyse og design	Mekanisk design; lage 2D-tegninger av komponenter og sammenstillinger, design av FDC
28/04/2022	1.5	Prosjektorganisering	Se på sluttrapporter fra tidligere prosjekter
29/04/2022	1	Møter	Gruppemøte
29/04/2022	3	Analyse og design	Mekanisk design; samle 3D-modeller til en komplett assy av launcheren, dokumentering av styrkeberegninger.
29/04/2022	2	Prosjektorganisering	Planlegging av oppsett og disposisjon til sluttrapport

Martin Slettedal

25/4/2022	7.5	Analyse og design	Mekanisk design; Modifisering av rotasjonssylinder og bøssing med flens, koblinglingslokk for roterende del.
26/4/2022	11	Implementasjon	Bygge prototype 1; Sette sammen deler fra print, gjenge opp hull, borre hull i bunnplate, slipe og tilpasse deler. Fjering av støttematerialer.
27/4/2022	0.5	Møter	Gruppemøte
27/4/2022	3.5	Analyse og design	Mekanisk design; Begynt modellering av FDC- Fire Distribution Center. Det er den eksterne boksen som skal ha strømforsyning, trykktank, trykkregulator.
27/4/2022	2	Implementasjon	Bygge prototype 1; Kapping av aksler og filing for tilpasning til elevasjonsdel.
27/4/2022	3	Analyse og design	Mekanisk design; Siste justeringer på bunnstruktur. Se på bein løsninger, plassering av alternativ motorkontroller siden motorkontrolleren kan være for svak.
28/4/2022	1.5	Møter	Veiledningsmøte med ekstern veileder Vanja.
28/4/2022	0.5	Møter	Gruppemøte
28/4/2022	2	Analyse og design	Mekanisk design; Modellering av FDC, laserkuttede plater er tenkt, med 3D-printete lister rundt-. rammeverket skal være laget av treverk (lekter).
28/4/2022	3	Analyse og design	Mekanisk design; Bunnstruktur finish.
29/4/2022	7.5	Analyse og design	Mekanisk design; Lagret alle parter, subassembler og assembler i rett mappe for å lettere kunne sette de inn i hoved assy. Jeg ga også partene riktig navn, subassemblies for bedre dokumentasjon.
29/4/2022	0.5	Møter	Gruppemøte

Tobias Nilsen

25/04/2022	0.5	Implementasjon	Kikket på hva slags lim som kan passe til å lime 3D print plastikk.
25/04/2022	1	Implementasjon	Hentet tokomponent polymerlim på Bildeler.no på Lierskogen.
25/04/2022	5.5	Analyse og design	Gjort deler av braketten som bærer steppermotor større, samt underdelen av elevasjonen større i henhold til krefter som vil påvirke dem.
25/04/2022	0.5	Møter	Daglig gruppemøte
26/04/2022	2	Møter	Møte med ekstern veileder og gruppemøte
26/04/2022	9.5	Implementasjon	Monteringsarbeid av elevasjonsmekanismen til bunnstruktur og toppstruktur. kappe aksler til riktig lengde, slipe ned områder til settskruer for bukk og for snekkehjul.
27/04/2022	1.5	Implementasjon	siste finish i montering og testing av elevasjonsmekanisme med Christoffer. observere hvordan strukturen blir testet og se etter eventuelle designfeil i prosessen
27/04/2022	1.5	Analyse og design	Mekanisk design; diskusjon med Martin om roterende kobling i bunnstruktur og hvordan dette best kan løses med tanke på plass i elevasjonsmekanisme.
27/04/2022	4	Analyse og design	Mekanisk design; skrevet dokumentasjon i utviklingslogg
28/04/2022	3	Testing	Research 3D-print funnet ut hvilken innfyllmønster som er sterkest basert på vekt, printtid og retning av krefter som påvirker emnet.
28/04/2022	4	Analyse og design	Brakett ble ødelagt når vi skrudde til settskrue, så denne ble modellert sterkere og sendt til print og plassert i printerens i forhold til printretning.
28/04/2022	1	Analyse og design	Modellert brakett i henhold til roterende kobling i fra bunnstruktur.
29/04/2022	2	Implementasjon	ny brakett som tilhører underdelen av elevasjonsmekanisme ble borret ut, montert på prototype og alt ble skrudd sammen igjen
29/04/2022	2	Implementasjon	Testing av elevasjonsmekanisme med Christoffer. observere hvordan strukturen blir testet og se etter eventuelle designfeil i prosessen etter designendring
29/04/2022	1	Møter	Gruppemøte

Oppfølgingsdokument

02.05.2022 – 09.05.2022, Uke 18

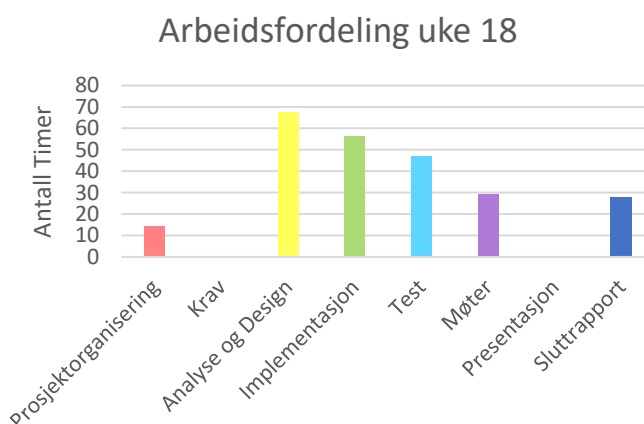
Bachelorgruppe 10

Status for prosjektet

Mye gjenstår i prosjektet. Vi har støtt på problemer med rotasjon og elevasjon. Det vil kreve en god del jobbing fremover, ikke bare med selve launcheren, men også med sluttrapporten samtidig. Forhåpentlig blir launcheren klar neste uke til testing og sluttdokumentering.

Oversikt timer

Person	Denne uka	Totalt
John	38,5	503
Simen	42,5	503,5
Christoffer	36,5	447,5
Ole Christian	49	490,5
Martin	43	500,5
Tobias	32,5	509,5
Totalt	242	2954,5



D - Disiplin	Prosjekt-organisering	Krav	Analyse og design	Implementasjon	Testing	Møter	Presentasjon
--------------	-----------------------	------	-------------------	----------------	---------	-------	--------------

S - Status	Arbeid er ferdig og dokumentert	Arbeide er påstartet, men fortsetter neste uke og er innenfor planen	Arbeidet er ikke startet eller blir ikke ferdig i forhold til planen
------------	---------------------------------	--	--

Oppgaver og timer per person

John Kristiansen

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Kabling og tilkoblinger	16		Oppdatert kabeltegnning, loddet på pluggen til prosjektildeteksjon, avfyringsventiler, og seriekommunikasjon.	
Skrive sluttrapport	7		Skrev om strømforsyningsrapporten, og så på mer sluttrapport utforming.	



Teste regulering av steppermotor	11		Prøvde å feilsøke på rotasjonsmekanismen ettersom den var veldig upålitelig. Mulig nytt midthjul kan fungere der.	
Møter og veiledning	4,5		Veiledningsmøter og gruppemøter	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Kabling og tilkoblinger		Fortsette å kable launcheren og lodde plugger til hver del.
Målbrikke		Mulig omgjøring av målbrikke til noe mer fungerende.
Teste regulering av steppermotor		Få elevasjon og rotasjon til å fungere best mulig. Teste nye motorkontroller.
Sluttrapport		Skrive i sluttrapporten.

Christoffer Mehren

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Prosjektildeteksjon	2,5		Skrive i rapport for prosjektildeteksjon.	
Regulering av steppermotor	2		Funnet og bestilt ny motor til elevasjon.	
Kabling og tilkoblinger	7		Loddet krympeterminaler på ledninger i topelementet, og satt på krympehus.	
Tank og trykkregulering	2		Designet glattekrets til trykkregulering.	
Teste regulering av steppermotor	18,5		Kjørt rotasjon og elevasjon. Feilsøkt rotasjon ettersom det virker upålitelig. Funker veldig bra noen ganger.	
Møter og veiledning	4,5		Veiledningsmøter og gruppemøter.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Kabling og tilkoblinger		Fortsette å lodde på krympeterminaler.
Tank og trykkregulering		Dokumentere og lage glattekretsen.
Teste regulering av steppermotor		Få rotasjon til å fungere pålitelig.
Sluttrapport		Skrive i sluttrapporten.

Ole Christian W. Kopland

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Dokumentere grensesnittet	14		Dokumentere grensesnittet mellom det digitale og fysiske systemet.	



Møter og veiledning	5,5		Veiledningsmøter og gruppemøter.	
Diagrammer til data	17,5		Lage modeller til dokumentasjon av kode. Startet også å bruke/lære Doxygen for dokumentasjon.	
GUI	4,5		Lage loggføring i GUI. Gjøre kode klar for testing av det sammensatte systemet.	
Test av Arduino og GUI	2,5		Teste loggføring og fikse feil som oppsto. Test av GUI med Arduinoer.	
Skrive sluttrapport	5		Planlegge hva som skal med i sluttrapporten. Lage en oversikt.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Diagrammer til data		Bli ferdig med diagrammene.
Dokumentere grensesnittet		Gjøre dokumentet klart til å bli sett over og godkjent.
Test av Arduino og GUI		Teste kode og GUI på det sammensatte systemet.
Sluttrapport		Skrive på sluttrapport.

Simen Tråstadkjølen

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Møter og veiledning	5		Møter og veiledning	
Mekanisk design	15		Fjærbein for å hjelpe elevasjonsmekanisme, design av FDC, nye reimhjul til rotasjon, tegninger og dokumentering av beregninger	
Bygge prototype	2,5		Tilpassing og montering av deler	
Bygge FDC	3		Bygge FDC	
Teknisk brukerveiledning	3		Skrive om forberedelser før bruk	
Testing av rotasjon	1		Testing av rotasjon	
Sluttrapport	13		Planlegging, struktur og skrive om prosess/progresjon	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Mekanisk design		Tegninger og dokumentering av beregninger
Testing av avfyring		Testing av ferdig sammensatt avfyringsmekanisme, finjusteringer
Sluttrapport		Skrive på sluttrapport.

Martin Slettedal

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Møter og veiledning	4,5		Veiledningsmøter og gruppemøter	
Mekanisk design	17,5		Design av FDC, nye reimhjul til rotasjon, tegninger og dokumentering av rotasjonsmekanisme.	
Bygge prototype	9		3D-print og tilvirkning av nye tannreimer, bygge FDC.	
Testing av rotasjon	8		Testing av rotasjonsmekanisme. Feilsøking, smøring, og forbedringer.	
Sluttrapport	3		Planlegging av sluttrapport og hva som skulle med i krav- og testdel i sluttrapport.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Mekanisk design		Tegninger, dokumentering, beregninger.
Testing av rotasjon		Teste rotasjonen og finjustere ytelsen.
Bygge prototype		Tilvirkning av deler som skal på Launcher. Montere dekseler, bore opp hull osv.
Sluttrapport		Skrive i sluttrapporten.

Tobias Nilsen

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Møter og veiledning	5		Møter og veiledning	
Mekanisk design	15		Mekanisk design: Dokumentasjon, Research for prosjektiler og 3D-printet materiale, endret sikringslokk til toppstruktur.	
3D-print research	4		Laget design til nye strekkstaver som skal bli printet i gunstigere retning enn det alt er fra universitetet.	
Sluttrapport	7		Laget dokumentet, planlegging, struktur og skrevet «Om oppgaven».	
Testing av rotasjon	2		Testing av rotasjon	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
3D-print research		Strekkteste nye prøvestaver
Mekanisk design		Dokumentasjon
Sluttrapport		Skrive på sluttrapport.

John Kristiansen

2/5/2022	6	Testing	Prøvde å finne ut hvorfor rotasjonemkanismen ikke fungerer veldig bra. Hopper over tannhjulsledd. Prøvd forskjellige styringsmetoder for å få det til å fungere.
2/5/2022	2	Implementasjon	Så igjennom tidligere rapporter for å gi en bedre oversikt hva som burde være med i en sluttrapport.
3/5/2022	3	Testing	Mer testing av rotasjonsmekanismen. Mulig det må lages et bedre midtstyringshjul, så fikk Martin til å lage et nytt
3/5/2022	5	Implementasjon	Skrev strømforsyningsrapport. Forbedret den tidligere rapporten.
4/5/2022	1	Møter	Ukentlig møte med intern veileder, Kjell Enger. Se møtereferat MRE14.
4/5/2022	0.5	Møter	Gruppemøte.
4/5/2022	2	Testing	Skaffet ny motordriver som skal tåle 6 A. Driveren er dyr så den kan kun brukes til å teste om driveren er problemet med rotasjon og elevasjon
4/5/2022	4	Implementasjon	Oppdaterte kablingskjemaet for å ta til rette for ny motorkontroller, flytting av motorkontroller og pluggløsning.
5/5/2022	2	Møter	Ukentlig møte med ekstern veileder, Vanja Halvorsen. Se møtereferat MRE14.
5/5/2022	0.5	Møter	Gruppemøte.
5/5/2022	5	Implementasjon	Begynte å kable toppstruktur. Loddet plugger til prosjektildeteksjon og avfyringsventilene.
6/5/2022	0.5	Møter	Gruppemøte.
6/5/2022	7	Implementasjon	Fortsatte å kable toppstruktur. På grunn av veldig små kabler og plugger tar dette noe lengere tid enn forventet.

Christoffer Mehren

2/5/2022	3	Testing	Teste rotasjonsmekanismen med ny motorkontroller. Se på forskjellige instillinger for strømbegrensning og mikrostepping.
2/5/2022	3	Testing	Feilsøke på rotasjonssmekanismen for å finne ut hvorfor den roterer dårlig innimellom.
2/5/2022	1.5	Implementasjon	Skrive midlertidig kode for å kjøre motoren på forskjellige måter til feilsøking. Treg/rask toppfart/aksellerasjon, endring i retning etc.
3/5/2022	2	Implementasjon	Sett etter ny motor til elevasjon, ettersom denne viste seg å være underdimensjonert.
3/5/2022	2	Testing	Fortsatt å teste rotasjonsmekanismen for å finne ut hvorfor den roterer dårlig innimellom.
3/5/2022	2.5	Analyse og design	Skrive rapport for valg av deteksjonsmetode.
4/5/2022	1	Møter	Ukentlig møte med intern veilder, Kjell Enger. Se møtereferat MRI13.
4/5/2022	0.5	Møter	Gruppemøte.
4/5/2022	6	Testing	Teste rotasjonsmekanismen med forskjellige motordrivere. Prøve forskjellige konfigurasjoner for reima (stramming og plassering i forhold til settskruene).
5/5/2022	2	Møter	Ukentlig møte med ekstern veileder, Vanja Halvorsen. Se møtereferat MRE14.
5/5/2022	0.5	Møter	Gruppemøte.
5/5/2022	2	Testing	Teste rotasjonsmekanismen ytterligere. Se under hva som kan være problemet, kjøre forskjellig hastighet og retning for å feilsøke.
5/5/2022	2	Implementasjon	Lodde plugger på prosjektideteksjonskabel og ledninger på ventiler.
6/5/2022	1	Testing	Testet ny motor fra Elfa.
6/5/2022	0.5	Møter	Gruppemøte.
6/5/2022	5	Implementasjon	Lodde krympeterminaler på ledninger og laget plugger med dem.
6/5/2022	2	Analyse og design	Design og simulere glattekrets for trykkregulering. Denne skal gjøre PWM signalet fra Arduinoen om til ett DC-nivå.

Ole Christian W. Kopland

2/5/2022	0.5	Møter	Daglig internt møte med prosjektgruppen.
2/5/2022	3	Prosjektorganisering	Timelister, oppfølgingsdokument og dokumentasjon av eget arbeid. Dokumenterer også noe av koden i Doxygen.
2/5/2022	7	Analyse og design	Lære Doxygen til dokumentasjon av kode. Se på mekaniske konsepter for å få elevasjonsmekanismen til å heve seg lettere.
2/5/2022	1	Testing	Test av elevasjon og rotasjon. Prøve finne ut hva som gjør at den roterer ujevnt.
3/5/2022	5.5	Analyse og design	Lage modeller til dokumentasjon av koden.
3/5/2022	1.5	Implementasjon	Gjøre designet på GUI bedre. Flytte knapper og tekst.
3/5/2022	0.5	Testing	Teste GUI etter forandringer.
3/5/2022	0.5	Møter	Gruppemøte.
4/5/2022	1	Møter	Ukentlig møte med intern veileder, Kjell Enger. Se møtereferat MRI13.
4/5/2022	0.5	Møter	Gruppemøte.
4/5/2022	4	Analyse og design	Lage modeller til dokumentasjon av koden.
4/5/2022	3	Prosjektorganisering	Lage dokumentasjon til "Interface" av det digitale systemet.
5/5/2022	2	Møter	Ukentlig møte med ekstern veileder, Vanja Halvorsen. Se møtereferat MRE14.
5/5/2022	0.5	Møter	Gruppemøte.
5/5/2022	1	Analyse og design	Planlegge design av loggføring i GUI.
5/5/2022	3	Implementasjon	Lage kode til loggføring i GUI + forandre på designet.
5/5/2022	1	Testing	Teste GUI etter forandringer og fikse feil jeg fant.
5/5/2022	3.5	Prosjektorganisering	Lage dokumentasjon til "Interface" av det digitale systemet.
6/5/2022	0.5	Møter	Gruppemøte.
6/5/2022	7.5	Prosjektorganisering	Dokumentasjon av interface av det digitale-systemet.
8/5/2022	2	Sluttrapport	Planlegge hva som skal med i sluttrapporten. Lage en oversikt.

Simen Tråstadkjølen

02/05/2022	5	Analyse og design	Mekanisk design; fjærbein for å hjelpe elevasjon; ideer, research på komponenter, måle avstander og vinkler, utregning og modellering av ulike alternativer
03/05/2022	5.5	Analyse og design	Mekanisk design; fjærbein for å hjelpe elevasjon; modellering av nytt alternativ, design av ekstern boks/FDC, utregning av mål for nye reimhjul
03/05/2022	3	Sluttrapport	Sluttrapport; planlegging av innhold og struktur
04/05/2022	1.5	Møter	Veiledningsmøte med intern veileder og gruppemøte
04/05/2022	2	Implementasjon	Bygge prototype; tilpassing av avfyringsrør, montering av nye reimhjul for rotasjon sammen med Martin
04/05/2022	1	Testing	Testing av rotasjon
04/05/2022	3	Sluttrapport	Sluttrapport; planlegging av innhold og arbeidsfordeling, skrive om prosess/iterasjoner
04/05/2022	1	Implementasjon	Bygge FDC; finne materialer og se på ulike måter å feste sidedeksler
05/05/2022	2.5	Møter	Veiledningsmøte med ekstern veileder og gruppemøte
05/05/2022	1	Implementasjon	Bygge FDC; kappe til materialer og montering
05/05/2022	0.5	Implementasjon	Bygge prototype; feilsøking på rotasjonsmekanisme
05/05/2022	2	Implementasjon	Teknisk brukerveiledning; skrive instruksjoner for forberedelser før bruk
05/05/2022	4	Sluttrapport	Sluttrapport; skrive om prosess/iterasjoner
06/05/2022	1	Møter	Gruppemøte
06/05/2022	3	Sluttrapport	Sluttrapport; skrive om prosess/iterasjoner
06/05/2022	1	Implementasjon	Bygge FDC; montering
06/05/2022	1.5	Analyse og design	Mekanisk design; tegninger
06/05/2022	1	Implementasjon	Teknisk brukerveiledning; skrive instruksjoner for forberedelser før bruk
08/05/2022	3	Analyse og design	Mekanisk design; dokumentasjon av beregninger på sikkerhetslokk og tegninger

Martin Slettedal

2/5/2022	1	Testing	Testing av rotasjon. Må finne ut hvorfor den roterer ujevnt.
2/5/2022	2.5	Analyse og design	Gjøre ferdig design av FDC.
2/5/2022	4	Analyse og design	Design nye tannreimer for rotasjonsmekanismen. Vi endret på størrelsen for å få bedre utveksling som igjen skulle gjøre det enklere for motoren.
3/5/2022	3	Implementasjon	3D-print og tilvirkning av nye tannreimer for å få det til å passe.
3/5/2022	3	Analyse og design	Dokumentering av teknisk arbeid rundt rotasjonsmekanismen.
3/5/2022	2	Sluttrapport	Plan for struktur og innhold i sluttrapport.
4/5/2022	1	Møter	Internveiledningsmøte med Kjell.
4/5/2022	0.5	Møter	Gruppemøte
4/5/2022	6	Testing	Teste rotasjonsmekanismen med forskjellige motordrivere. Prøve forskjellige bøsninger, prøved å smøre med kulelager fett. Prøve forskjellige konfigurasjoner for reima (stramming og plassering i forhold til settskruene).
4/5/2022	1	Analyse og design	Designet en ny løsning for å minske friksjon mellom roterende toppstruktur og rotasjonsdelene.
5/5/2022	2	Møter	Møte med ekstern veileder Vanja.
5/5/2022	0.5	Møter	Gruppemøte
5/5/2022	2	Testing	Teste rotasjonsmekanismen ytterligere. Se under hva som kan være problemet, kjøre forskjellig hastighet og retning for å feilsøke.
5/5/2022	4	Implementasjon	Bygge FDC, skaffe materialer og kappe og montere FDC.
6/5/2022	0.5	Møter	Gruppemøte
6/5/2022	2	Analyse og design	Mekanisk design; tegninger
6/5/2022	2	Implementasjon	Bygge FDC, plassere komponenter som skulle inn der.
6/5/2022	1	Sluttrapport	Se på hva som skal med i krav og test del i sluttrapporten.
7/5/2022	3	Analyse og design	Mekanisk design; tegninger
8/5/2022	2	Analyse og design	Mekanisk design; Dokumentasjon av rotasjonsmekanisme.

Tobias Nilsen

02/05/2022	0.5	Prosjektorganisering	Timelister og oppfølgingsdokument
02/05/2022	1	Testing	Brukt mikroskop til å bekrefte bruddpunkt på brakett som feilet forrige uke. Så også på oppbyggingen av 3D-print generelt. Dette skrives i rapport for 3D-print
02/05/2022	0.5	Analyse og design	Mekanisk design; modifisert sikringsmekanismen til avfyringsstruktur.
02/05/2022	2	Analyse og design	Research for prosjektiler og 3D-printet materiale. Pratet med Richard om PETG plastikk for fleksibilitet i prosjektiler.
02/05/2022	3	Analyse og design	Mekanisk design; fjærbein for å hjelpe elevasjon; ideer og muligheter og fortsettelse på dokumentasjon
03/05/2022	3	Sluttrapport	Sluttrapport; planlegging av innhold og struktur
03/05/2022	3	Analyse og design	Mekanisk design; Dokumentasjon
04/05/2022	1.5	Møter	Gruppemøte og veiledningsmøte med intern veileder
04/05/2022	1	Testing	Testing av rotasjon
04/05/2022	3	Analyse og design	Mekanisk design: Dokumentasjon
05/05/2022	2.5	Møter	Møte med ekstern veileder og gruppemøte
05/05/2022	1	Testing	Sett på rotasjonsmekanismen og hvorfor det ikke fungerte som det skulle
05/05/2022	4	Sluttrapport	Laget dokumentet "Sluttrapport" lagt til innholdsfortegnelse, lagt inn innholdet og skrevet om "Oppgaven fra KDA"
05/05/2022	1	Prosjektorganisering	Oppfølgingsdokument og timelister
06/05/2022	1	Møter	Gruppemøte
06/05/2022	2.5	Analyse og design	Dokumentasjon; FEM-analyser og Elevasjonslogg
06/05/2022	2	Testing	3D-print research; Laget design til innsatser og nye strekkstaver som er bedre enn universitetets

Oppfølgingsdokument

09.05.2022 - 16.05.2022, Uke 19

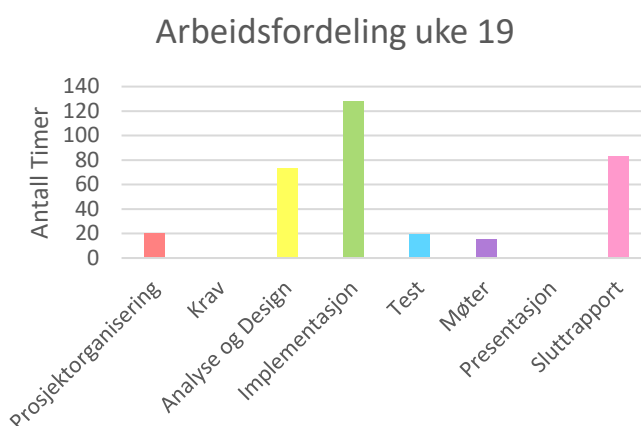
Bachelorgruppe 10

Status for prosjektet

Det ligger mye arbeid igjen fremdeles før alt skal leveres inn. Denne uken har vært brukt til rapportskrivning og mye elektrisk oppsett av launcheren. Den neste uken vil bli full av rapportskrivning og samtidig testing og kalibrering av launcheren.

Oversikt timer

Person	Denne uka	Totalt
John	58,5	561,5
Simen	54,5	558
Christoffer	52,5	500
Ole Christian	66,5	557
Martin	53,5	554
Tobias	50,5	560
Totalt	336	3290,5



D - Disiplin	Prosjekt-organisering	Krav	Analyse og design	Implementasjon	Testing	Møter	Presentasjon
--------------	-----------------------	------	-------------------	----------------	---------	-------	--------------

S - Status	Arbeid er ferdig og dokumentert	Arbeide er påstartet, men fortsetter neste uke og er innenfor planen	Arbeidet er ikke startet eller blir ikke ferdig i forhold til planen
------------	---------------------------------	--	--

Oppgaver og timer per person

John Kristiansen

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Målbrikke	1		Prøvde Bluetooth kommunikasjon mellom Arduino BLE 33 og 2560 Mega. Fungerte ikke veldig bra. Mulig BLE til BLE vil fungere.	
Kabling og tilkoblinger	53		Kablet og satt pluggen på hele launcheren. Feil oppstod i helgen som ødela Nano, Mega og prosjektildeteksjon. Ble fikset på mandag. Nå fungerer alt det elektriske	



Teste fullstendig elektrisk oppsett	2		Testet rotasjon. Sliter litt noen ganger, men fungerer med lav akselerasjon. Testet elevasjon. Fungerer utmerket med ny motor. Null problemer der.	
Møter og veiledning	2,5		Veiledningsmøte og gruppemøter.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Kabling og tilkoblinger		Finne feilen som oppstod i helgen og reparere ødelagte komponenter
Teste fullstendig elektrisk oppsett		Teste gradevis det elektriske systemet og få alt oppe å gå.
Sluttrapport		Skrive ferdig sluttrapport og diverse siderapporter

Christoffer Mehren

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Kabling og tilkoblinger	39,5		Designet en ny måte å kable bunnelementet med pluggere ettersom det har vært endringer i hva som er i bunn. Produsert kabler til denne løsningen.	
Tank og trykkregulering	8		Designet og laget en krets til kommunikasjon mellom Arduinoen og trykkregulatoren. Kombinert dette med avlesning av 24V og fikset en pluggløsning.	
Teste fullstendig elektrisk oppsett	2,5		Testet rotasjon og elevasjon i samme oppsett. Rotasjon funker bra med lav akselerasjon. Elevasjon funker strålende med den nye motoren.	
Møter og veiledning	2,5		Veiledningsmøte og gruppemøter.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Teste fullstendig elektrisk oppsett		Teste at launcherens forskjellige mekanismer fungerer i det fullstendige oppsettet.
Skrive sluttrapport		Ferdigstille sluttrapporten og diverse elektrorapporter.

Ole Christian W. Kopland

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Dokumentere grensesnittet	18		Skrive dokumentet «Digital Interface». Dette dokumenterer alt om grensesnittet i det digitale systemet.	
Målbrikke	9,5		Prøve få målbrikke til å fungere med Bluetooth.	
Mikrokontroller	2		Lage kode til ny styring av steppermotor og nytt avfyringsmodus.	



Bygging av prototype 1	5,5		Lage en «T» kobling om til en «L» kobling for luftoverføring. Gjøre kode klar for styring av det monterte systemet.	
Skrive Sluttrapport	24		Skrive generelt om prosjektet. Legge til dokumentasjon om datadelen. Skrive i prosjektprogresjon. Dokumenterer kode i Doxygen.	
Møter og veiledning	2,5		Gruppemøter og veiledningsmøter.	
Test av Arduino og GUI	5		Teste deler av systemet med et testoppsett. Tester alle funksjoner hver for seg.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Bygging av prototype 1		Bli ferdig med all kode til prototype 1.
Skrive sluttrapport		Skrive sluttrapport ferdig.
Test av Arduino og GUI		Teste systemet og verifisere testene med testplanen.
GUI		Lage ferdig GUI som skal brukes til
Mikrokontroller		Lage ferdig kode for Arduino Mega og Arduino Nano.
Dokumentere grensesnittet		Bli ferdig med dokumentasjon for datadelen.

Simen Tråstadkjølen

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Iterasjonsrapport og -plan	2		Lage oversikt over tidsbruk og status for oppgaver for alle iterasjoner	
Mekanisk design	14,5		Dokumentering av designprosess, dokumentering av beregninger/analyser og lage tegninger.	
Bygge FDC	2,5		Montering av ekstern boks.	
Bygge prototype	3		Montering og tilpassing av deler.	
Møter og veiledning	2,5		Veiledningsmøte og gruppemøter.	
Sluttrapport	30		Skrive til sluttrapport, teknisk del om avfyring og del om prosjektprogresjon.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Sluttrapport		Ferdigstille rapport og annen dokumentasjon.
Testing av prototype		Utføre og dokumentere slutttester av prototype.

Martin Slettedal

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Mekanisk design	25		Dokumentering av designprosess, dokumentering av tegninger, sprengtegninger og teksik arbeid	
Møter og veiledning	2,5		Veiledningsmøte og gruppemøte.	
Bygge prototype	11		Tilpassing av deler. Boring av bunnplate.	
Testing av rotasjon	1		Teste rotasjonsmekanisme og feilsøke.	
Sluttrapport	15,5		Skrevet om test, krav, prosjektprogresjon og teknisk del rotasjon.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Sluttrapport		Skrive mer i sluttrapport og ferdigstilling.
Testing av prototype		Utføre og dokumentere slutttester.

Tobias Nilsen

Forrige ukes arbeid	Timer	D	Beskrivelse	S
Mekanisk design	23		Dokumentering av designprosess, dokumentering av beregninger/analyser og lage tegninger.	
3D-print research	9		Strekktestet prøvestaver og innsatser	
Bygge prototype	3		Montering og tilpassing av deler.	
Møter og veiledning	2,5		Veiledningsmøte og gruppemøter.	
Sluttrapport	13,5		Skrive til sluttrapport, teknisk del om elevasjon og del om prosjektprogresjon.	

Neste ukes arbeid	D	Beskrivelse
Sluttrapport		Skrive i sluttrapport og ferdigstilling.
Testing av prototype		Utføre og dokumentere slutttester av prototype.

John Kristiansen

9/5/2022	1	Analyse og design	Prøvde se om det er mulig å sende bluetooth fra Arduino 33 BLE til 2560 Mega. Virka ikke helt mulig, men kan hende det fins en måte å gjøre om målbrikken til en type fjernkontroll-styring
9/5/2022	2	Testing	Testet rotasjonsmekanisme og elevasjonsmekanisme. Rotasjonen er ganske bra nå, men om den skifter retning fort så vil motoren slite litt, men hvis akselerasjonen ikke er for kjapp ser den ut til å fungere. Elevasjonen med ny motor fungerte perfekt
9/5/2022	6	Implementasjon	Fortsatte kabling i toppstruktur. loddet Arduinoen til afyringsmekanismen og laget hunnplugger til deteksjonskretsen som skal til Arduinoen.
10/5/2022	8	Implementasjon	Fortsatte å kable toppstrukturen. Arduino, prosjektildeteksjon, og afyring er nå klar
11/5/2022	1	Møter	Ukentlig møte med intern veileder, Kjell Enger. Se møtereferat MRE14.
11/5/2022	0.5	Møter	Gruppemøte.
11/5/2022	6.5	Implementasjon	Ferdig å lodde og kable toppstrukturen. RX og TX kabel til arduino nå også montert. Enkoder og motor i topelementet har også fått plugg og kabling.
12/5/2022	0.5	Møter	Gruppemøte.
12/5/2022	11.5	Implementasjon	Lodde ledninger til bunnelementet. Arduino mega skal har fått plugger og motorkontrollerene er kablet men ikke permanent loddet fast pga enkel demoteringsløsning. Loddet noe ledning til 5 V og 24 V systemet i kretsen.
13/5/2022	0.5	Møter	Gruppemøte.
13/5/2022	12	Implementasjon	Loddet ferdig ledningene i bunnelementet. Loddet enkoder, motor, glattekrets til trykkregulator, bryter, LED-lys, strømplugg.
14/5/2022	2	Implementasjon	Loddet FDC (Sideboksen) ferdig, med trykkregulator, bryter, spenningsregulator.
14/5/2022	4	Implementasjon	Laserkuttet deksler til FDC (sideboksen).
14/5/2022	2	Implementasjon	Dro og kjøpte strømledning som skal brukes fra FDC (Sideboks) til launcheren.
14/5/2022	1	Implementasjon	Prøvde å starte launcheren med strøm. Røyk kom ut av Arduinoen fra toppen. Ser ut til å ha være en feilkobling til toppstrukturen som har gjort at 24 V og 5 V er byttet om. Arduino Mega, Nano, og prosjektildeteksjon er ødelagt. Enkoderen fungerer enda i bunn og toppstrukturen. Mistet motet og dro hjem.

Christoffer Mehren

9/5/2022	1	Prosjektorganisering	Fylle inn timer og arbeidsoppgaver i oppfølgingsdokumentet.
9/5/2022	1	Implementasjon	Innkjøp av motorkabel og ekstra krympeterminaler/-plugger.
9/5/2022	1	Testing	Teste elevasjon med ny motor, fungerte strålende.
9/5/2022	1.5	Testing	Testes rotasjon ytterligere. Virker som det fungerer bra med lav akselerasjon og presis stramming. 1/8 mikrostep er et fint kompromiss mellom støy og hastighet.
9/5/2022	3	Implementasjon	Lodde ledninger til topelementet.
10/5/2022	3	Analyse og design	Startet på rapport for trykkregulering. Laget oppsett og produsert tegninger.
10/5/2022	4.5	Implementasjon	Lodde på topelementet. Avfyringsenheten (arduino + krets) er ferdig og har alle plugger.
11/5/2022	2	Analyse og design	Fortsatt på rapport for trykkregulering.
11/5/2022	1	Møter	Ukentlig møte med intern veilder, Kjell Enger. Se møtereferat MRI14.
11/5/2022	1	Analyse og design	Designet kombinert krets for glatting av PWM-signal, omgjøring av 24 V til logisk nivå og omgjøring av 4-20 mA til 1-5 V.
11/5/2022	0.5	Møter	Gruppemøte.
11/5/2022	2	Analyse og design	Designet ny kabling i bunnelementet ettersom vi har endret motordriver. Lagt til kombinert krets.
11/5/2022	5	Implementasjon	Lodde ledninger til topelementet. Skjære til og lodde kombinert krets.
12/5/2022	0.5	Implementasjon	Føre inn tidligere kjøp fra Elfa Distrelec i innkjøpslista. Mottatt motorkabel og påfyll av 3-plugger.
12/5/2022	0.5	Møter	Gruppemøte.
12/5/2022	10.5	Implementasjon	Lodde ledninger til bunnelementet. Brukt mye tid på forgrening fra strømtilførsel.
13/5/2022	0.5	Møter	Gruppemøte.
13/5/2022	12	Implementasjon	Lodde ferdig ledninger til bunnelementet.
14/5/2022	2	Implementasjon	Lodde i FDC og koble 230 delen. Se på løsninger for bedre kabling.

Ole Christian W. Kopland

9/5/2022	3.5	Analyse og design	Undersøke og lære om bruk av Bluetooth for kommunikasjon mellom flere Arduinoer. Planlegge kode og struktur.
9/5/2022	3	Implementasjon	Lage og modifisere kode for å prøve å få Bluetooth til å fungere.
9/5/2022	2	Testing	Teste Bluetooth. Bluetooth fungerer ikke på Arduinoen. Klare til å få det til å fungere på telefonen.
9/5/2022	1	Prosjektorganisering	Timelister, oppfølgingsdokument og dokumentasjon av eget arbeid. Dokumenterer også noe av koden i Doxygen.
10/5/2022	2	Implementasjon	Prøve få Bluetooth til å fungere med Arduino Mega. Klarte få Bluetooth til å fungere med 2 stk Arduino 33 BLE.
10/5/2022	1	Testing	Teste fungerende Bluetooth med Arduino 33 BLE.
10/5/2022	6	Sluttrapport	Dokumentasjon av interface i det digitale-systemet. Legge mer av koden inn i Doxygen.
11/5/2022	1.5	Møter	Ukentlig møte med intern veileder, Kjell Enger. Se møtereferat MRI14. Vi har også et gruppemøte.
11/5/2022	11	Sluttrapport	Dokumentasjon av interface i det digitale-systemet. Legge mer av koden inn i Doxygen. Skrive i progresjonsdelen.
12/5/2022	4.5	Presentasjoner	Undersøke hva som må lages og være klart til EXPO. Lage forslag til plakat til og dens innhold.
12/5/2022	0.5	Møter	Gruppemøte.
12/5/2022	6	Sluttrapport	Dokumentasjon av interface i det digitale-systemet. Legge mer av koden inn i Doxygen. Skrive i progresjonsdelen.
13/5/2022	0.5	Møter	Gruppemøte.
13/5/2022	3	Implementasjon	Kode ny styring for steppermotorer og løse problemet som oppsto. Problemet var at steppermotoren stoppet om serieporten ble brukt.
13/5/2022	2	Testing	Teste ny styring av steppermotor.
13/5/2022	6	Sluttrapport	Skrive i progresjonsdelen og fylle inn innhold fra datadelen i rapporten.
14/5/2022	8	Sluttrapport	Dokumentasjon av interface i det digitale-systemet. Legge mer av koden inn i Doxygen. Skrive i sluttrapporten.
15/5/2022	1	Implementasjon	Lage en lufttilkobling til bunnstrukturen. Jeg lagte en "T" ventil til en "L" ventil.
15/5/2022	4	Sluttrapport	Fylle inn mer i sluttrapport. Lage modeller jeg skal bruke i rapporten.

Simen Tråstadkjølen

09/05/2022	2	Analyse og design	Mekanisk design; dokumentasjon av beregninger på sikkerhetslokk
09/05/2022	2	Prosjektorganisering	Lage oversikt over tidsbruk og status for oppgaver for alle iterasjoner
09/05/2022	2	Sluttrapport	Skrive på teknisk del om avfiring, lage figur for avfiring
10/05/2022	1	Implementasjon	Bygge FDC; montering
10/05/2022	6.5	Sluttrapport	Skrive om progresjon/iterasjoner, lage figur/diagram for strømforsyning
10/05/2022	1	Analyse og design	Mekanisk design; tegninger
11/05/2022	1.5	Analyse og design	Mekanisk design; dokumentasjon av beregninger på sikkerhetslokk
11/05/2022	1.5	Møter	Veiledningsmøte med intern veileder og gruppemøte
11/05/2022	1.5	Implementasjon	Bygge FDC; montering
11/05/2022	7.5	Sluttrapport	Sluttrapport; progresjonsdel og teknisk del om avfiring
12/05/2022	0.5	Møter	Gruppemøte
12/05/2022	5	Sluttrapport	Sluttrapport; progresjonsdel og teknisk del om avfiring
12/05/2022	5	Analyse og design	Mekanisk design; tegninger og dokumentasjon
13/05/2022	5	Analyse og design	Mekanisk design; tegninger og dokumentasjon
13/05/2022	1	Møter	Gruppemøte
13/05/2022	2.5	Sluttrapport	Sluttrapport; progresjonsdel
13/05/2022	3	Implementasjon	Bygge prototype; montering og tilpassing av deler
14/05/2022	2	Sluttrapport	Sluttrapport; progresjonsdel
15/05/2022	4	Sluttrapport	Sluttrapport; progresjonsdel

Martin Slettedal

9/5/2022	3	Testing	Testing av rotasjonsmekanismen. Smørte deler med smøremiddel for plastikk.
9/5/2022	4.5	Analyse og design	Mekanisk design; Dokumentasjon av rotasjonsmekanisme.
9/5/2022	3	Analyse og design	Mekanisk design; Dokumentasjon av teknisk arbeid gjennom bacheloren.
10/5/2022	8	Implementasjon	Bygge prottype; Tilvirkning av bunnplate. Boring av hull, filing, kapping av spor, forsenking.
10/5/2022	2	Analyse og design	Mekanisk design; Dokumentasjon av teknisk arbeid gjennom bacheloren.
11/5/2022	0.5	Møter	Gruppemøte
11/5/2022	1	Møter	Veiledningsmøte med intern veileder Kjell.
11/5/2022	3	Implementasjon	Bygge prottype; Tilvirkning av bunnplate. Boring av hull, filing, kapping av spor, forsenking.
11/5/2022	6	Analyse og design	Mekanisk design; Tegninger, sprengbilder
12/5/2022	0.5	Møter	Gruppemøte
12/5/2022	4	Analyse og design	Mekanisk design; tegniner, sprengbilder
12/5/2022	4.5	Sluttrapport	Skrevet i sluttrapporten
13/5/2022	5	Analyse og design	Mekanisk design; tegniner, sprengbilder
14/5/2022	3	Sluttrapport	Skrevet om krav og tests i sluttrapport
15/5/2022	5.5	Sluttrapport	Skrevet teknisk del rotasjon og fylt inn i prosjekprogresjonen

Tobias Nilsen

09/05/2022	4	Analyse og design	Mekanisk design; Dokumentasjon
09/05/2022	3	Testing	3D-print research; Lært meg slicer-programmet Ultimaker Cura og sett på hvordan komponenter kan 3D-printes mer effektivt.
09/05/2022	1	Testing	3D-printet Martin sine nye deler. og sett på hvordan de kan printes med penest mulig overfalte via slicer-programmet
10/05/2022	4	Analyse og design	Mekanisk design; Dokumentasjon, FEM-analyser og Elevasjonslogg
10/05/2022	5	Testing	3D-print research; strekktestet modifiserte prøvebiter, innsatser og skrevet rapport
11/05/2022	7	Analyse og design	Mekanisk design; Dokumentasjon
11/05/2022	1	Møter	Gruppemøte og veiledningsmøte med intern veileder
12/05/2022	3	Implementasjon	Feilsøkt elevasjonsmekanismen for feil. Demontert og montert noen av komponentene
12/05/2022	3	Analyse og design	Feilsøkt hvorfor elevasjonsmekanismen var offset fra midten og funnet løsningen
12/05/2022	2	Analyse og design	Redesign av hull til brakett for å få elevasjonsmekanismen i senter og endret mål så de er riktig målsatt
12/05/2022	3	Analyse og design	2D-tegninger
12/05/2022	1.5	Møter	Gruppemøte og veiledningsmøte med ekstern veileder
13/05/2022	7	Sluttrapport	Dokumentasjon i utviklingslogg og sluttrapport; Progresjonsdel
15/05/2022	6	Sluttrapport	Sluttrapport; Skrev i de forskjellige iterasjonene, Risikoanalyse, innkjøpsplan og teknisk beskrivelse. Skrevet også i Overgangsfasen.

Maskintegninger

Sammenstillingstegninger

- 0184 Assy Mini Launcher
- 0069 Assy toppstruktur
- 0068 Assy avfyringsmekanisme
- 0067 Assy ventilplate
- 0092 Assy front toppstruktur
- 0096 Assy frontdeksel
- 0095 Assy elevasjon isolert for prototype 1
- 0090 Assy Arduino og kretskort
- 0083 Assy Brakett elevasjonsmotor
- 0132 Assy Bunnstruktur
- 0133 Assy roterende kobling
- 0134 Assy strammehjul
- 0179 Assy beinsammenstilling

Detaljtegninger avfyring og toppstruktur

- 0040 Ventilplate
- 0047 Bærebjelke toppstruktur
- 0048 Frontplate toppstruktur
- 0051 Kasse toppstruktur midt
- 0052 Kasse toppstruktur bak
- 0053 Kasse toppstruktur foran
- 0079 Frontdeksel
- 0080 Feste for frontdeksel
- 0089 Skillevegger toppstruktur
- 0091 Feste for detektor
- 0094 Feste for detektor vinkel

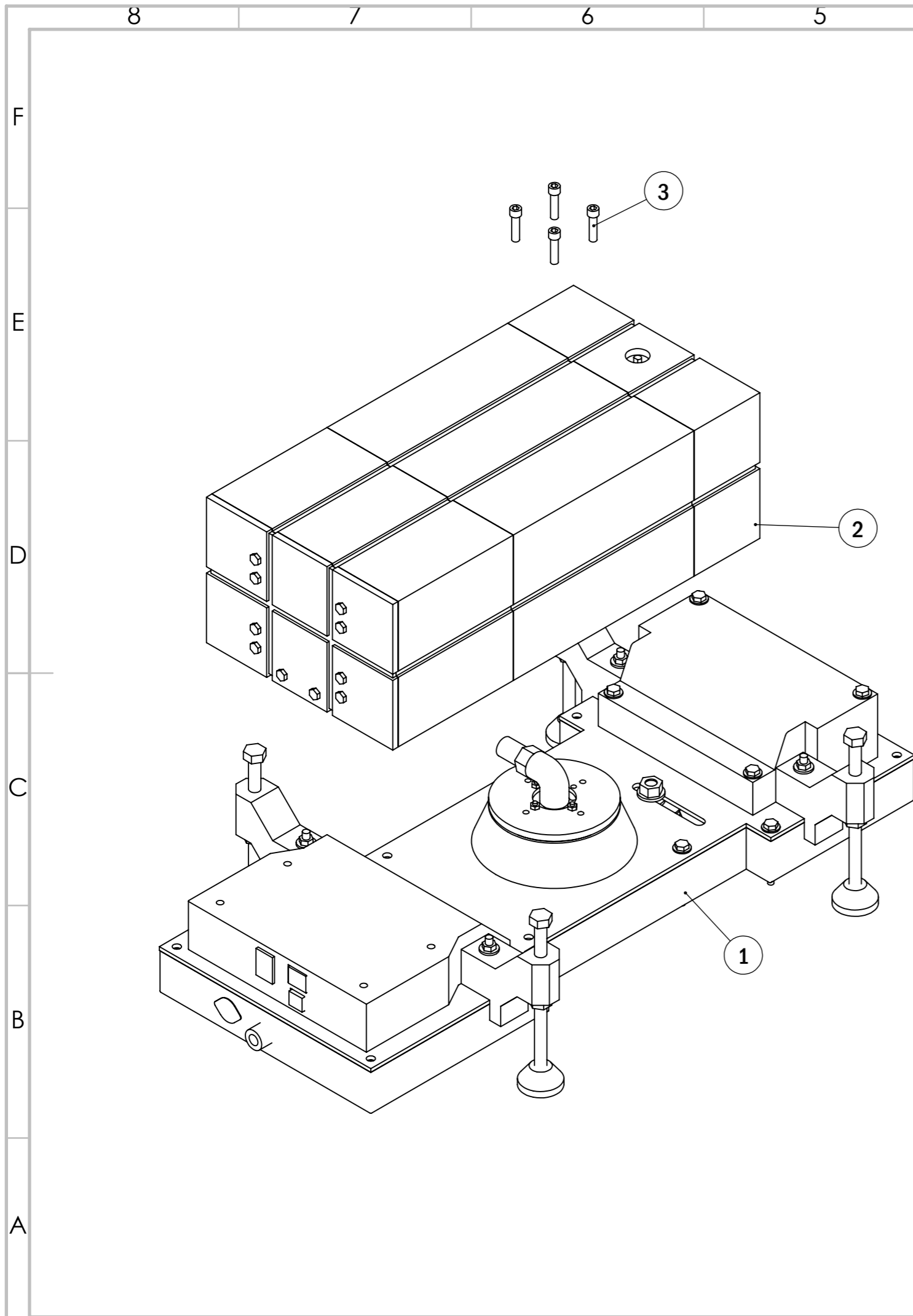
Detaljtegninger elevasjon og midtstruktur

- 0180 Mikrobryterholder
- 0170 Holder Arduino og kretskort
- 0089 Deksel Arduino Nano og kretskort
- 0082 Motor- og enkoderbærer
- 0078 bunn for elevasjon
- 0077 brakett festepunkt toppstruktur
- 0076 bærebraket for elevasjonsmotor høyre side
- 0076 bærebraket for elevasjonsmotor venstre side

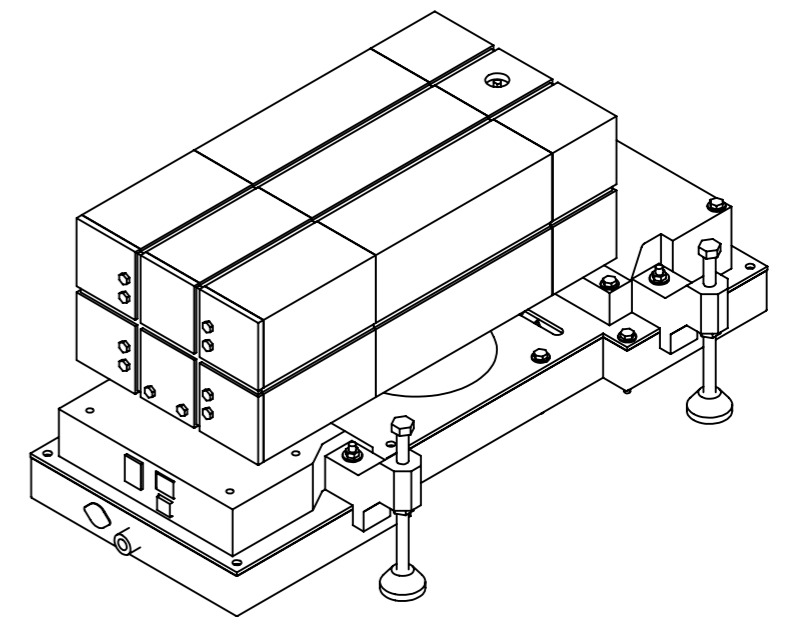
Detaljtegninger rotasjon og bunnstruktur

- 0104 Rotasjonsbase
- 0105 Bøssing med flens
- 0106 Glideskive
- 0111 Strammehjul
- 0112 Bøssing 8mm
- 0113 Fremre bunndeksel
- 0114 Midtre bunndeksel
- 0115 Bakre bunndeksel
- 0116 Fremre bunndeksel
- 0117 Bakre kasse
- 0118 Bein
- 0124 Rotasjonssylinder
- 0125 Koblingsring for rotasjonssylinder
- 0137 Fot
- 0151 Reimskive Motor Liten
- 0153 Reimskive Toppstruktur Stor

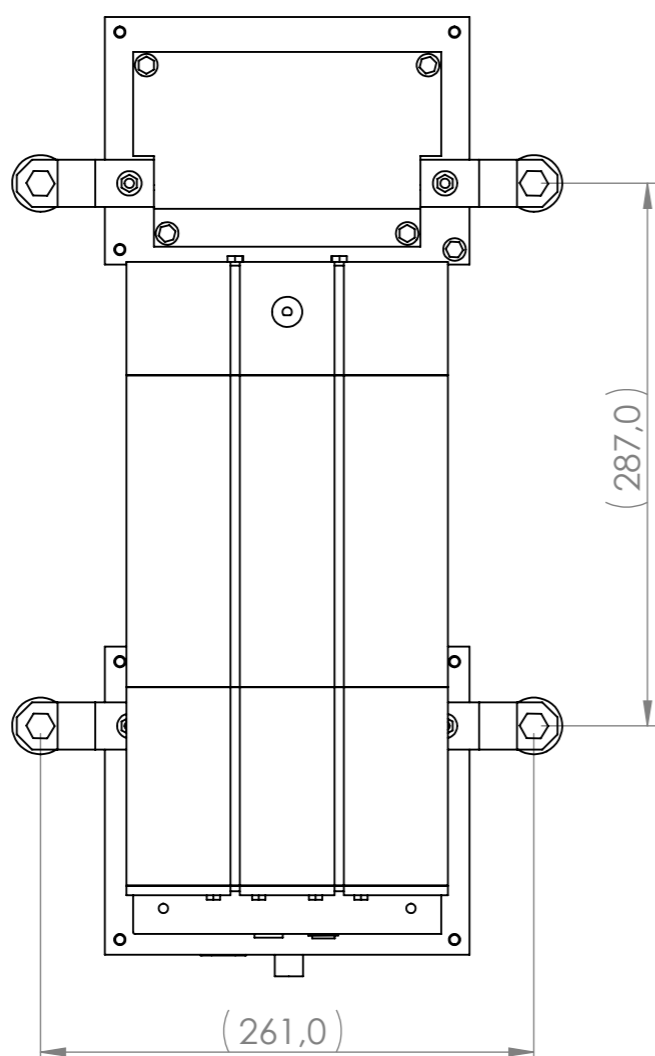
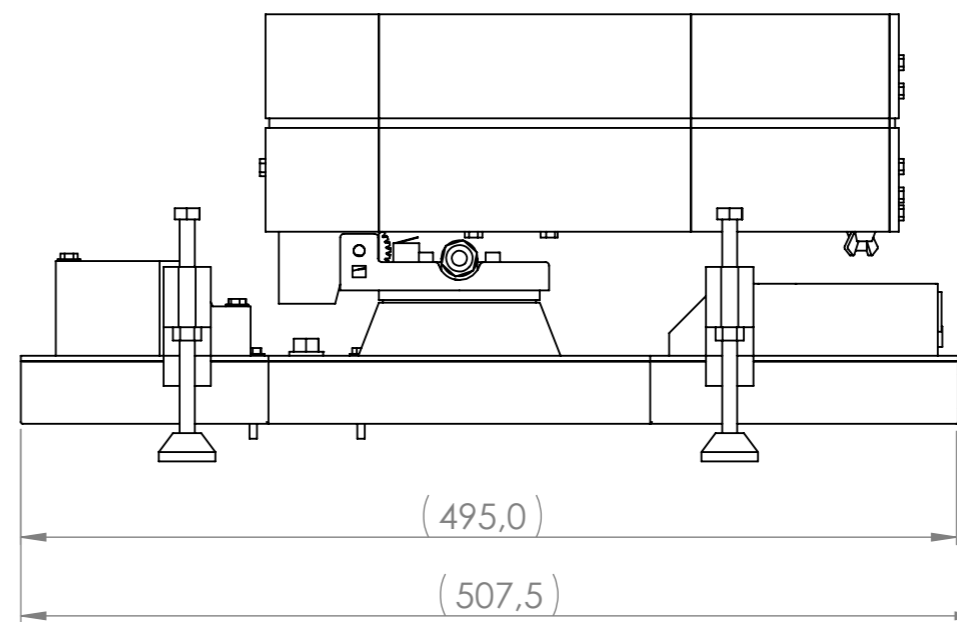
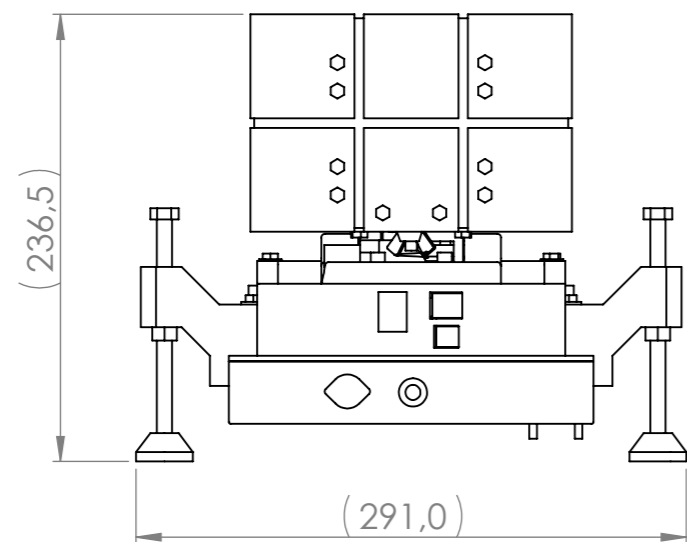
(Detaljtegninger er samlet som beskrevet over, men er ikke nødvendigvis i rekkefølge.)



NR.	DELENAVN	KOMMENTAR	ANTALL
1	0132 Assy bunnstruktur		1
2	0069 Assy toppstruktur		1
3	1017 M5 innvendig sekskantskrue	L20	4

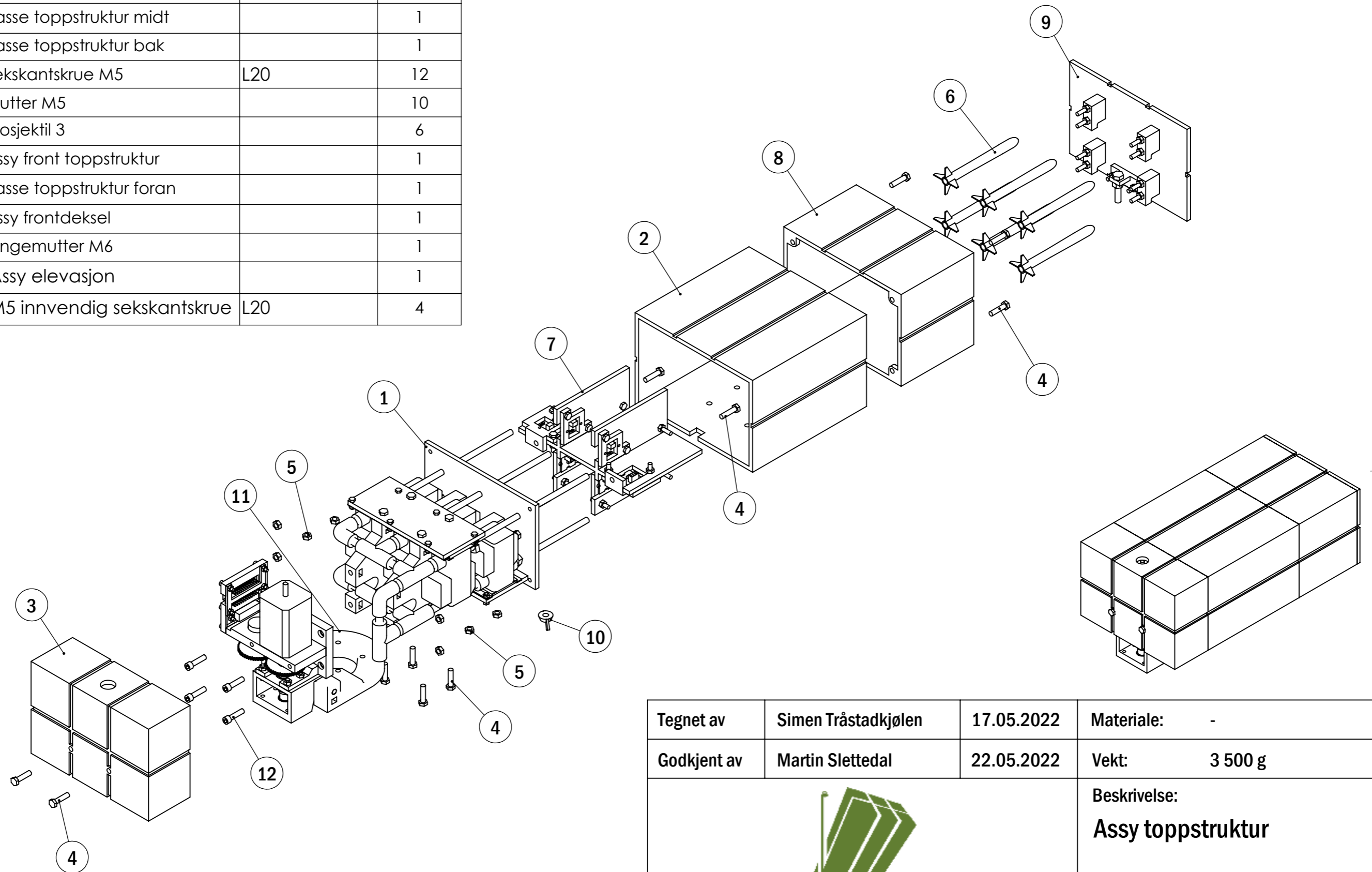



Tegnet av	Simen Tråstadkjølen	17.05.2022	Materiale:	-
Godkjent av	Martin Slettedal	22.05.2022	Vekt:	8 500 g
 PROJECT MINILAUNCHER			Beskrivelse:	
			Assy Mini Launcher	
Tegningsnummer:		Revisjon:		
0184		A		
A3	1:3	Side 1 av 2		

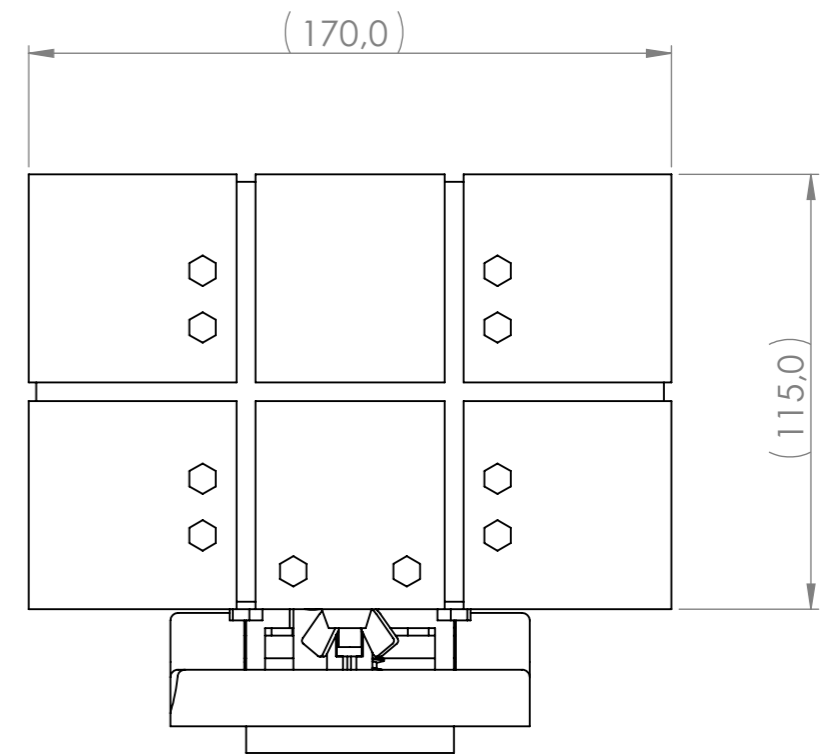
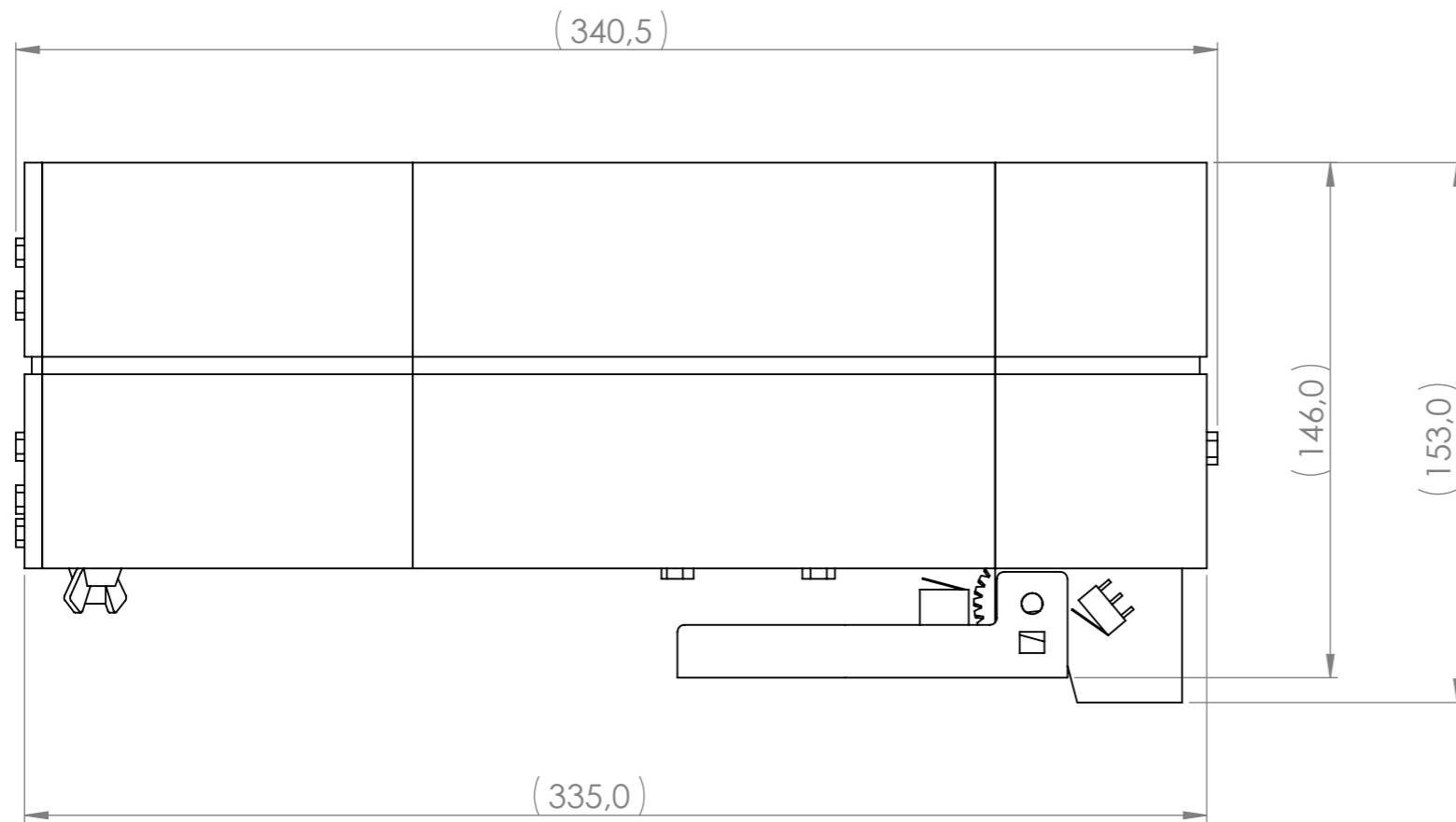



Tegnet av	Simen Tråstadkjølen	17.05.2022	Materiale:	-
Godkjent av	Martin Slettedal	22.05.2022	Vekt:	8 500 g
 PROJECT MINILAUNCHER			Beskrivelse:	
			Assy Mini Launcher	
			Tegningsnummer:	Revisjon:
	0184	A		
A3	1:4	Side 2 av 2		

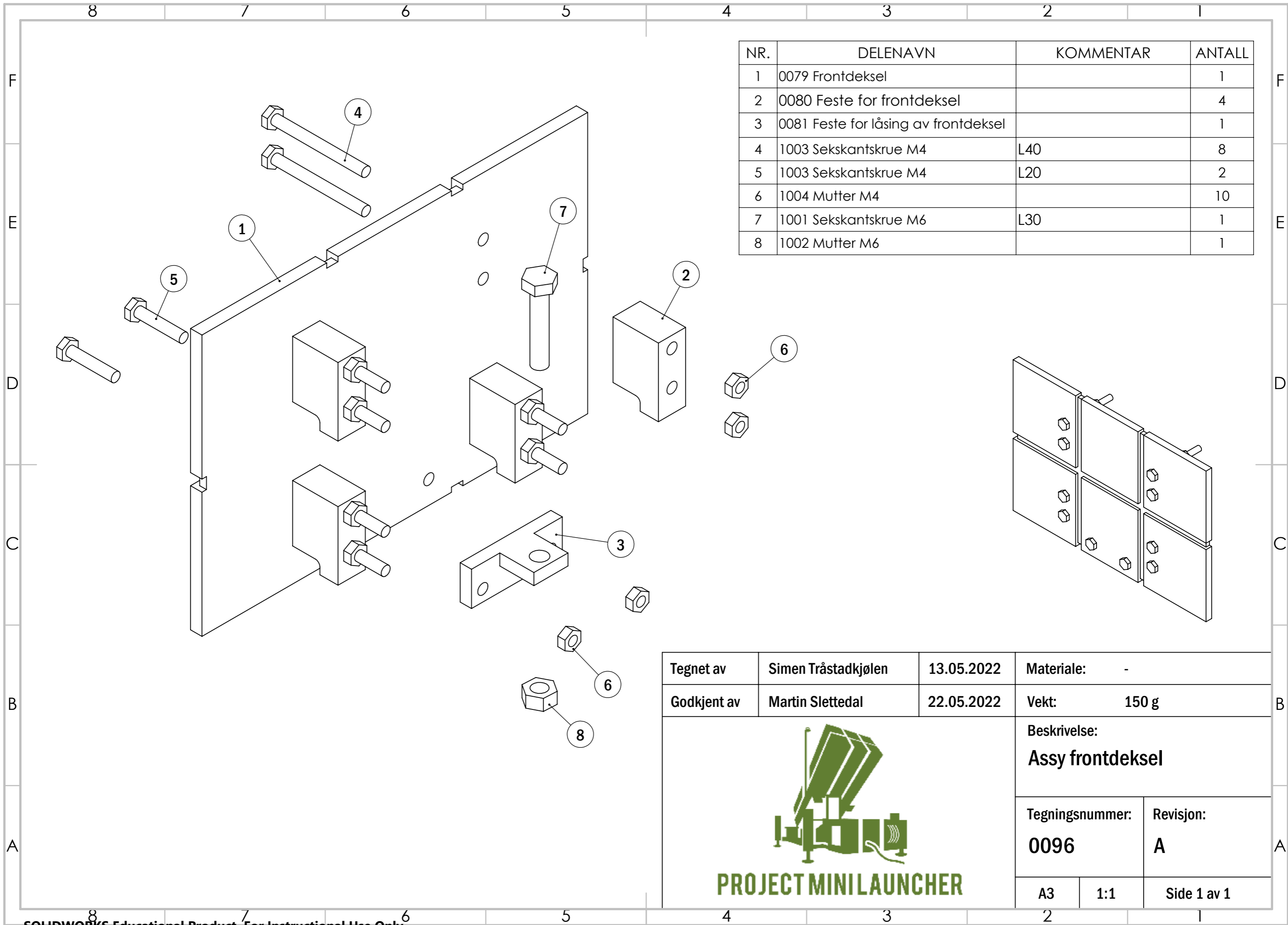
NR.	BESKRIVELSE	KOMMENTAR	ANTALL
1	0068 Assy avfyringsmekanisme		1
2	0051 Kasse toppstruktur midt		1
3	0052 Kasse toppstruktur bak		1
4	1005 Sekskantskrue M5	L20	12
5	1006 Mutter M5		10
6	9003 Prosjektil 3		6
7	0092 Assy front toppstruktur		1
8	0053 Kasse toppstruktur foran		1
9	0096 Assy frontdeksel		1
10	1010 Vingemutter M6		1
11	0095 Assy elevasjon		1
12	1017 M5 innvendig sekskantskrue	L20	4



Tegnet av	Simen Tråstadkjølen	17.05.2022	Materiale:	-
Godkjent av	Martin Slettedal	22.05.2022	Vekt:	3 500 g
 PROJECT MINILAUNCHER			Beskrivelse:	
			Assy toppstruktur	
Tegningsnummer:		Revisjon:		
0069		A		
A3	1:4	Side 1 av 2		

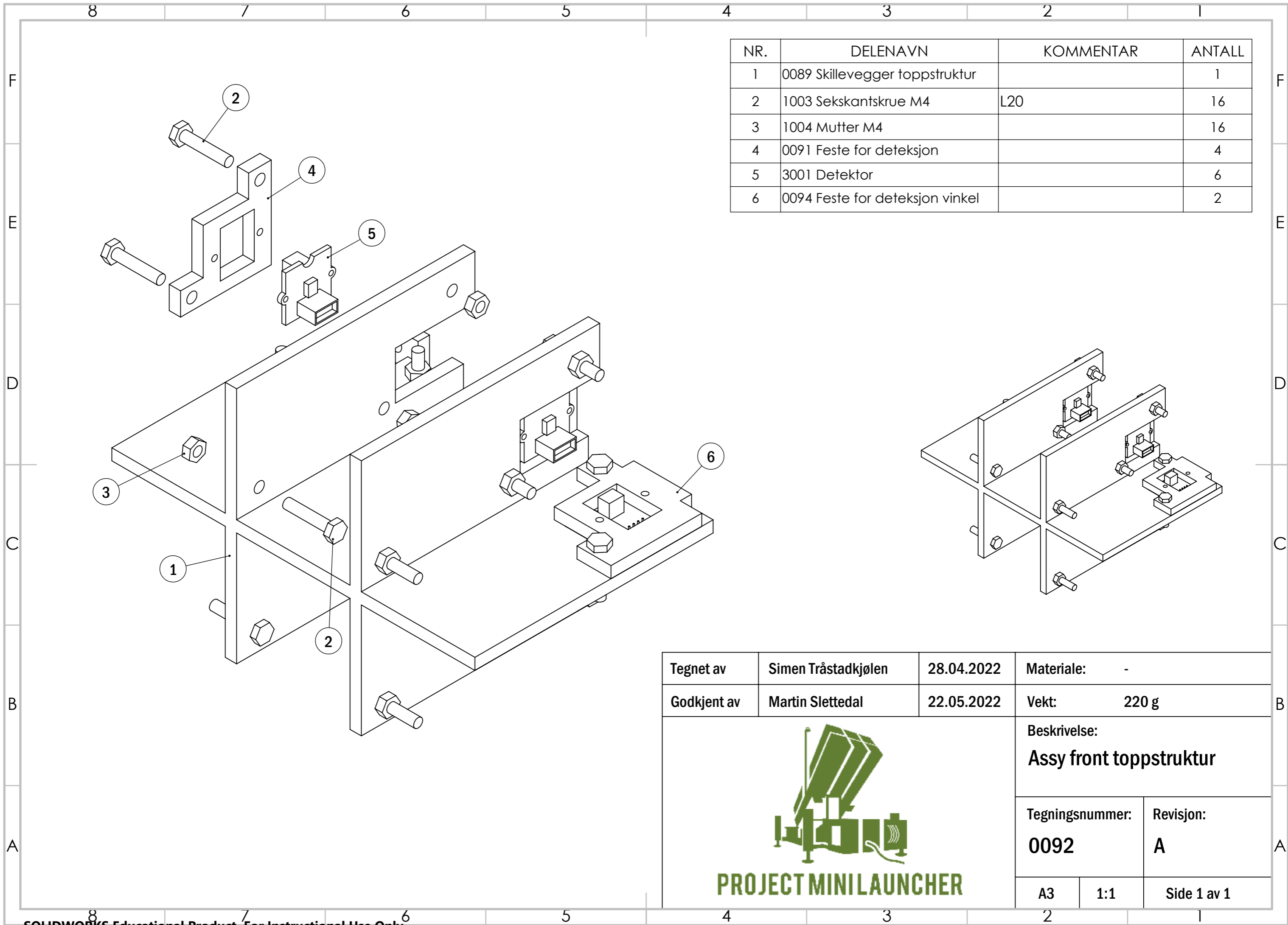


Tegnet av	Simen Tråstadkjølen	17.05.2022	Materiale:	-
Godkjent av	Martin Slettedal	22.05.2022	Vekt:	3 500 g
			Beskrivelse:	
			Assy toppstruktur	
			Tegningsnummer:	Revisjon:
	0069	A		
A3	1:2	Side 2 av 2		



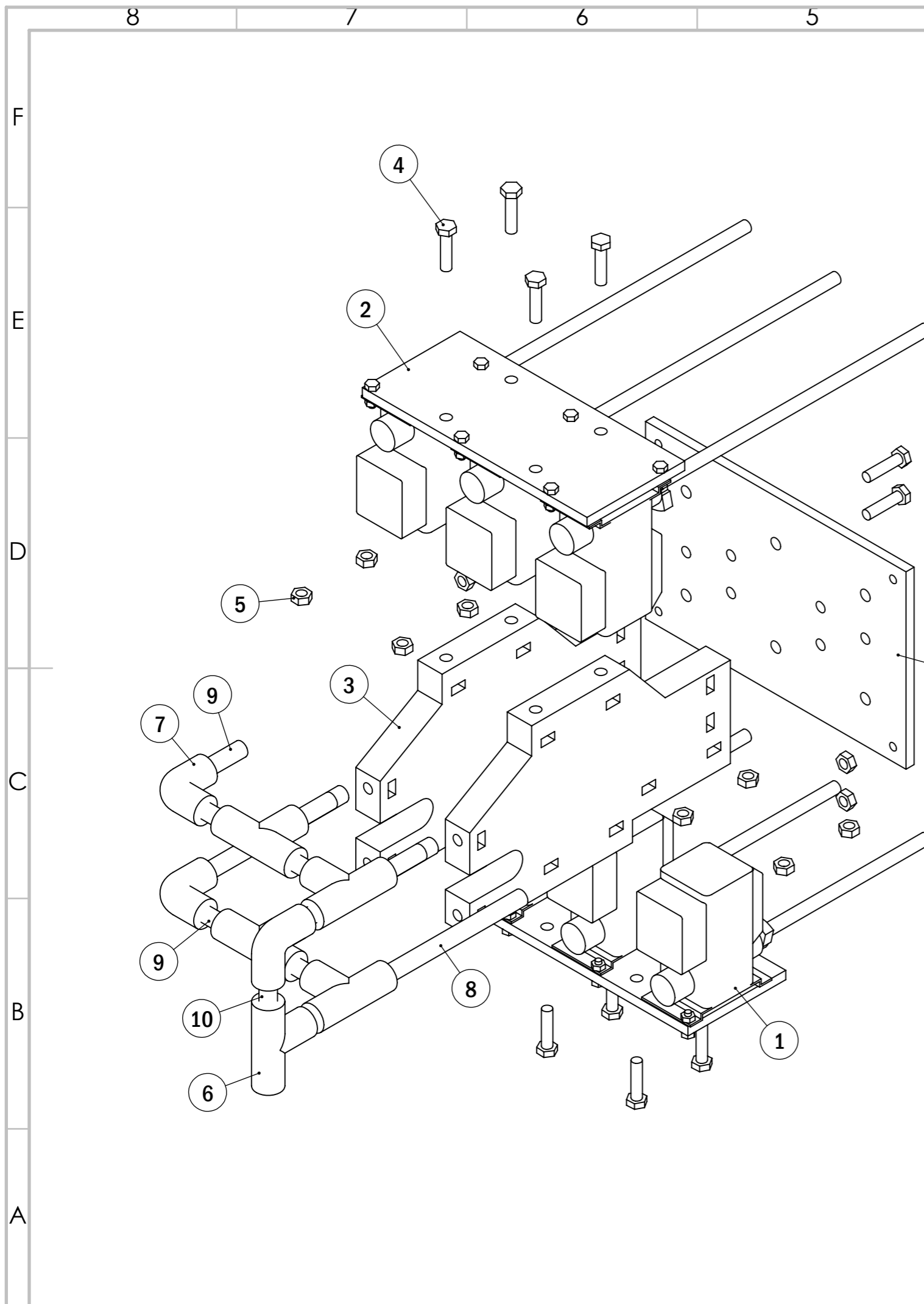
NR.	DELENAVN	KOMMENTAR	ANTALL
1	0079 Frontdeksel		1
2	0080 Feste for frontdeksel		4
3	0081 Feste for låsing av frontdeksel		1
4	1003 Sekskantskrue M4	L40	8
5	1003 Sekskantskrue M4	L20	2
6	1004 Mutter M4		10
7	1001 Sekskantskrue M6	L30	1
8	1002 Mutter M6		1

Tegnet av	Simen Tråstadkjølen	13.05.2022	Materiale:	-
Godkjent av	Martin Slettedal	22.05.2022	Vekt:	150 g
 PROJECT MINILAUNCHER			Beskrivelse:	
			Assy frontdeksel	
			Tegningsnummer:	Revisjon:
	0096	A		
A3	1:1	Side 1 av 1		

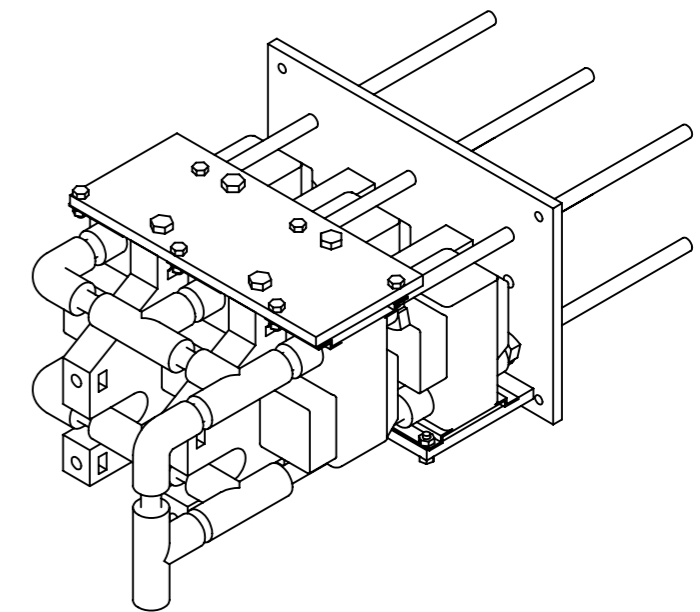


NR.	DELENAVN	KOMMENTAR	ANTALL
1	0089 Skillevegger toppstruktur		1
2	1003 Sekskantskrue M4	L20	16
3	1004 Mutter M4		16
4	0091 Feste for deteksjon		4
5	3001 Detektor		6
6	0094 Feste for deteksjon vinkel		2

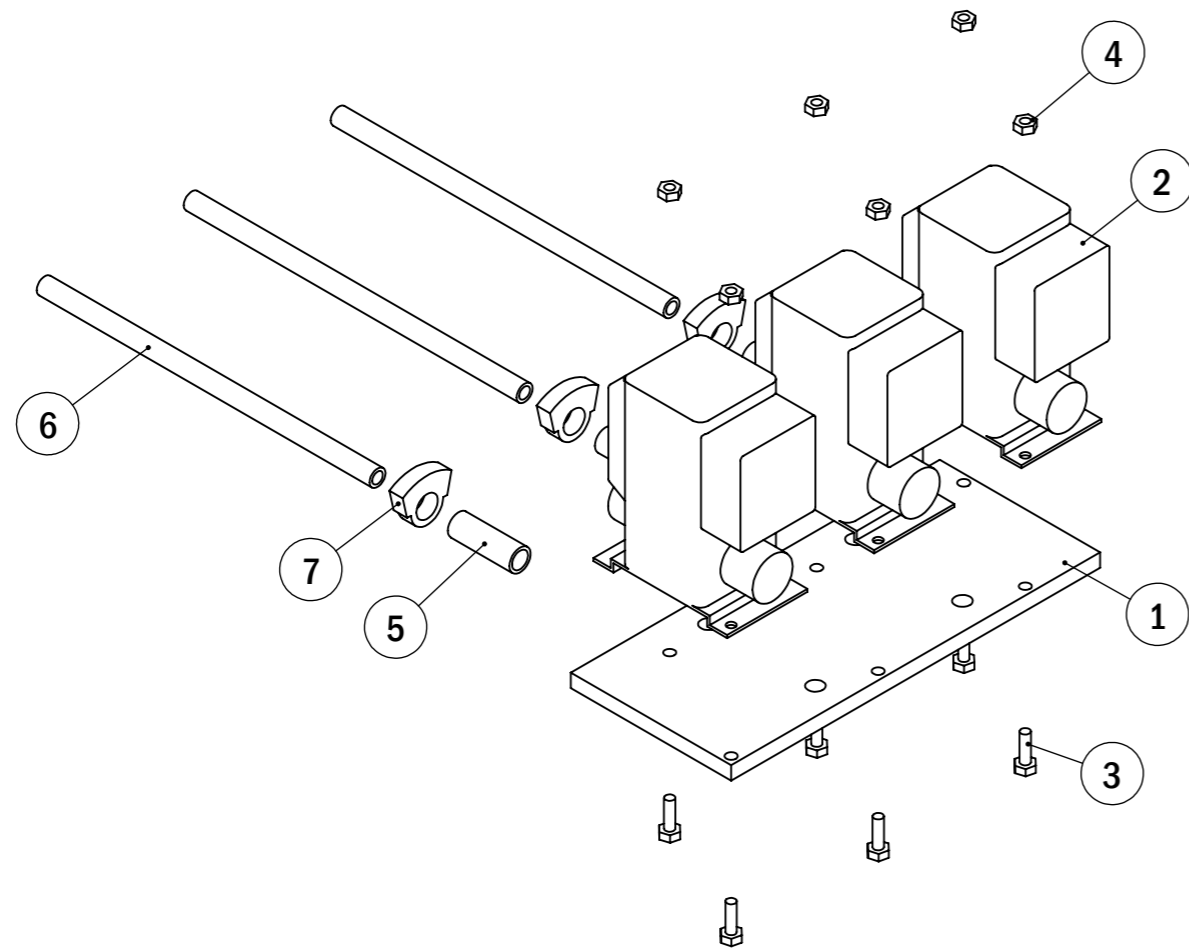
Tegnet av	Simen Tråstadkjølen	28.04.2022	Materiale:	-
Godkjent av	Martin Slettedal	22.05.2022	Vekt:	220 g
 PROJECT MINILAUNCHER			Beskrivelse:	
			Assy front toppstruktur	
Tegningsnummer:		Revisjon:		
0092		A		
A3	1:1	Side 1 av 1		



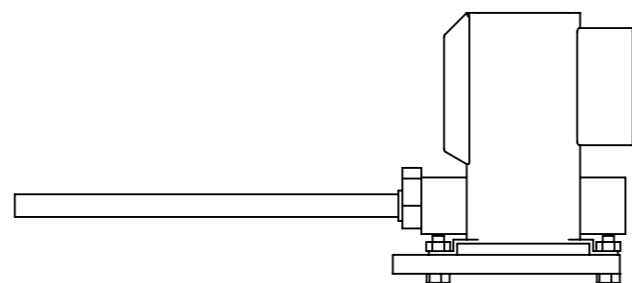
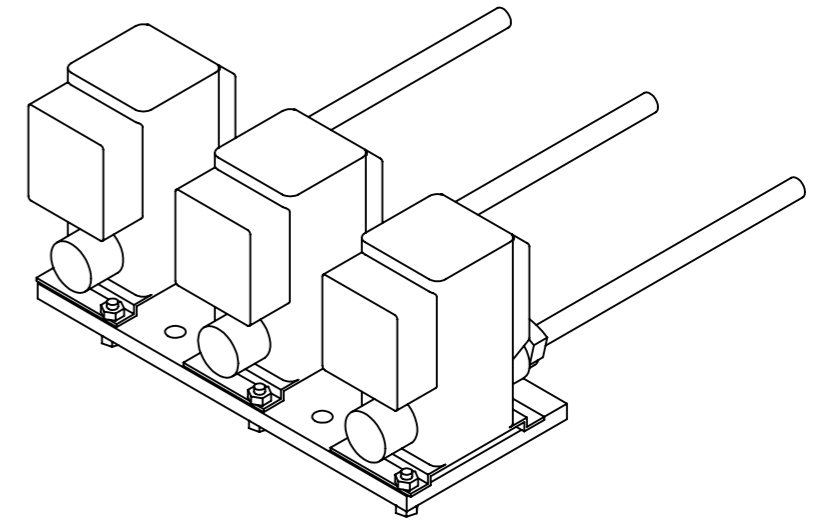
NR.	DELENAVN	KOMMENTAR	ANTALL
1	0067 Assy ventilplate	Med avfyrringsrør L124,5	1
2	0067 Assy ventilplate	Med avfyrringsrør L186,5	1
3	0047 Bærebjelke toppstruktur		2
4	1005 Sekskantskrue M5	L20	12
5	1006 Mutter M5		12
6	2001 8mm t-stykke		5
7	2003 8mm bend		3
8	2005 Slange 8mm	L100	3
9	2005 Slange 8mm	L38	6
10	2005 Slange 8mm	L42	4
11	0048 Frontplate toppstruktur		1



Tegnet av	Simen Tråstadkjølen	27.04.2022	Materiale:	-
Godkjent av	Martin Slettedal	22.05.2022	Vekt:	1 900 g
			Beskrivelse:	
			Assy avfyrringsmekanisme	
Tegningsnummer:		Revisjon:		
0068		A		
A3	1:2	Side 1 av 1		

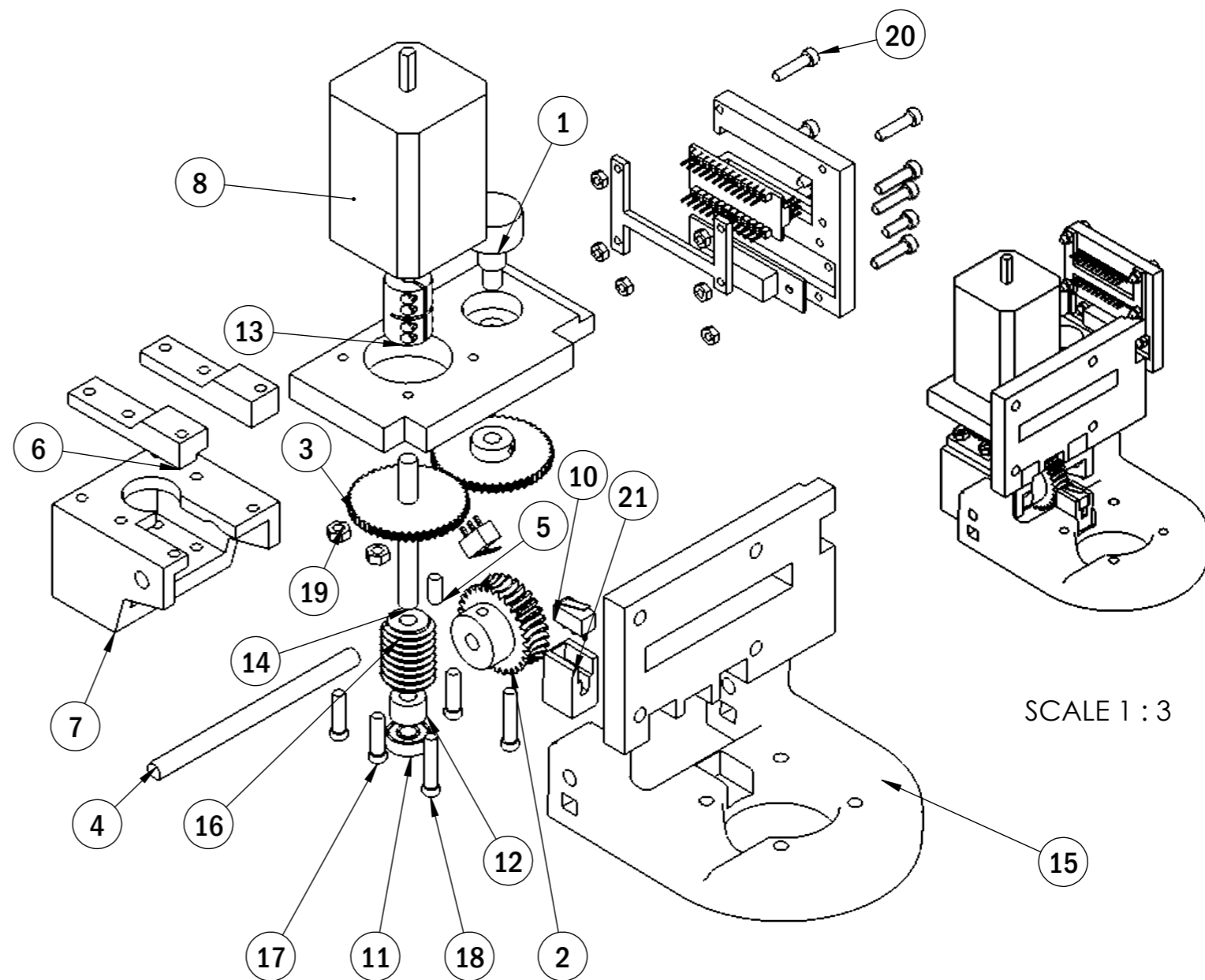


NR.	DELENAVN	KOMMENTAR	ANTALL
1	0040 Ventilplate		1
2	0006 Magnetventil	SMC VX210MG	3
3	1009 Sekskantskrue M3	L10	6
4	1010 Mutter M3		6
5	2005 Slange 8mm	L23	3
6	0042 Avfyringsrør	OD6 ID4 L124,5	3
7	2006 Slangeklemme	Snap Grip Hose Clamp 6.5 → 8.1mm	3

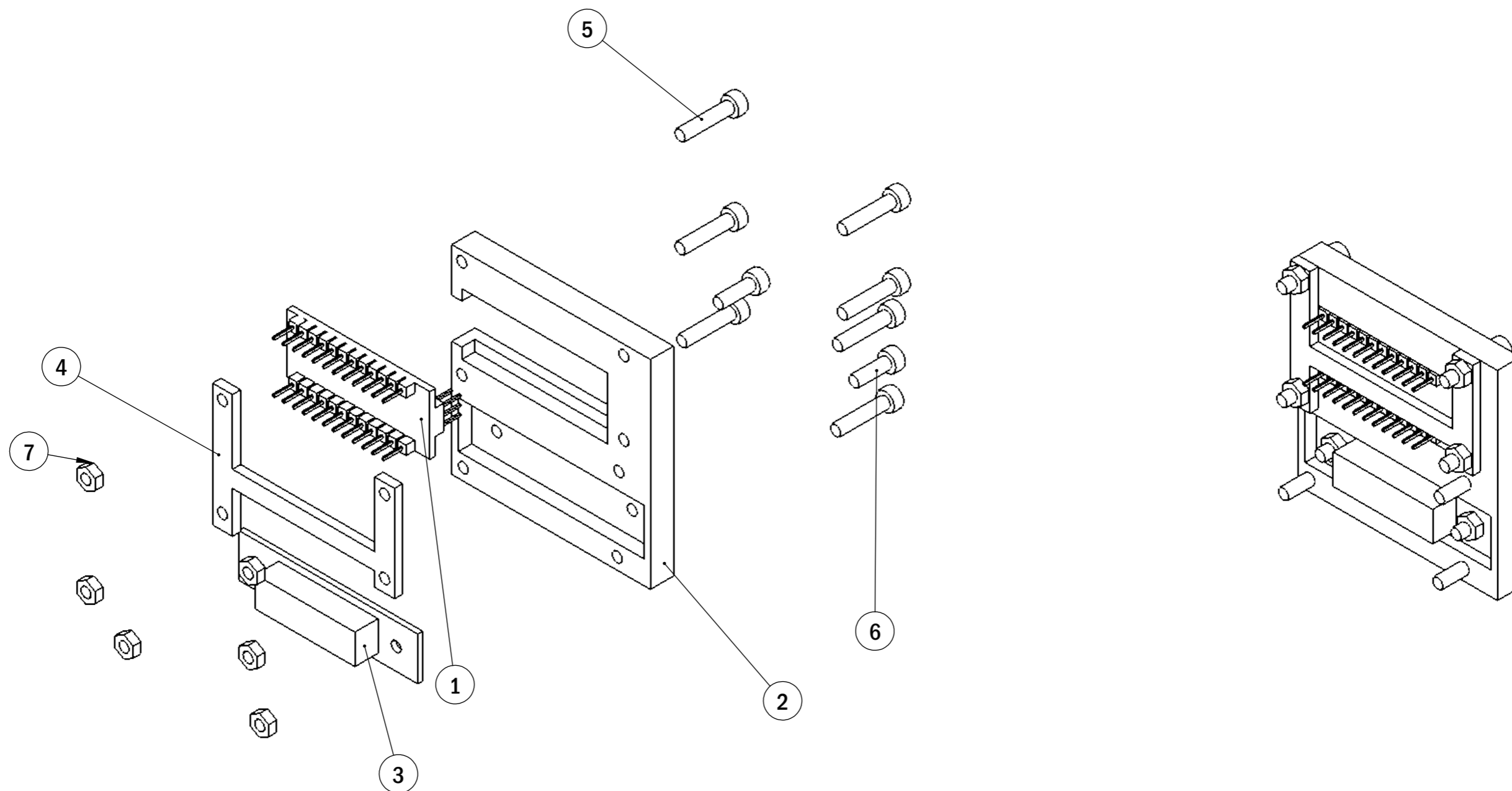


Tegnet av	Simen Tråstadkjølen	26.04.2022	Materiale:	-
Godkjent av	Martin Slettedal	22.05.2022	Vekt:	790 g
 PROJECT MINILAUNCHER			Beskrivelse:	
			Assy ventilplate	
Tegningsnummer:		Revisjon:		
0067		A		
A3	1:2	Side 1 av 1		

NR.	BESKRIVELSE	KOMMENTAR	ANTALL
1	0054 Rotasjonsenkoder rund		1
2	0060 Tannhjul_30tenner_elevasjon		1
3	0071 Spur Gear_Elevasjon		2
4	0072 6mm_aksel_snekkehjul		1
5	1011 settskrue 8 mm		1
6	0083 Assy Brakett elevasjonsmotor toppstruktur.SLDPRT		1
7	0099 bukk topp		1
8	0169 Steppermotor Elevasjon Stor		1
9	0173 Settskrue rotasjonsenkoder		1
10	0167 Mikrobryter		2
11	0100 Kulelager elevasjon		1
12	1013 Shaft collar 6 mm Bore 12 mm OD		1
13	0057 Shaft Collar One Piece 20mm W		1
14	0066 6mm aksel snekkeskrue		1
15	0078 bunn for elevasjon		1
16	0058 Snekkeskruer		1
17	1016 M4 socket screw	L15	4
18	1016 M4 socket screw	L20	2
19	1004 Mutter M4		4
20	0090 Assy Arduino Nano og Kretskort		1
21	0180 Mikrobryterholder		1



Tegnet av	Tobias Nilsen	17.05.2022	Materiale:	Ultimaker PLA
Godkjent av	Simen Tråstadkjølen	22.05.2022	Vekt:	546 g
 PROJECT MINILAUNCHER			Beskrivelse:	
			Assy elevasjon isolert	
Tegningsnummer:		Revisjon:		
0095		A		
A3	1:2	Side 1 av 1		



Pos nr.	Navn	DESCRIPTION	Ant
1	0088 Arduino Nano		1
2	0089 deksel Arduino Nano og Kretskort		1
3	0087 Kretskort		1
4	0170 holder arduino og kretskort		1
5	1018 M3 Socket screw	L20	7
6	1018 M3 Socket screw	L10	2
7	1010 Mutter M3		6

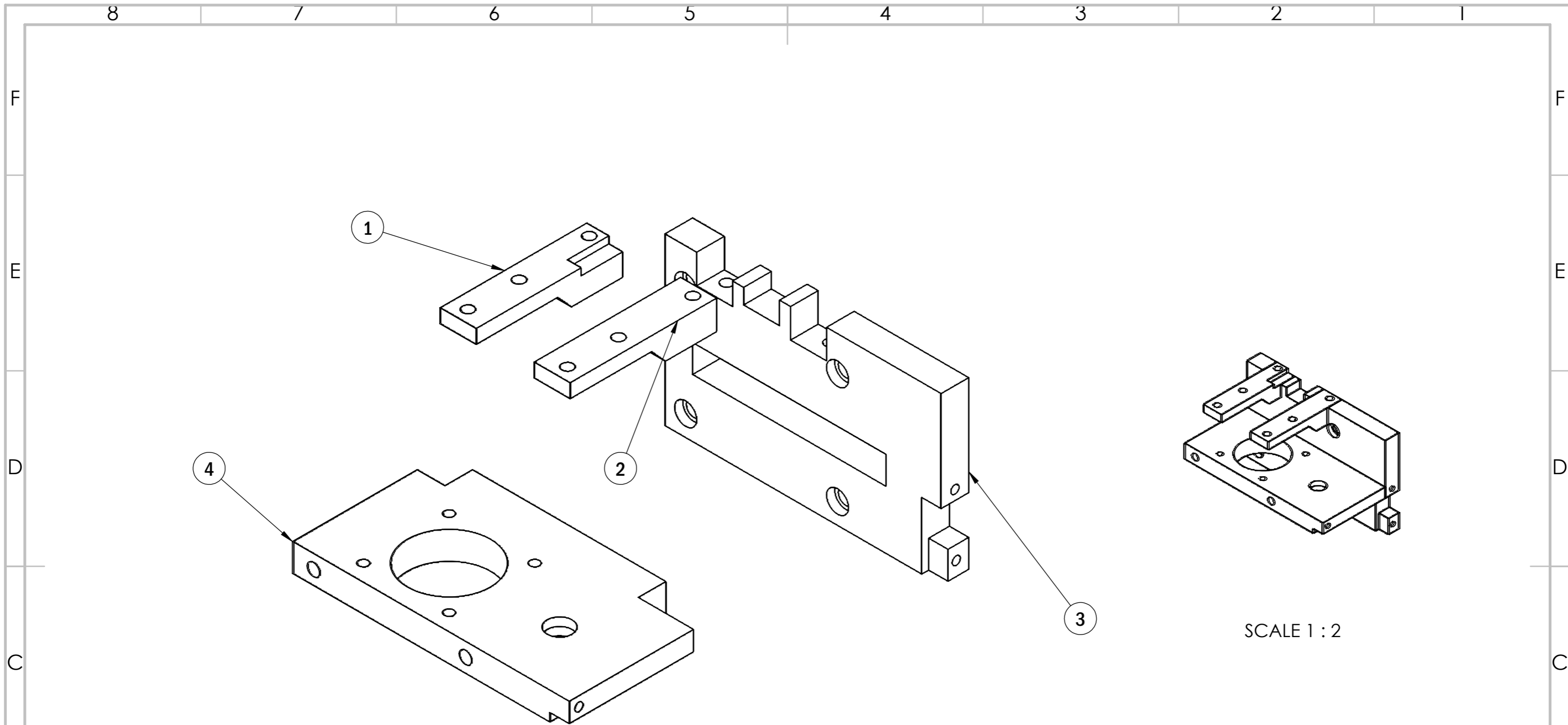
Tegnet av	Tobias Nilsen	11.05.2022	Materiale: Ultimaker PLA
Godkjent av	Simen Tråstadkjølen	22.05.2022	Vekt: 50 g




PROJECT MINILAUNCHER

Beskrivelse:
0090 Assy Arduino og kretskort

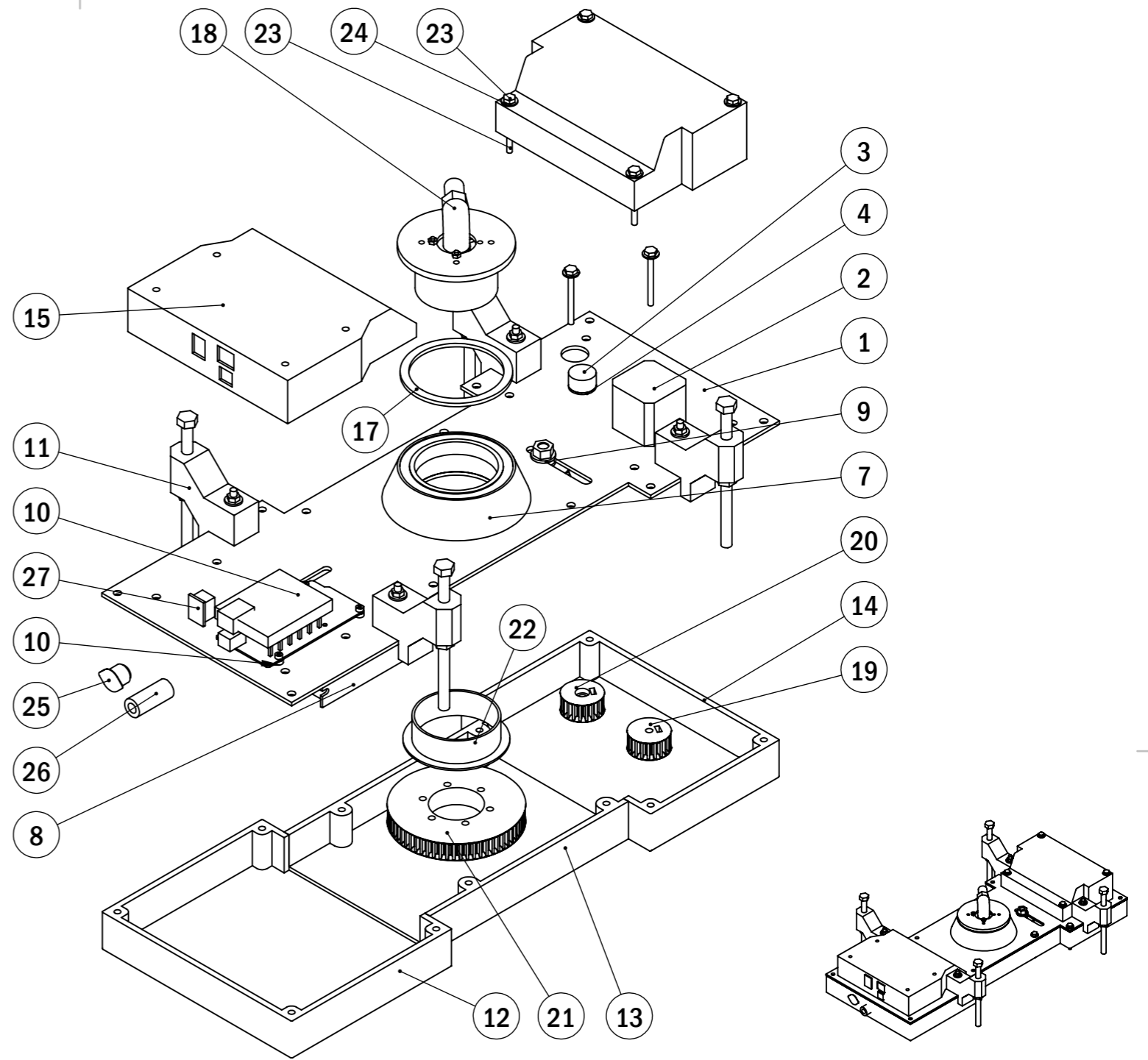
Tegningsnummer: [Nummer]	Revisjon: A
A3	1:2
Side 1 av 2	



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	0076 comf bærebraket for elevasjonsmotor		1
2	0076 comf bærebraket for elevasjonsmotor		1
3	0077 brakett festepunkt toppstruktur		1
4	0082 motor- og enkoderbærer		1

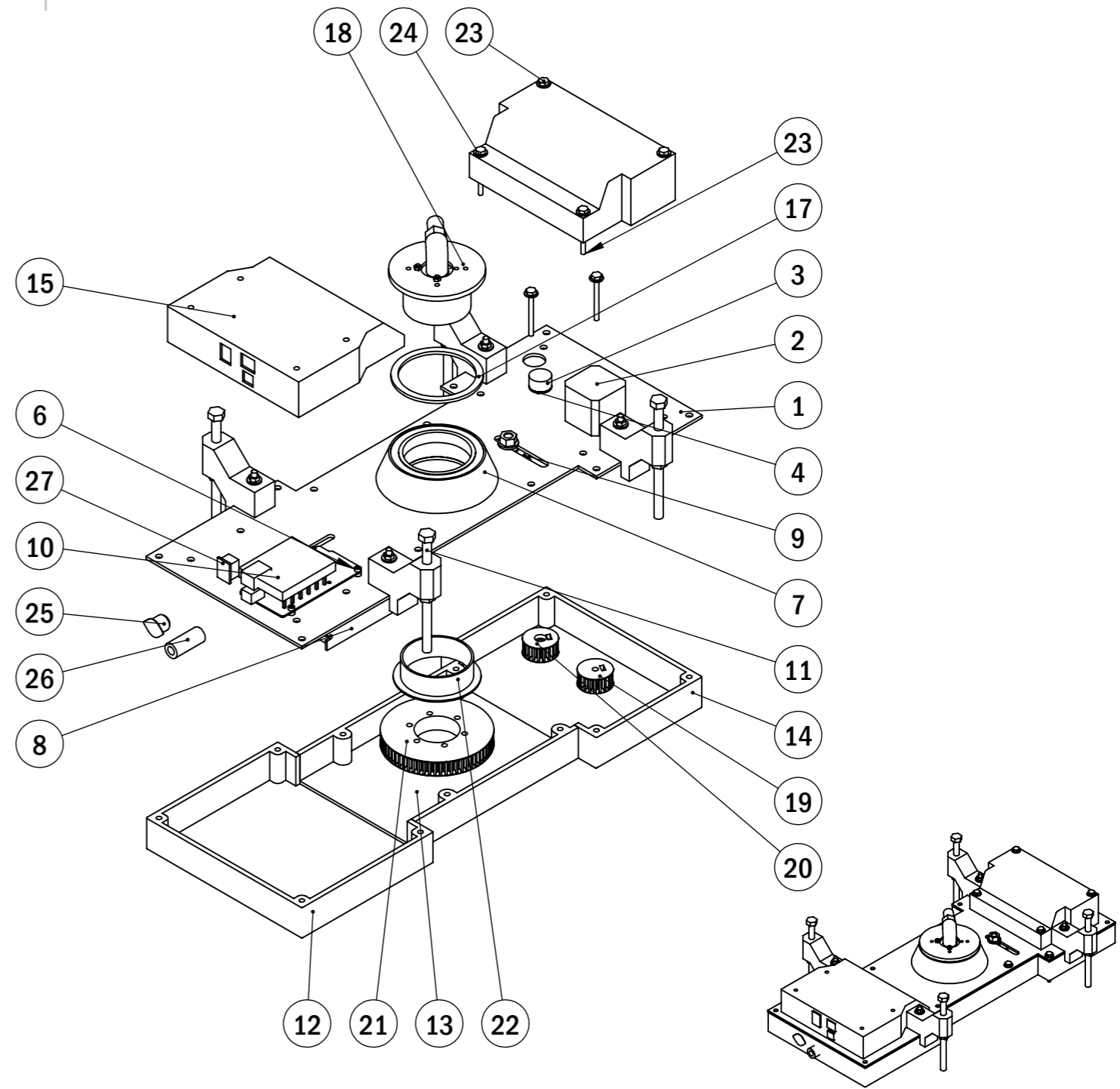
Tegnet av	Tobias Nilsen	19.05.2022	Materiale:	Ultimaker PLA
Godkjent av	Simen Tråstadkjølen	22.05.2022	Vekt:	247 g
			Beskrivelse:	
			Assy Brakett elevasjonsmotor toppstruktur	
			Tegningsnummer:	Revisjon:
	0083	A		
A3	1:1	Side 1 av 2		

NR.	DELENAVN	KOMMENTAR	ANTALL
1	0102 Bunnplate		1
2	0065 Stepper Motor_elevasjon_litenaksel		1
3	0120 Rotasjonsenkoder		1
4	1023 Skive M10		1
5	0108 M9-mutter til rotenkoder		1
6	1018 M3 Socket screw		17
7	0104 Rotasjonbase		1
8	0169 Motorkontroller Stor		2
9	0134 Assy Strammehjul		1
10	0135 Assy Arduino_Ethernet		1
11	0179 Assy beinsammenstilling		4
12	0113 Fremre bunndeksel		1
13	0114 Midtre bunndeksel		1
14	0115 Bakre bunndeksel		1
15	0116 Fremre kasse		1
16	0117 Bakre kasse		1
17	0106 Glideskive		1
18	0133 Assy roterende kobling		1
19	0151 Reimskive_Motor_Liten		1
20	0152 Reimskive_Rotenkoder_Liten		1
21	0153 Reimskive_Toppstruktur_Stor		1
22	0105 Bøssing med flens		1
23	1024 Skruer M4		6
24	1025 skive M4		6
25	0176 Din-plugg		1
26	0130 Luftkobling skruer M15		1
27	0129 Elektrisk bryter		1

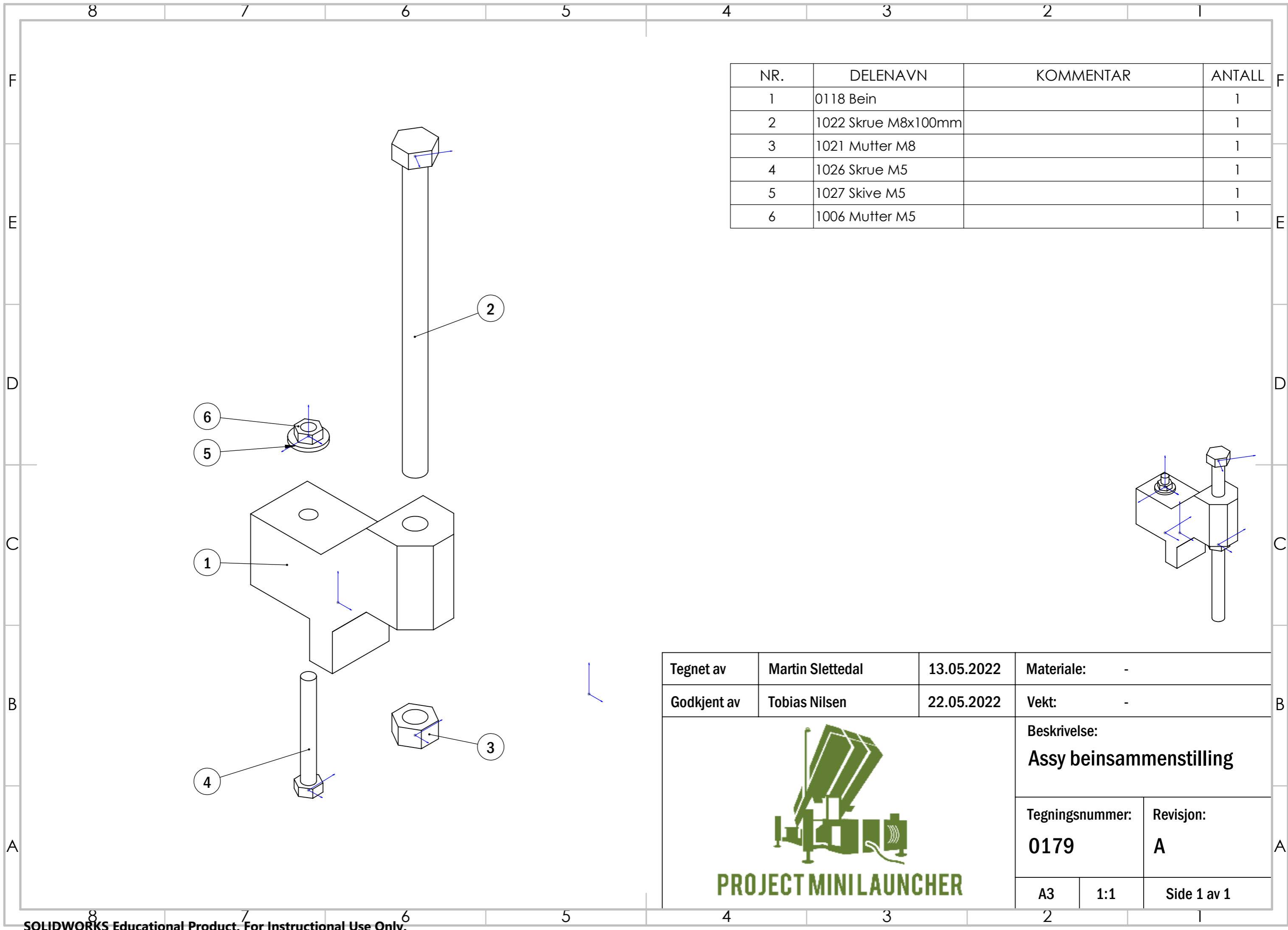


Tegnet av	Martin Slettedal	13.05.2022	Materiale:	-
Godkjent av	[Tobias Nilsen]	22.05.2022	Vekt:	-
			Beskrivelse:	
			Assy bunnstruktur	
			Tegningsnummer:	Revisjon:
0132		A		
A3	1:4	Side 1 av 1		

NR.	DELENAVN	KOMMENTAR	ANTALL
1	0102 Bunnplate		1
2	0065 Stepper Motor_elevasjon_liten		1
3	0120 Rotasjonsenkoder		1
4	1023 Skive M10		1
5	0108 M9-mutter til rotenkoder		1
6	1018 M3 Socket screw		17
7	0104 Rotasjonbase		1
8	0169 Motorkontroller Stor		2
9	0134 Assy Strammehjul		1
10	0135 Assy Arduino_Ethernet		1
11	0179 Assy beinsammenstilling		4
12	0113 Fremre bunndeksel		1
13	0114 Midtre bunndeksel		1
14	0115 Bakre bunndeksel		1
15	0116 Fremre kasse		1
16	0117 Bakre kasse		1
17	0106 Glideskive		1
18	0133 Assy roterende kobling		1
19	0151 Reimskive_Motor_Liten		1
20	0152 Reimskive_Rotenkoder_Liten		1
21	0153 Reimskive_Toppstruktur_Stor		1
22	0105 Bøssing med flens		1
23	1024 Skruer M4		6
24	1025 skive M4		6
25	0176 Din-plugg		1
26	0130 Luftkobling skrue M15		1
27	0129 Elektrisk bryter		1

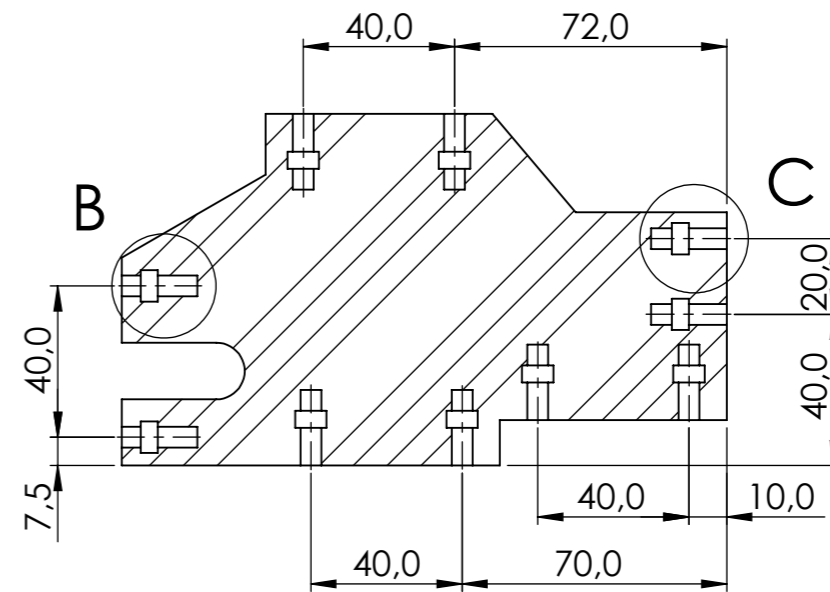
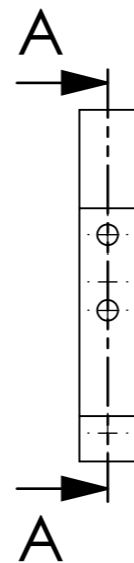
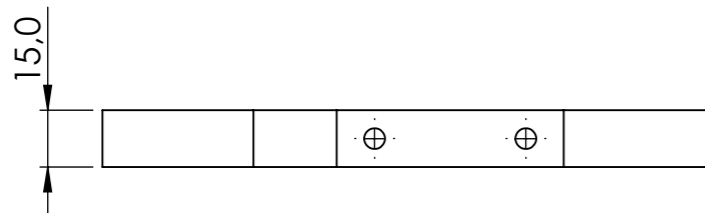
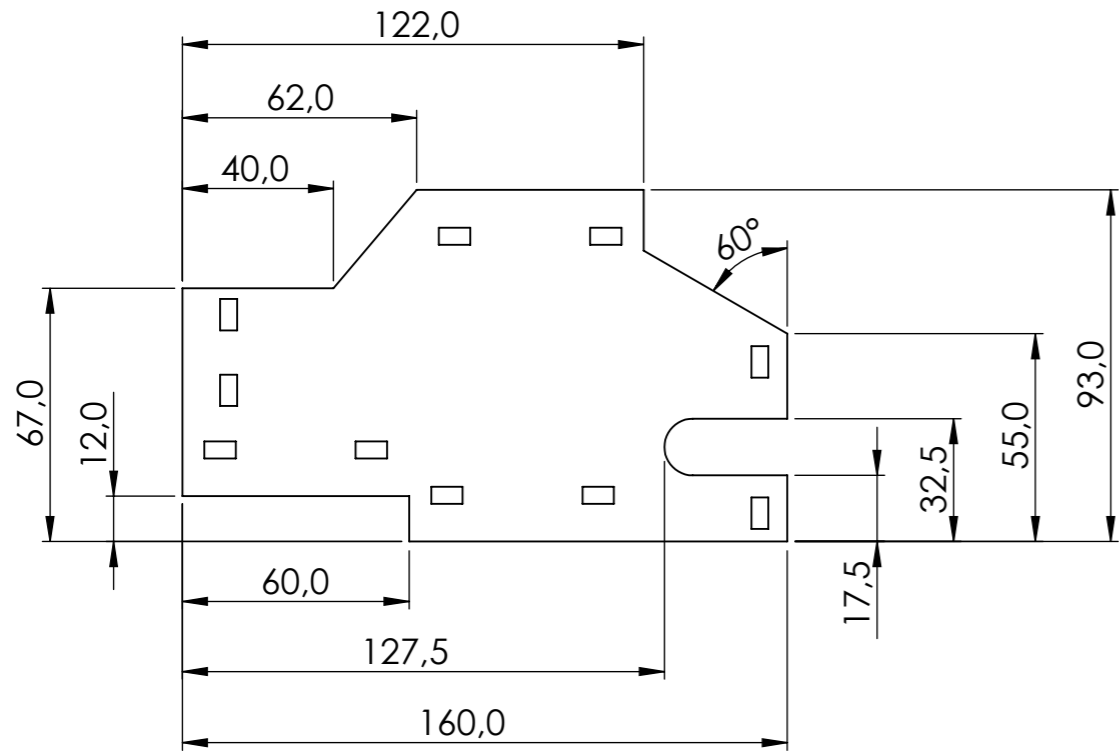


Tegnet av	Martin Slettedal	13.05.2022	Materiale:	-
Godkjent av	Tobias Nilsen	22.05.2022	Vekt:	-
 PROJECT MINILAUNCHER			Beskrivelse:	
			Assy bunnplate	
Tegningsnummer:		Revisjon:		
0178		A		
A3	1:2,5	Side 1 av 1		

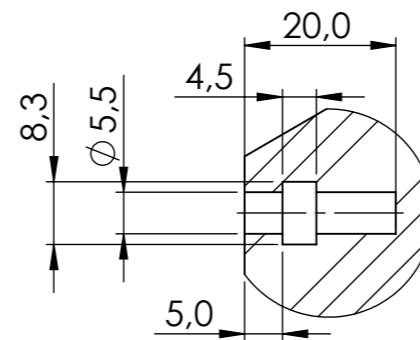


NR.	DELENAVN	KOMMENTAR	ANTALL
1	0118 Bein		1
2	1022 Skruer M8x100mm		1
3	1021 Mutter M8		1
4	1026 Skruer M5		1
5	1027 Skive M5		1
6	1006 Mutter M5		1

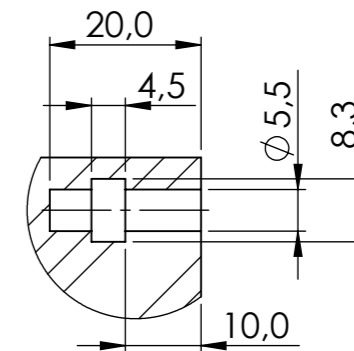
Tegnet av	Martin Slettedal	13.05.2022	Materiale:	-
Godkjent av	Tobias Nilsen	22.05.2022	Vekt:	-
			Beskrivelse:	
			Assy beinsammenstilling	
Tegningsnummer:		Revisjon:		
0179		A		
A3	1:1	Side 1 av 1		



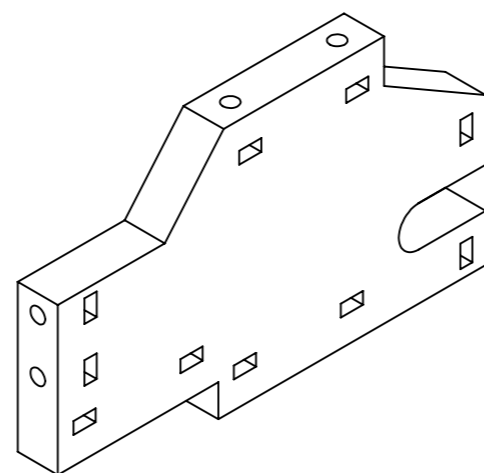
SECTION A-A



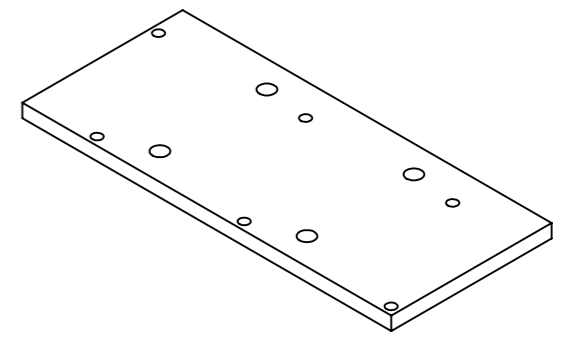
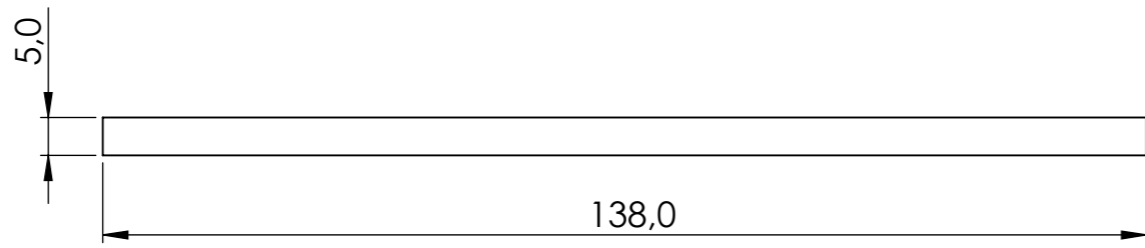
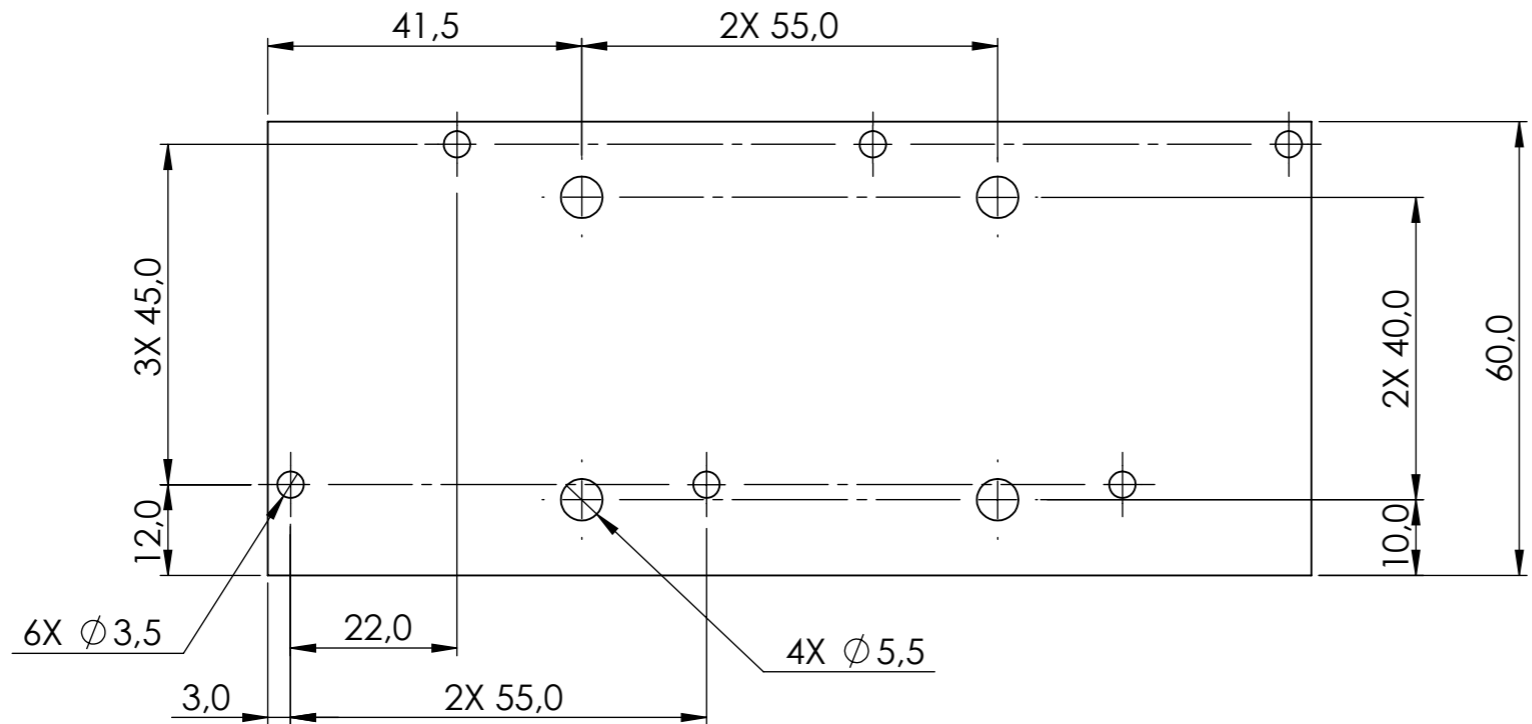
DETAIL B
SCALE 1 : 1
(2 steder)



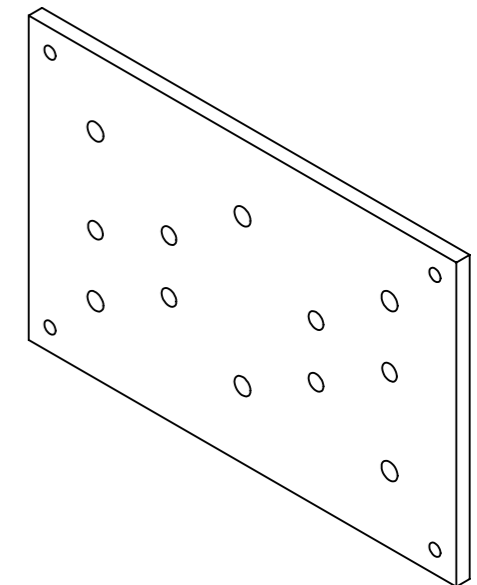
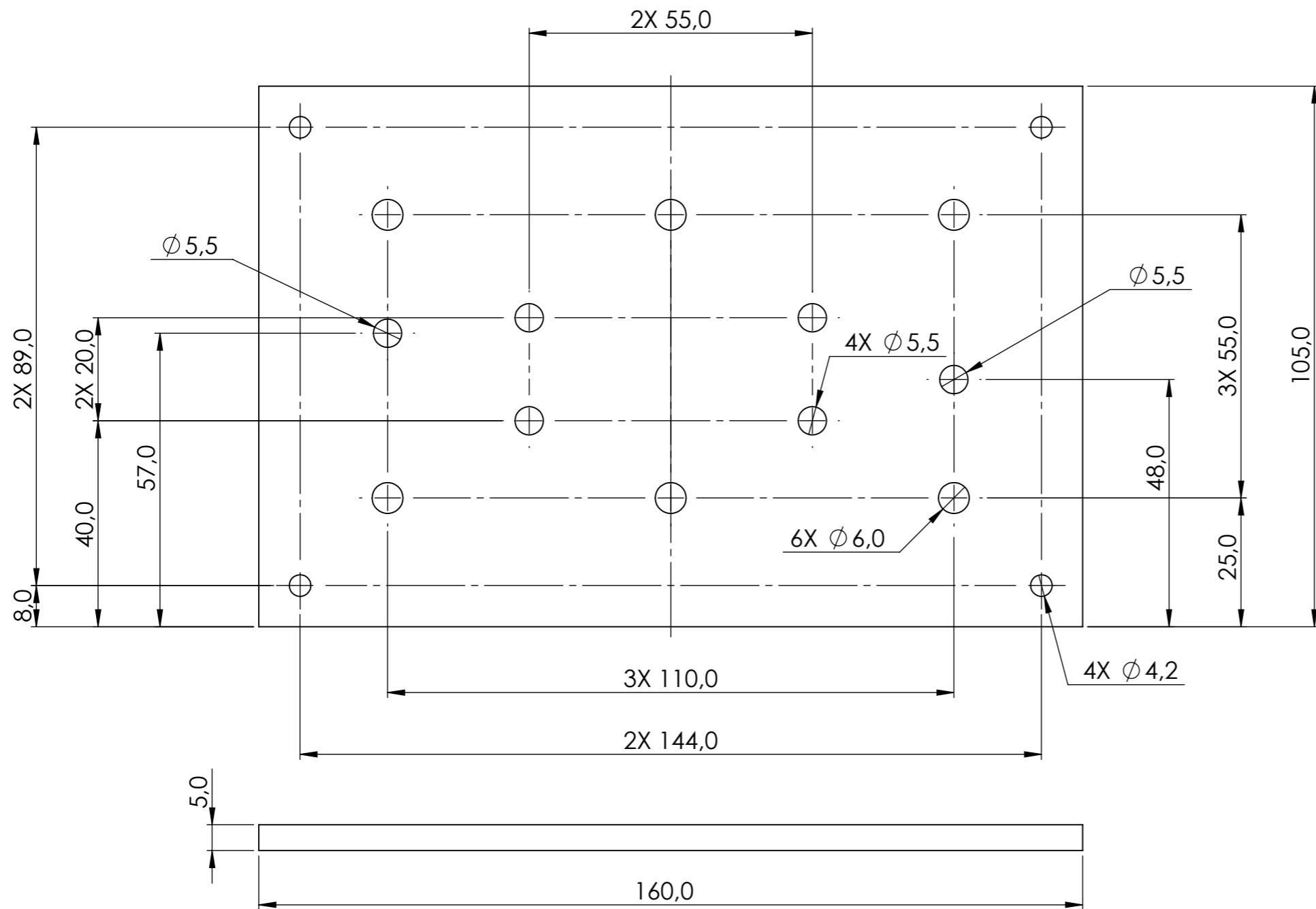
DETAIL C
SCALE 1 : 1
(8 steder)



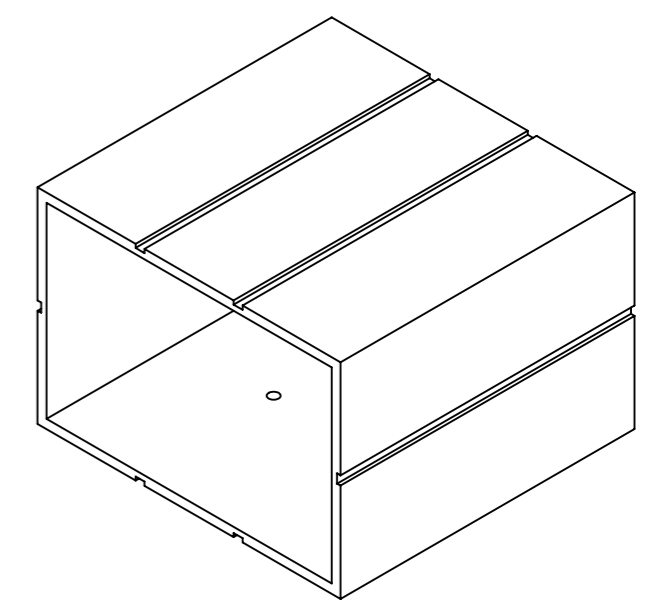
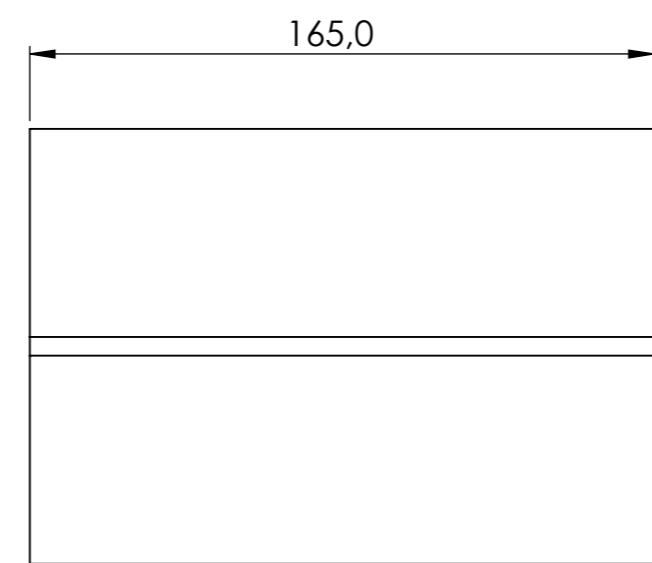
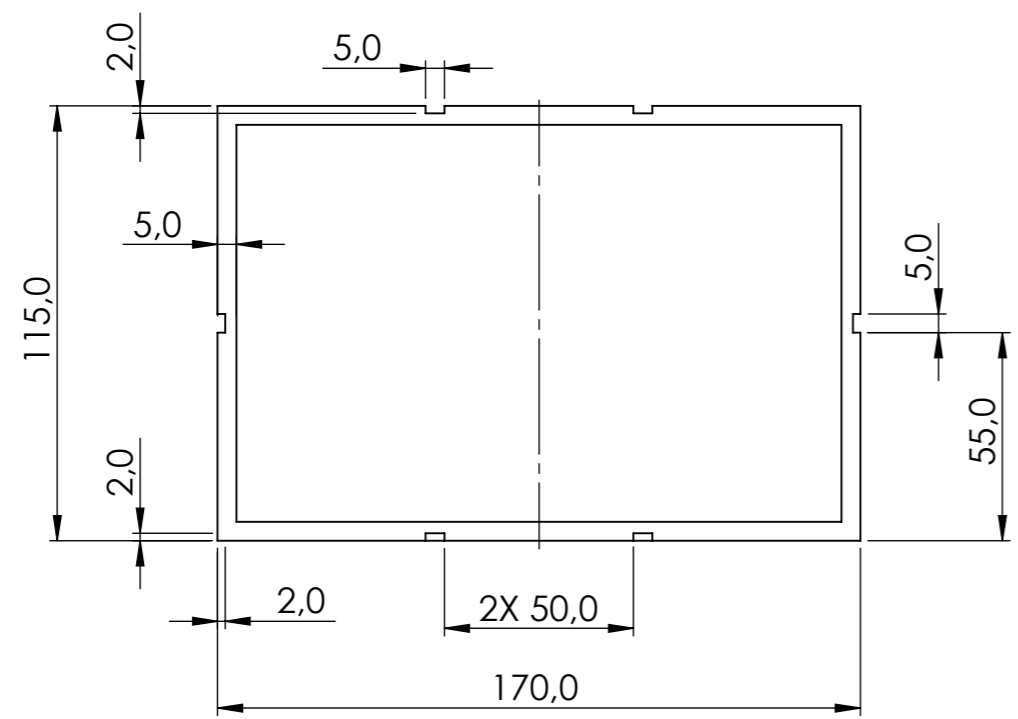
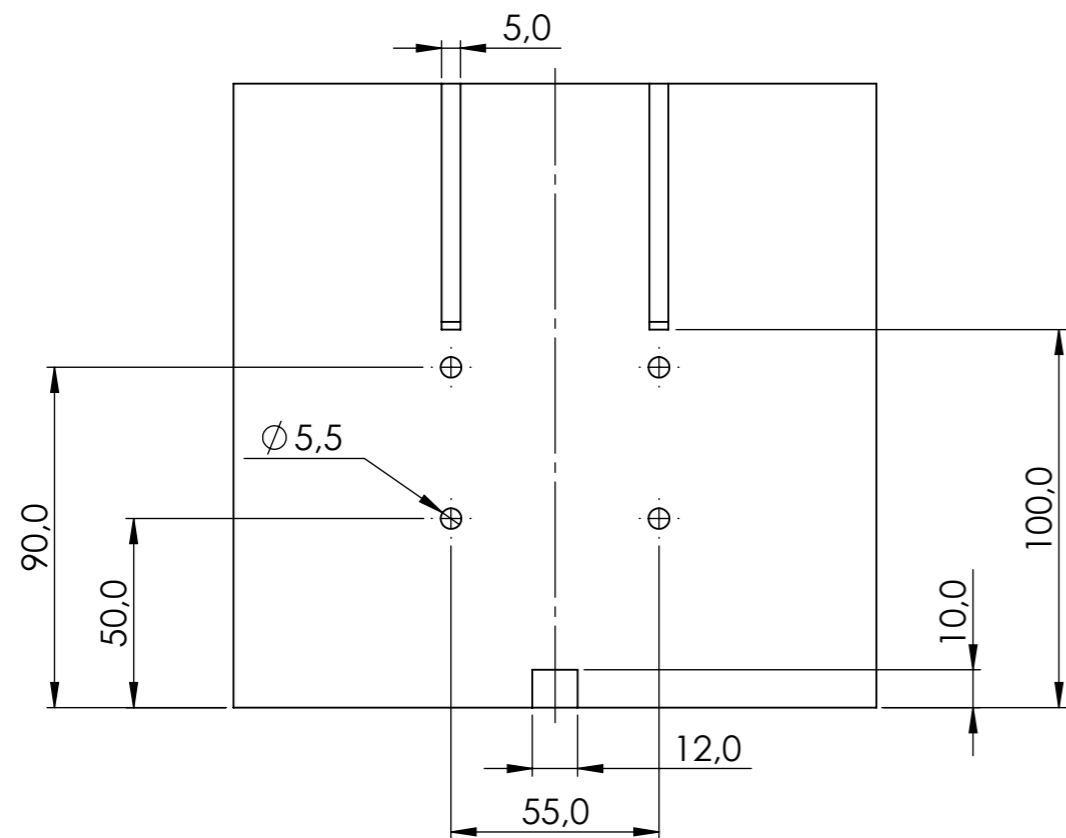
Tegnet av	Simen Tråstadkjølen	27.04.2022	Materiale:	Ultimaker PLA
Godkjent av	Martin Slettedal	22.05.2022	Vekt:	80 g
			Beskrivelse:	
			Bærebjelke toppstruktur	
			Tegningsnummer:	Revisjon:
0047		A		
A3	1:2	Side 1 av 1		




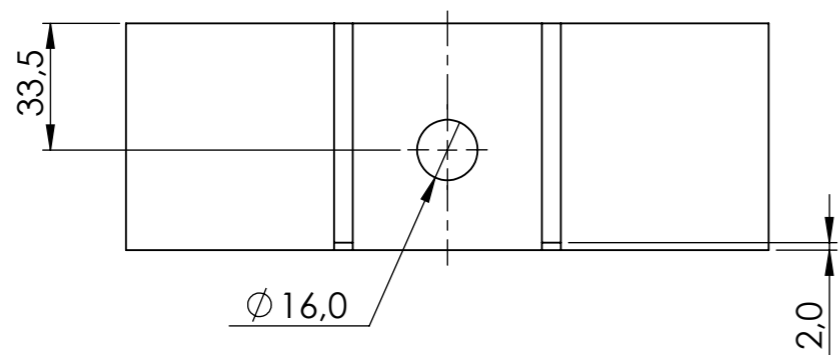
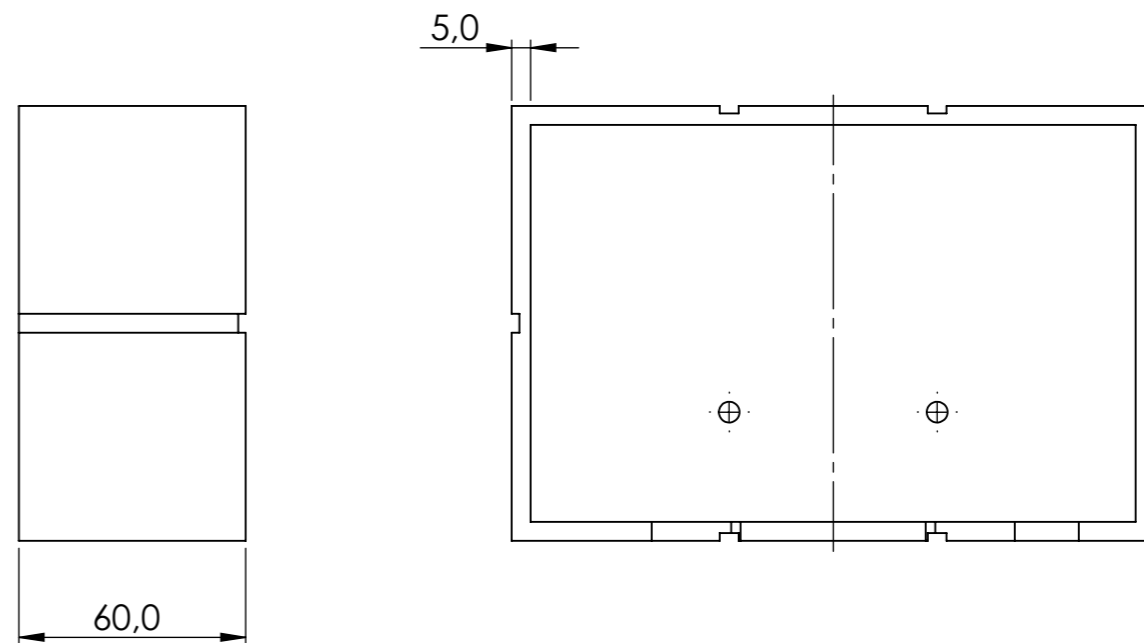
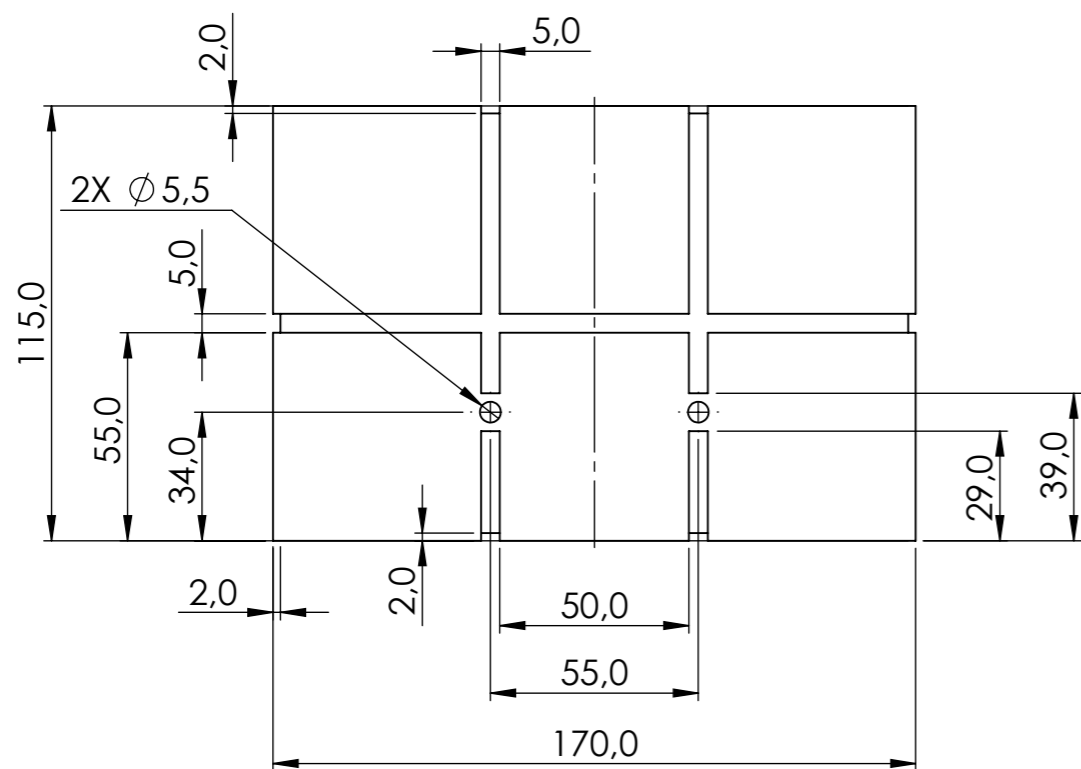
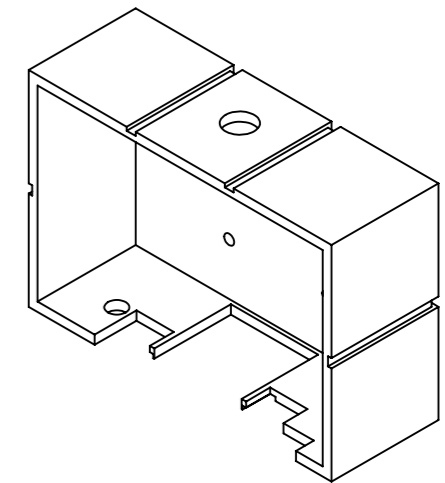
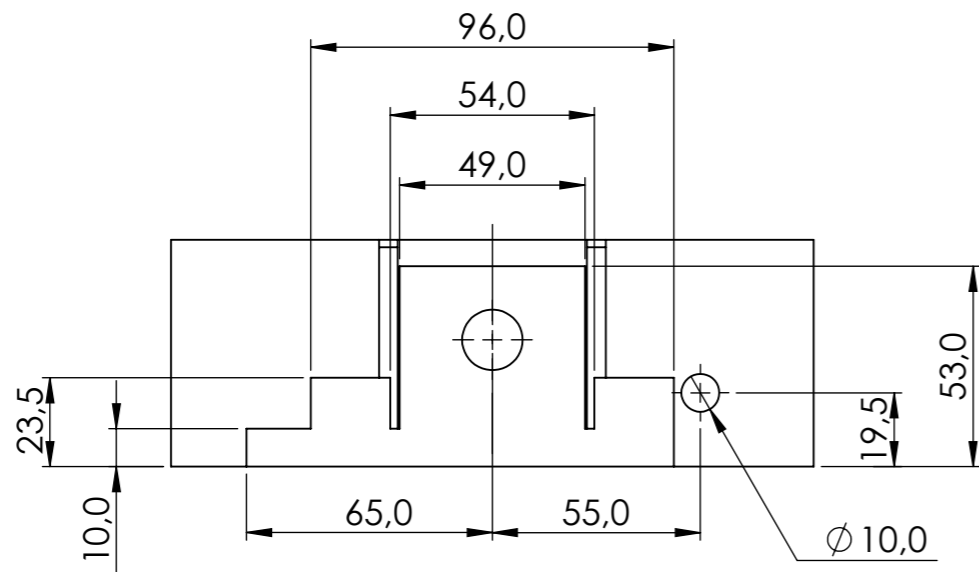
Tegnet av	Simen Tråstadkjølen	26.04.2022	Materiale:	Ultimaker PLA
Godkjent av	Martin Slettedal	22.05.2022	Vekt:	30 g
			Beskrivelse:	
			Ventilplate	
			Tegningsnummer:	Revisjon:
0040		A		
A3	1:1	Side 1 av 1		




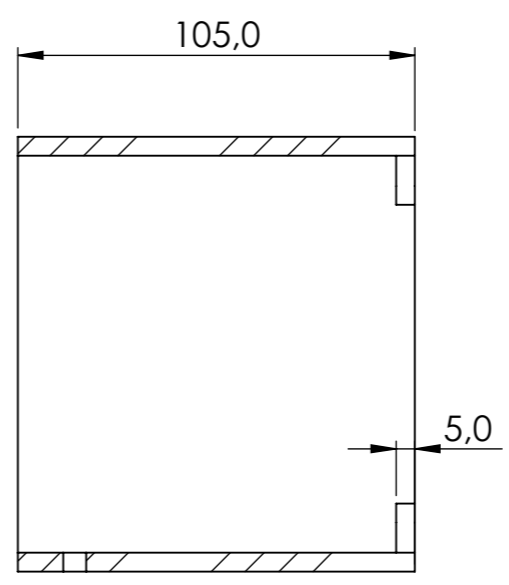
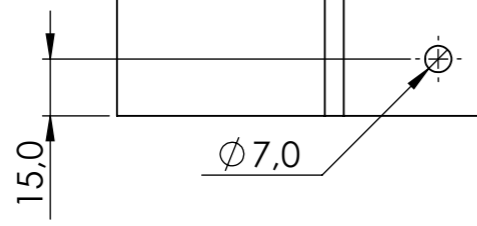
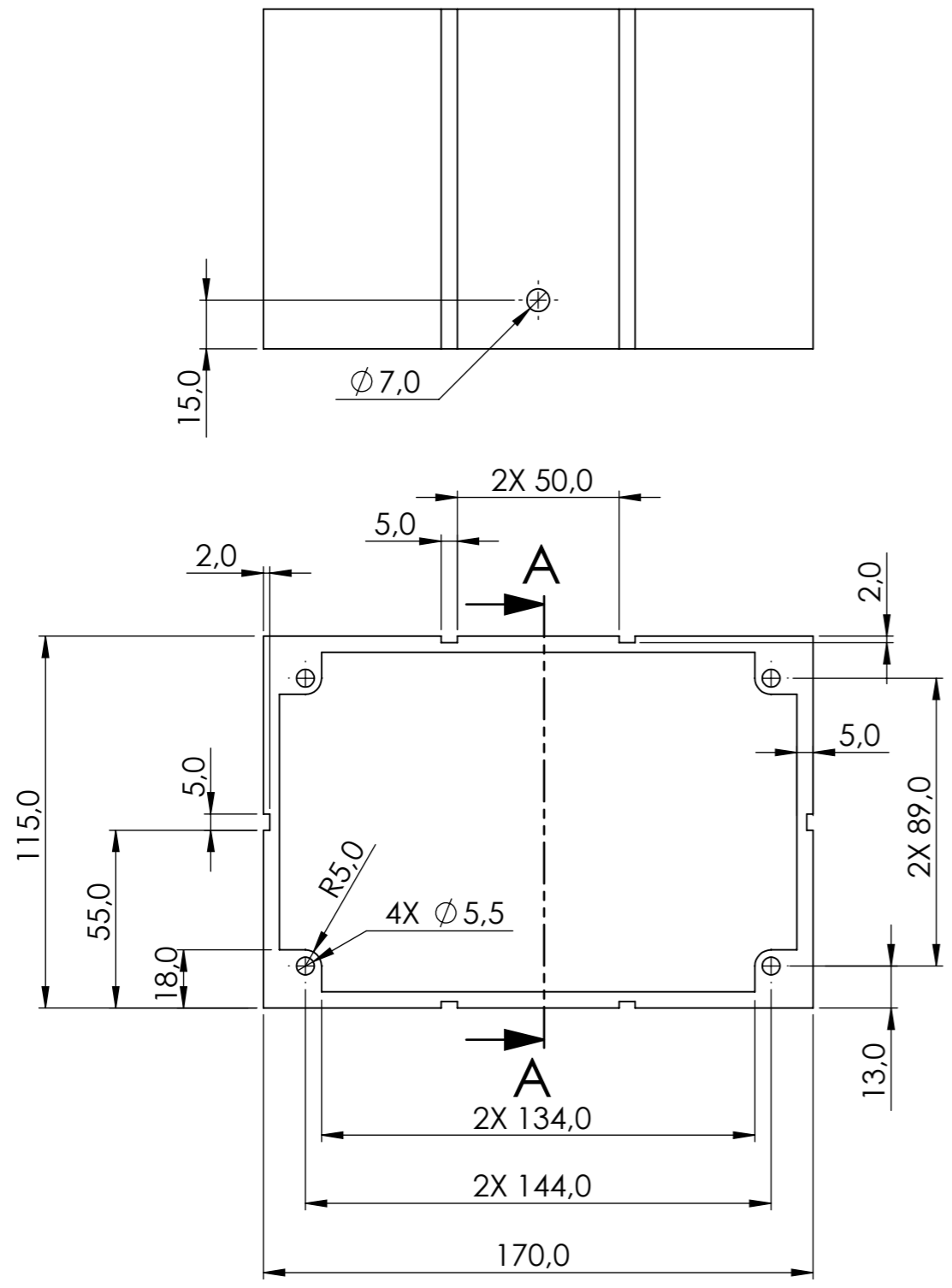
Tegnet av	Simen Tråstadkjølen	26.04.2022	Materiale:	Ultimaker PLA
Godkjent av	Martin Slettedal	22.05.2022	Vekt:	60 g
			Beskrivelse:	
			Frontplate toppstruktur	
			Tegningsnummer:	Revisjon:
0048		A		
A3	1:1	Side 1 av 1		



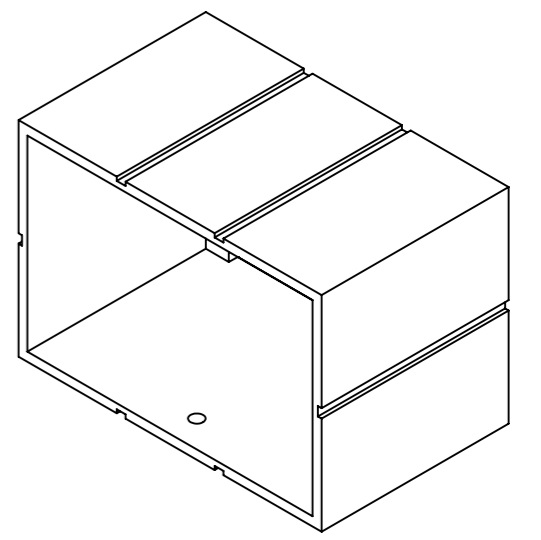
Tegnet av	Simen Tråstadkjølen	13.05.2022	Materiale:	Ultimaker PLA
Godkjent av	Martin Slettedal	22.05.2022	Vekt:	320 g
			Beskrivelse:	
			Kasse toppstruktur midt	
			Tegningsnummer:	Revisjon:
0051		A		
A3	1:2	Side 1 av 1		




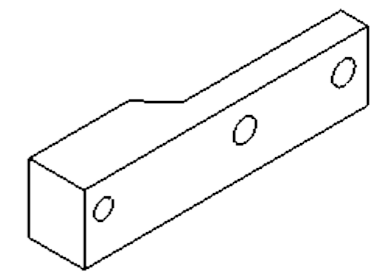
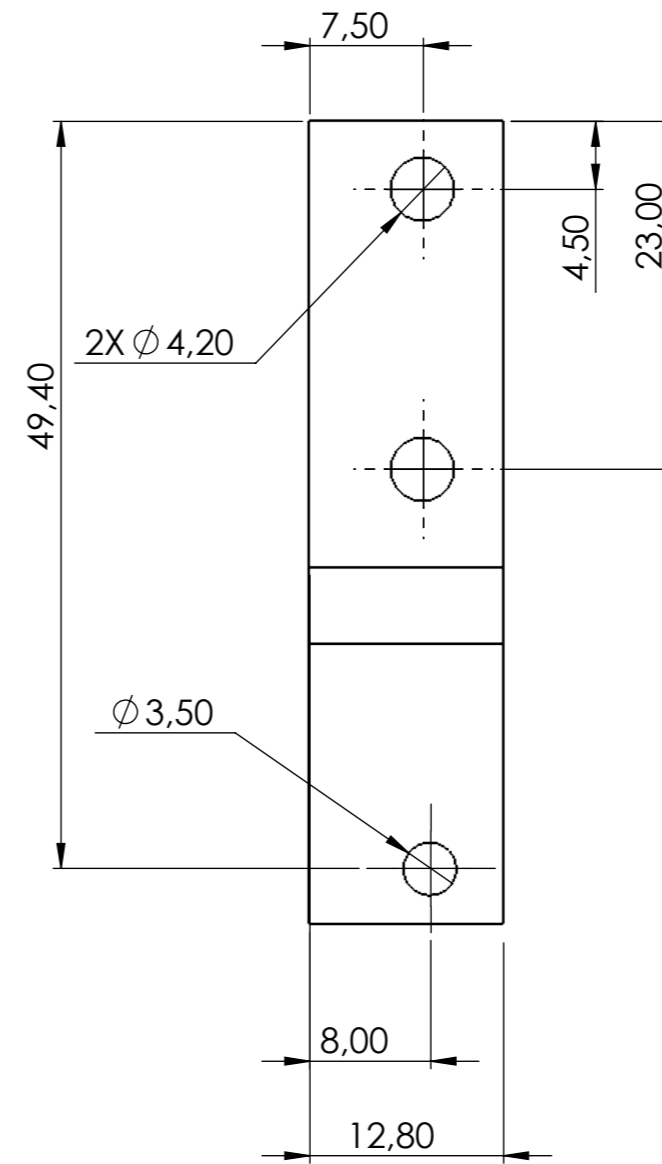
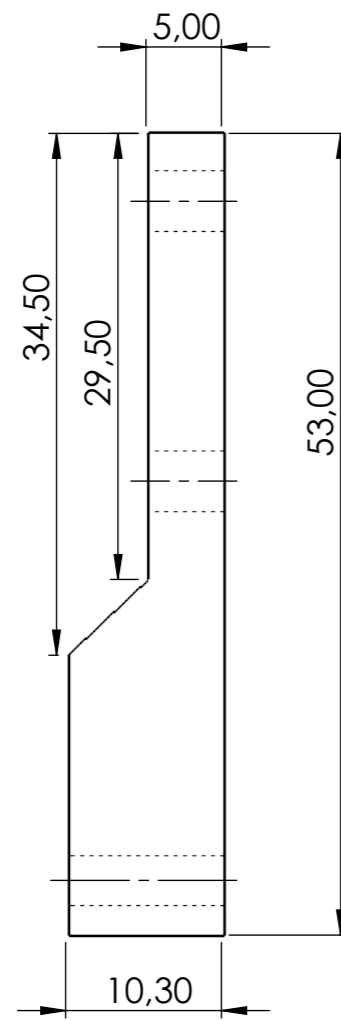
Tegnet av	Simen Tråstadkjølen	13.05.2022	Materiale:	Ultimaker PLA
Godkjent av	Martin Slettedal	22.05.2022	Vekt:	160 g
			Beskrivelse:	
			Kasse toppstruktur bak	
			Tegningsnummer:	Revisjon:
	0052	A		
A3	1:2	Side 1 av 1		




SECTION A-A

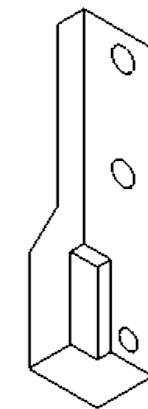
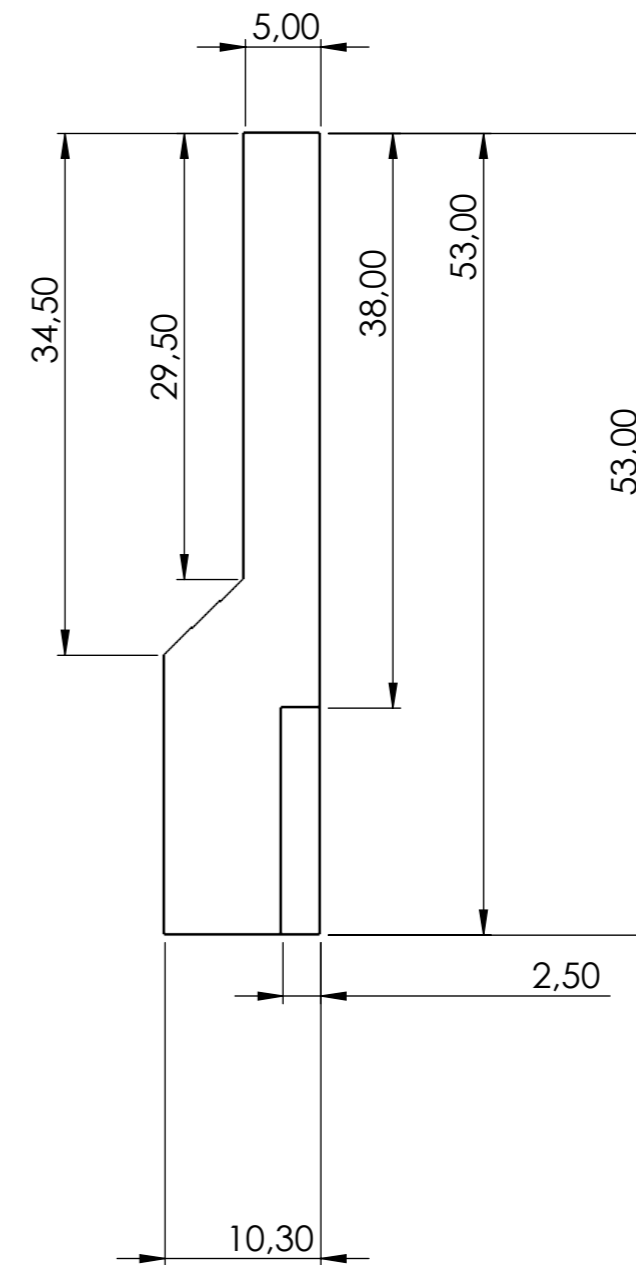
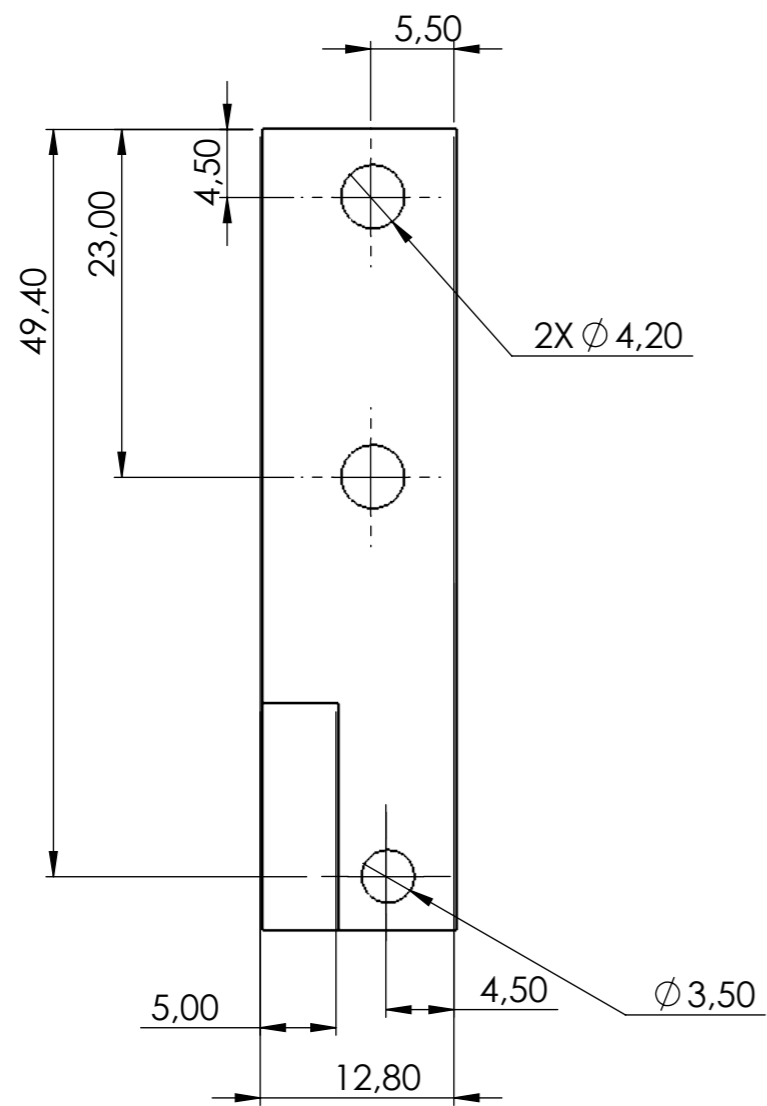


Tegnet av	Simen Tråstadkjølen	13.05.2022	Materiale:	Ultimaker PLA
Godkjent av	Martin Slettedal	22.05.2022	Vekt:	210 g
 <p>PROJECT MINILAUNCHER</p>			Beskrivelse:	
			Kasse toppstruktur foran	
			Tegningsnummer:	Revisjon:
	0053	A		
A3	1:2	Side 1 av 1		

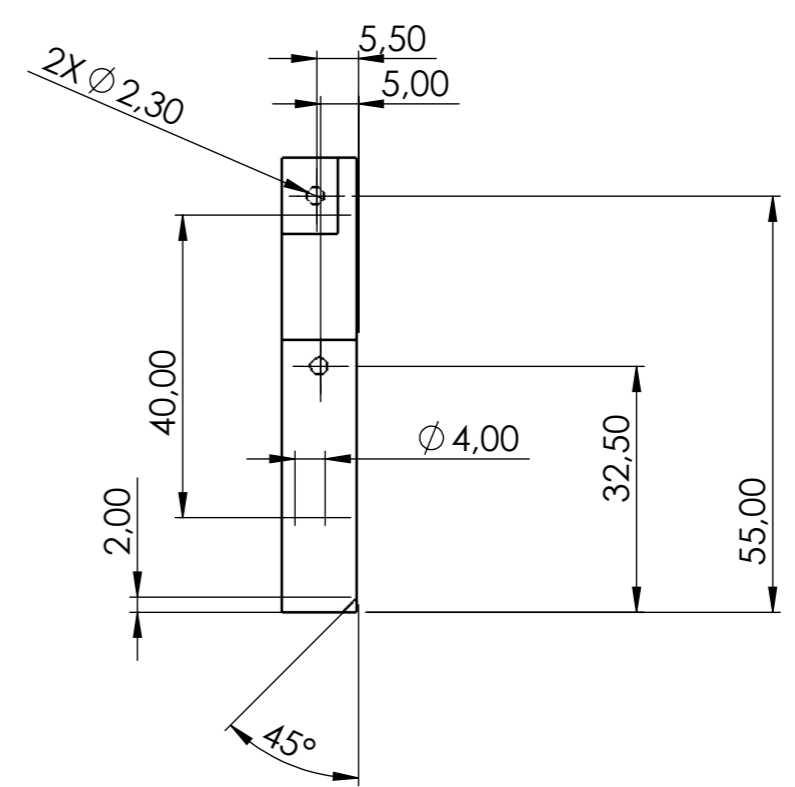
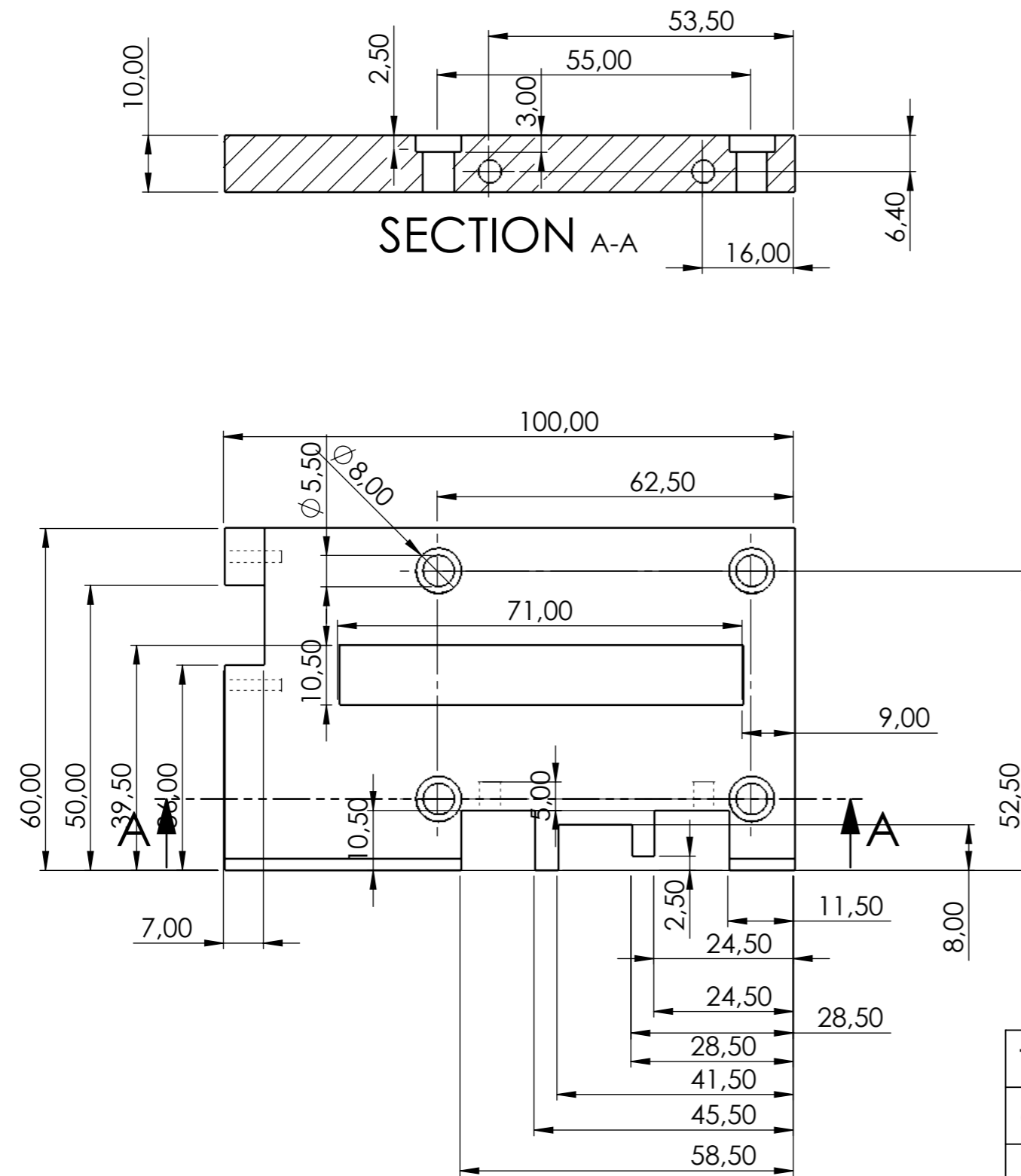



SCALE 1 : 1

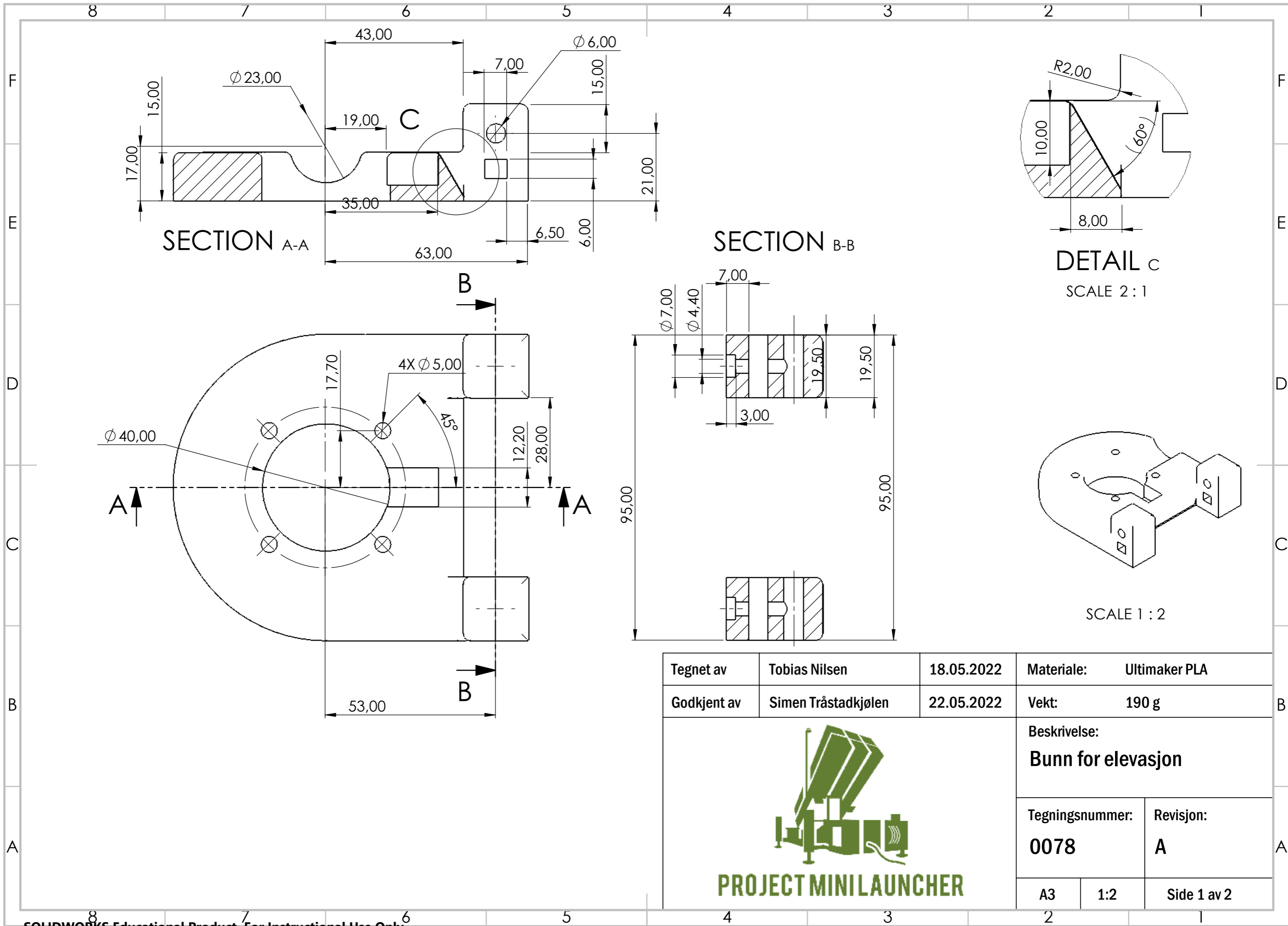
Tegnet av	Tobias Nilsen	13.05.2022	Materiale:	Ultimaker PLA
Godkjent av	Simen Tråstadkjølen	22.05.2022	Vekt:	12 g
			Beskrivelse:	
			Bærebraket elevasjon venstre side	
			Tegningsnummer:	Revisjon:
	0076	A		
A3	1:2	Side 1 av 1		



Tegnet av	Tobias Nilsen	19.05.2022	Materiale:	Ultimaker PLA
Godkjent av	Simen Tråstadkjølen	22.05.2022	Vekt:	11 g
 PROJECT MINILAUNCHER			Beskrivelse:	
			Bærebraket elevasjon høyre side	
			Tegningsnummer:	Revisjon:
	0076	A		
A3	1:2	side 1 av 1		



Tegnet av	Tobias Nilsen	12.05.2022	Materiale:	Ultimaker PLA
Godkjent av	Simen Tråstadkjølen	22.05.2022	Vekt:	167 g
 PROJECT MINILAUNCHER			Beskrivelse:	
			brakett festepunkt toppstruktur	
			Tegningsnummer:	Revisjon:
	0077	A		
A3	1:2	Side 1 av 2		



SECTION A-A

SECTION B-B

DETAIL C

SCALE 2 : 1

SCALE 1 : 2

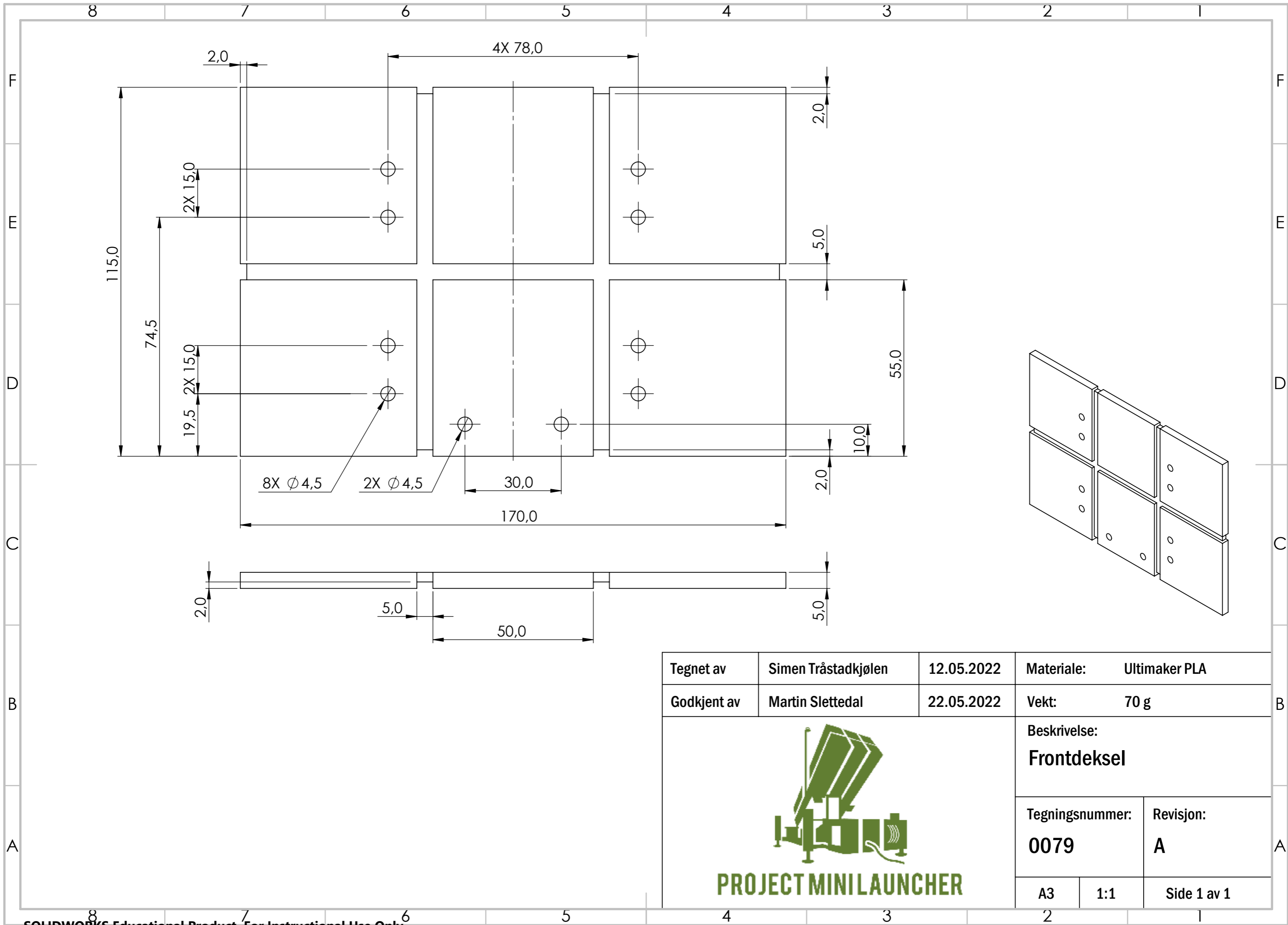
Tegnet av	Tobias Nilsen	18.05.2022	Materiale:	Ultimaker PLA
Godkjent av	Simen Tråstadkjølen	22.05.2022	Vekt:	190 g


Beskrivelse:
Bunn for elevasjon

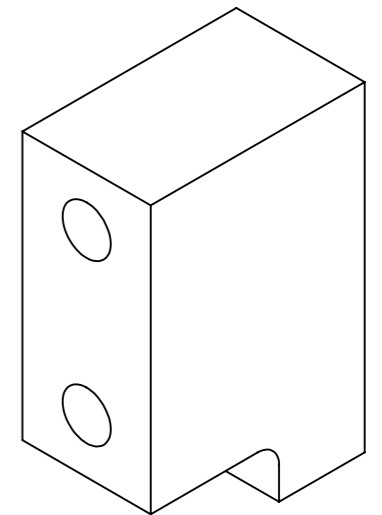
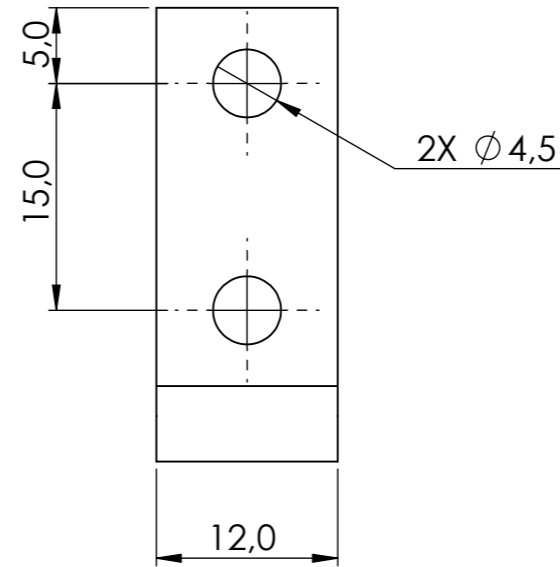
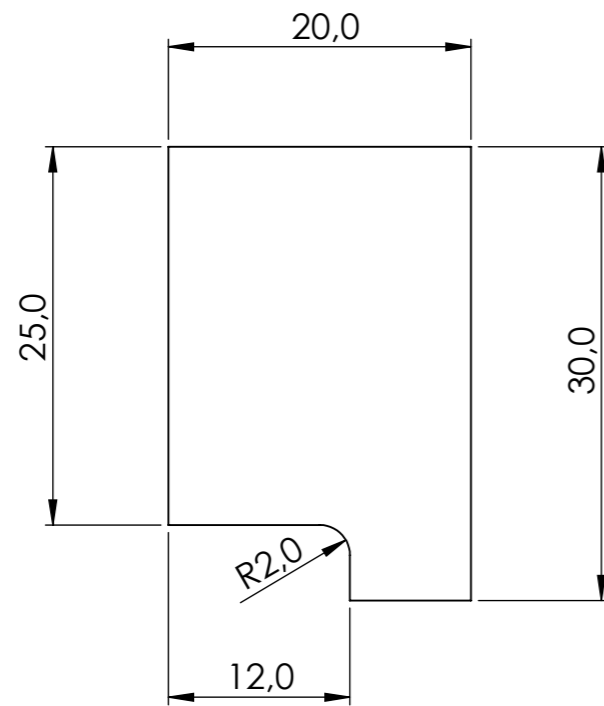
Tegningsnummer:	Revisjon:
0078	A

A3	1:2	Side 1 av 2
----	-----	-------------

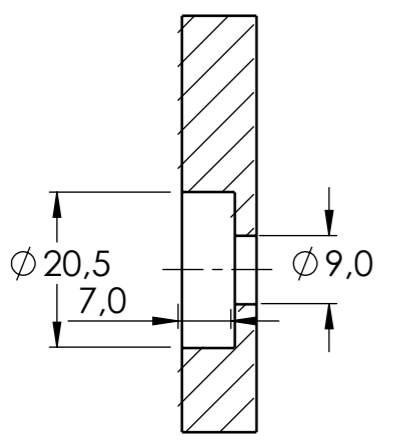
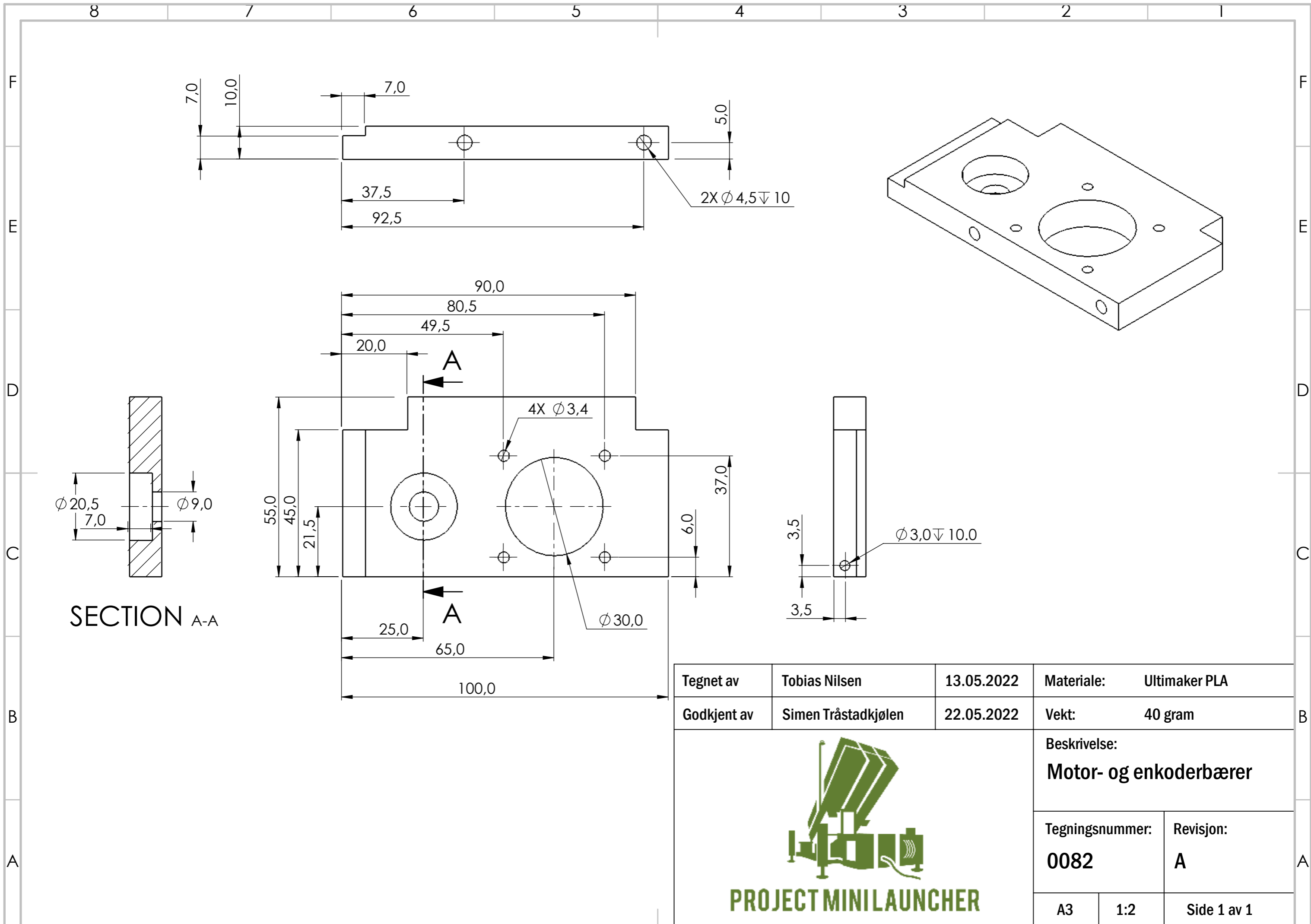





Tegnet av	Simen Tråstadkjølen	12.05.2022	Materiale:	Ultimaker PLA
Godkjent av	Martin Slettedal	22.05.2022	Vekt:	70 g
 PROJECT MINILAUNCHER			Beskrivelse:	
			Frontdeksel	
			Tegningsnummer:	Revisjon:
	0079	A		
A3	1:1	Side 1 av 1		

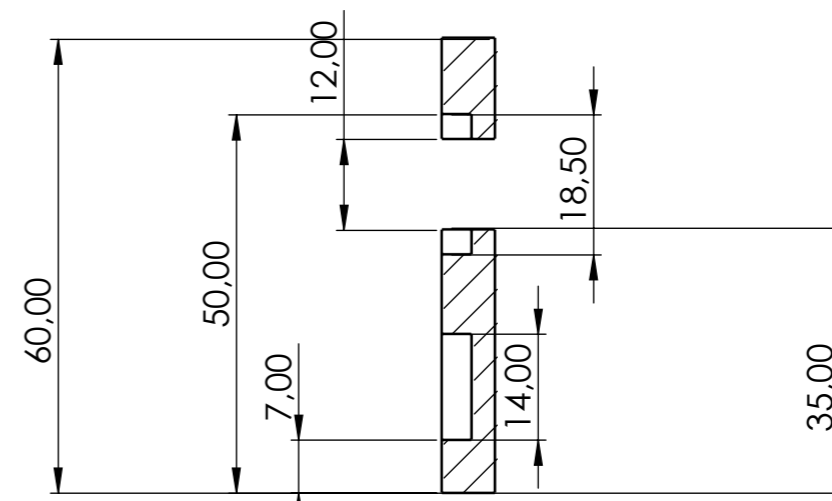
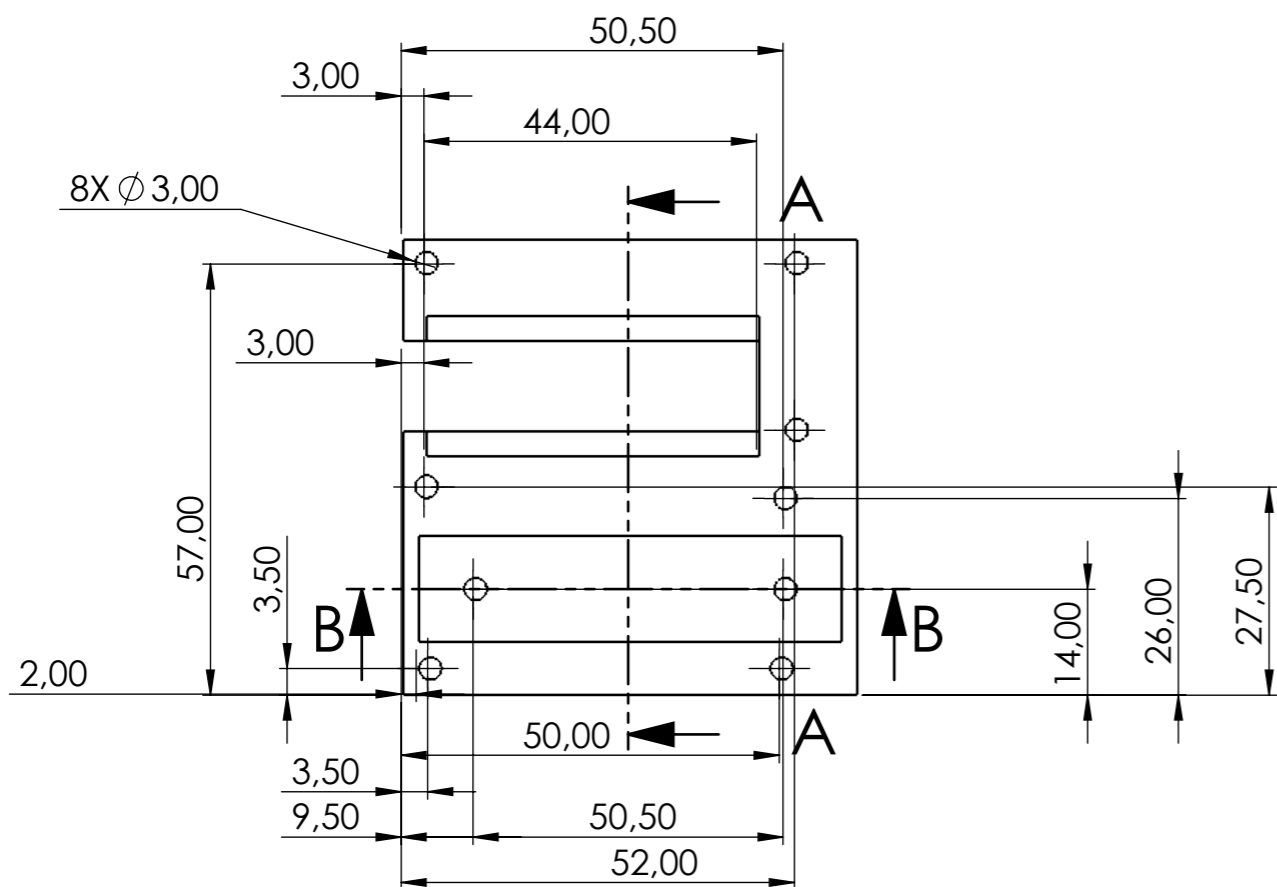


Tegnet av	Simen Tråstadkjølen	22.05.2022	Materiale:	Ultimaker PLA
Godkjent av	Martin Slettedal	22.05.2022	Vekt:	30 g
			Beskrivelse:	
			Feste for frontdeksel	
			Tegningsnummer:	Revisjon:
	0080	A		
A3	2:1	Side 1 av 1		

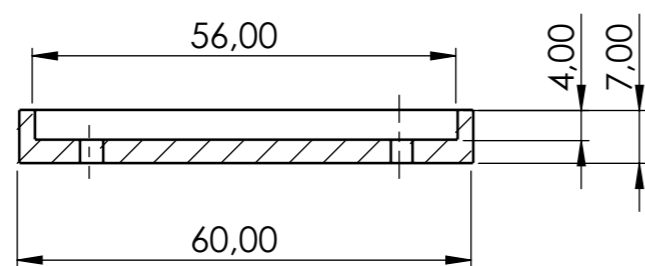


SECTION A-A

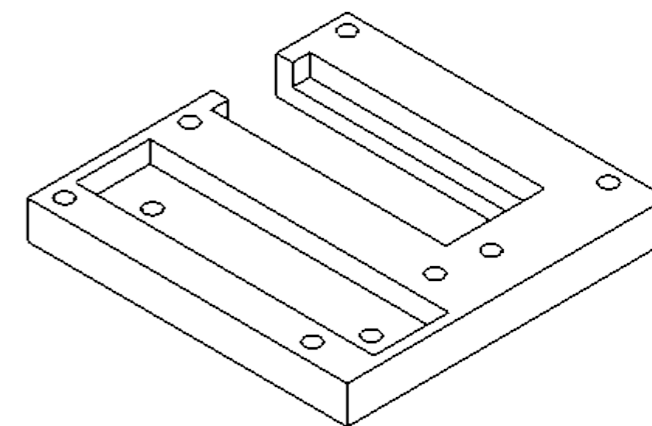
Tegnet av	Tobias Nilsen	13.05.2022	Materiale:	Ultimaker PLA
Godkjent av	Simen Tråstadkjølen	22.05.2022	Vekt:	40 gram
 <p>PROJECT MINILAUNCHER</p>			Beskrivelse:	
			Motor- og enkoderbærer	
			Tegningsnummer:	Revisjon:
	0082	A		
A3	1:2	Side 1 av 1		



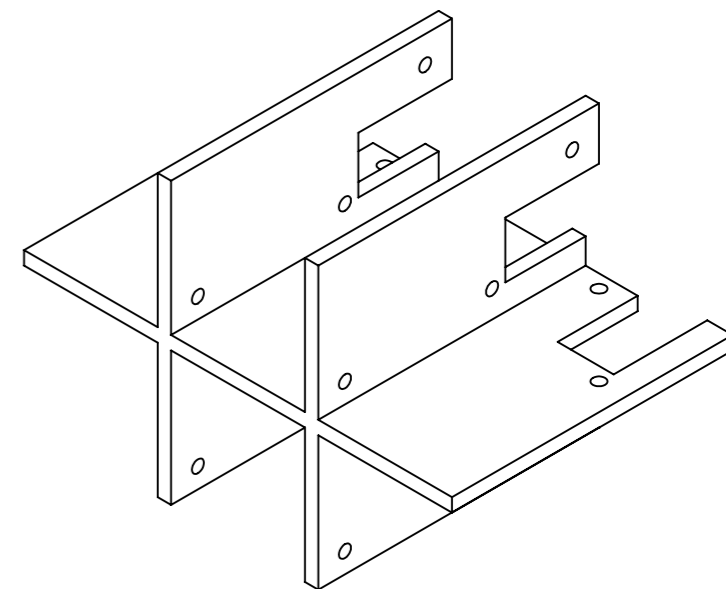
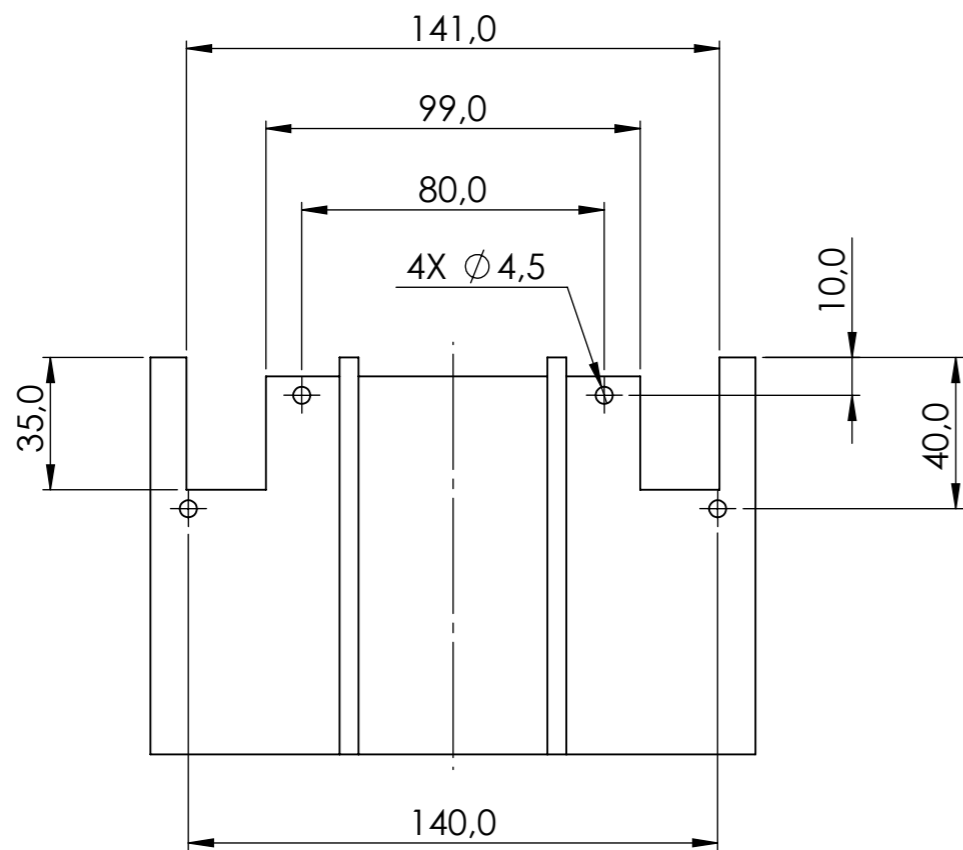
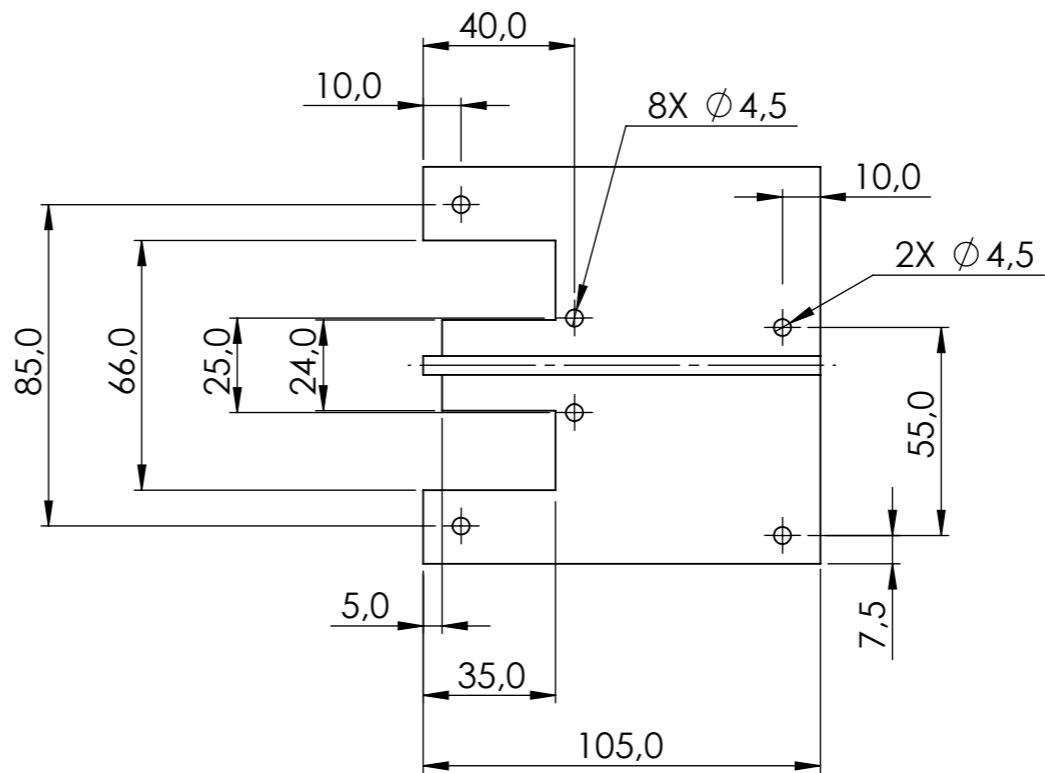
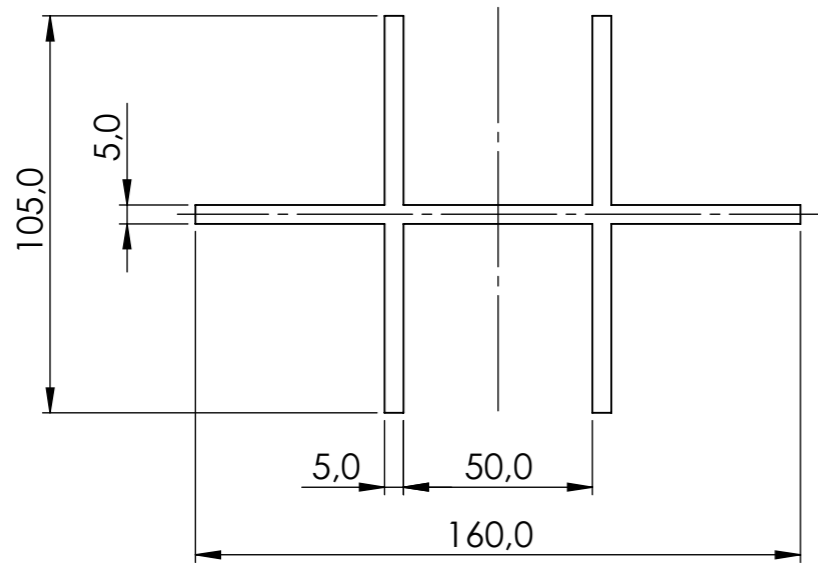
SECTION A-A



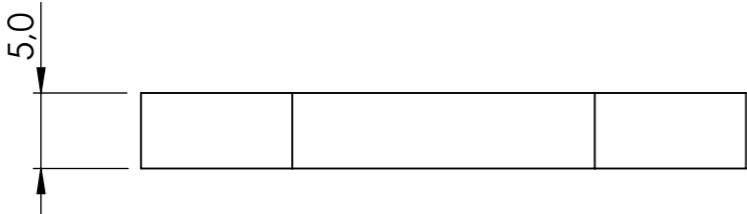
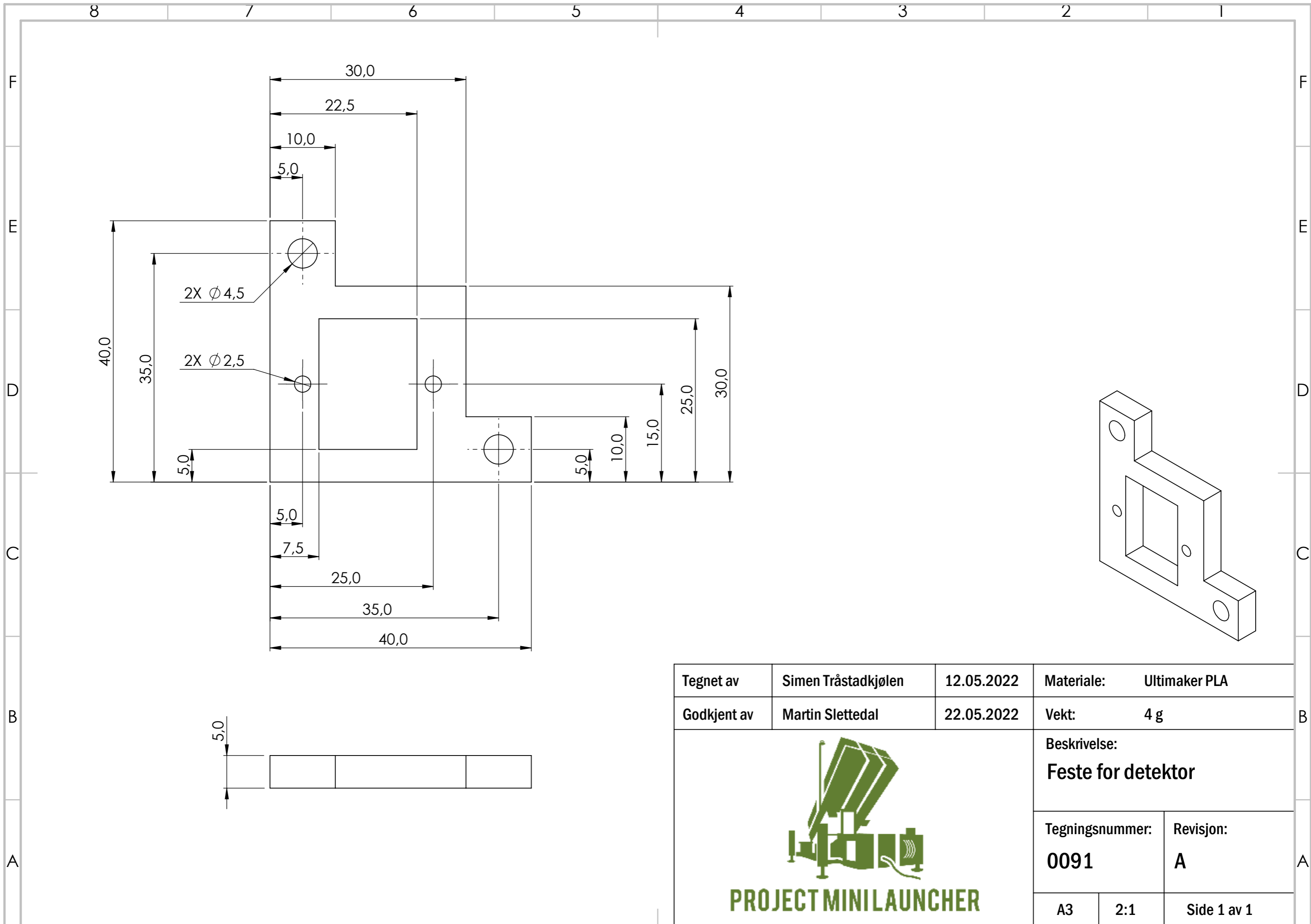
SECTION B-B



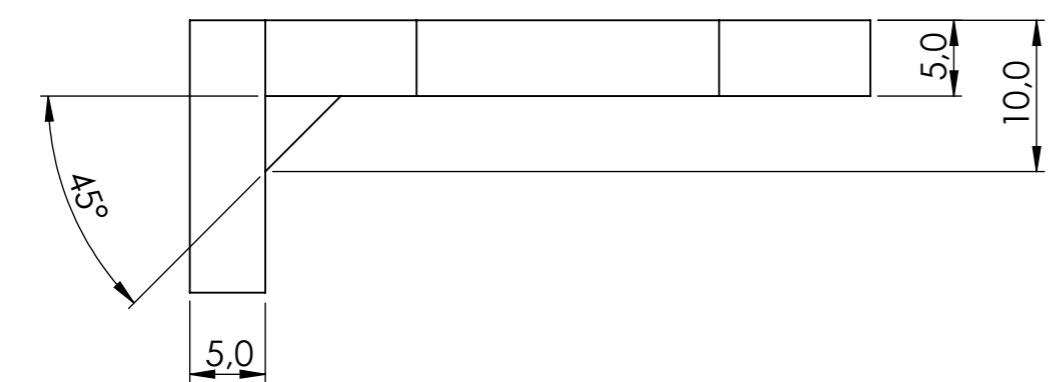
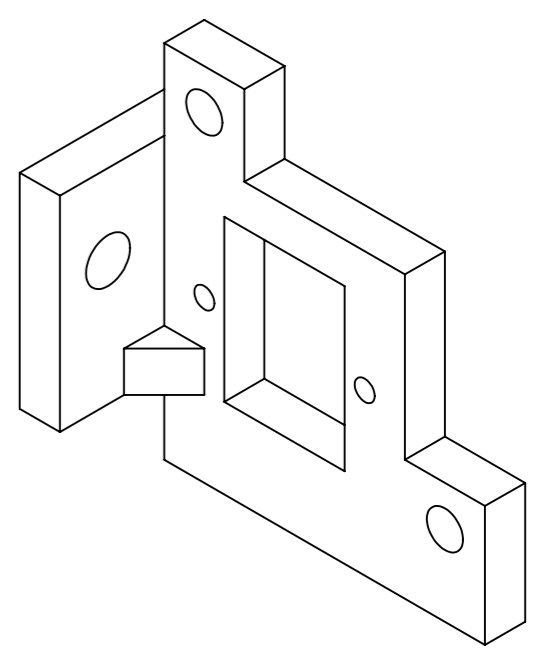
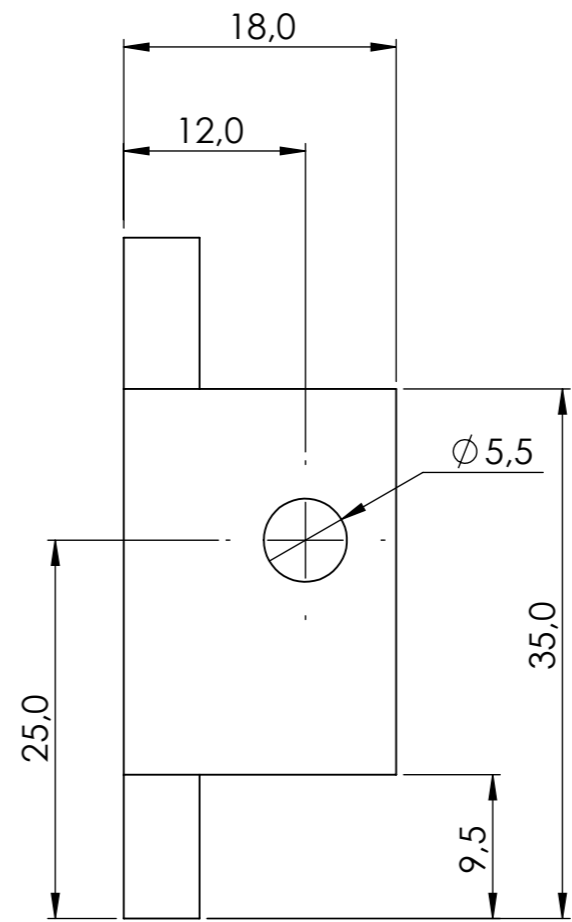
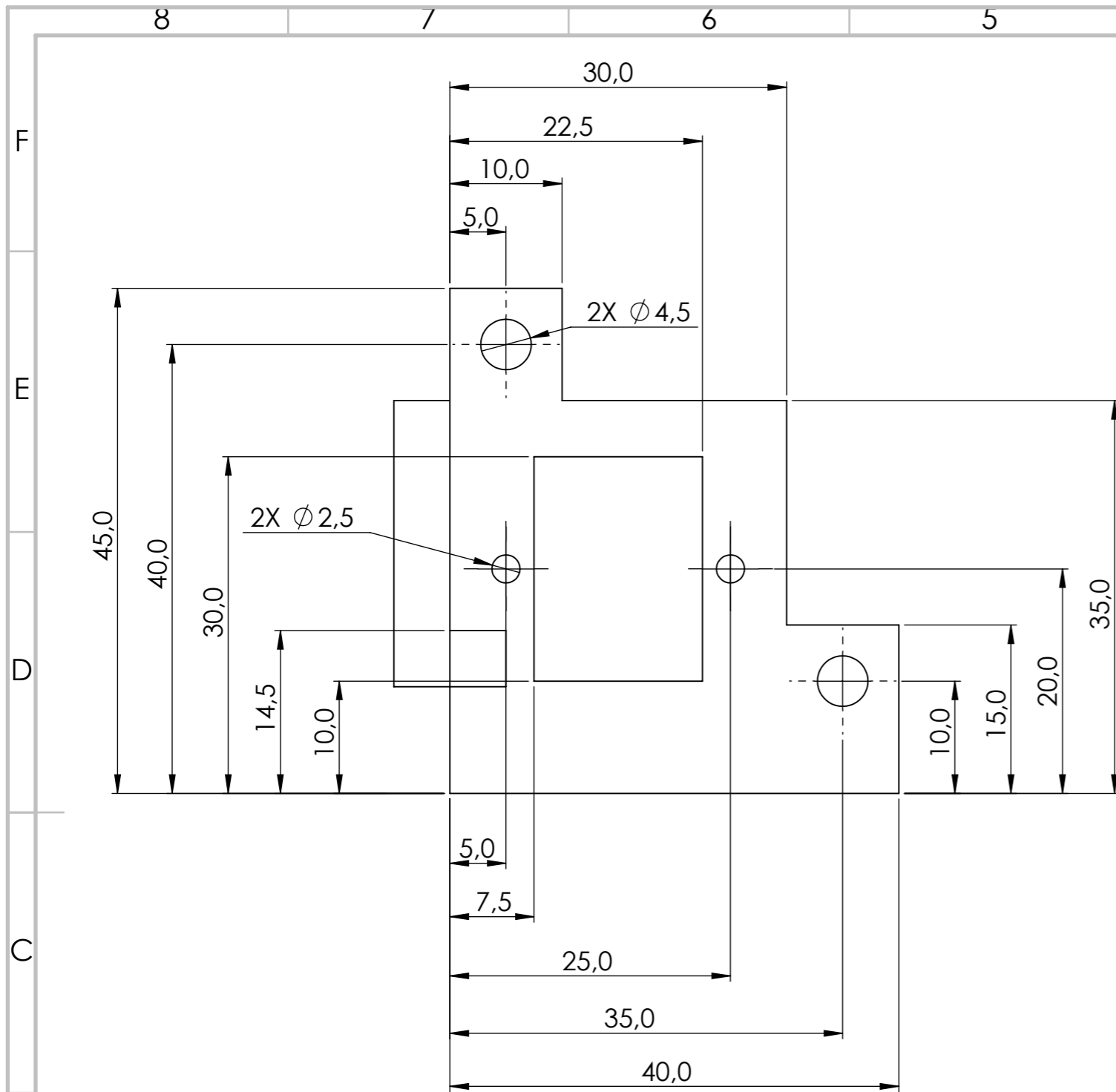
Tegnet av	Tobias Nilsen	22.05.2022	Materiale:	Ultimaker PLA
Godkjent av	Simen Tråstadkjølen	22.05.2022	Vekt:	23 g
			Beskrivelse:	
			Deksel Arduino og kretskort	
			Tegningsnummer:	Revisjon:
	0089	A		
A3	1:2	Side 1 av 1		




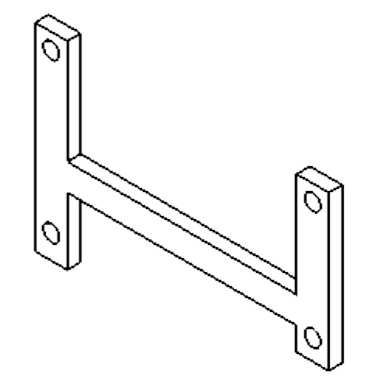
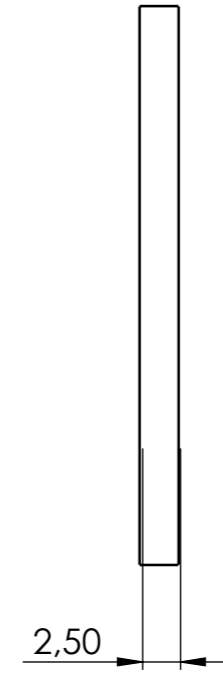
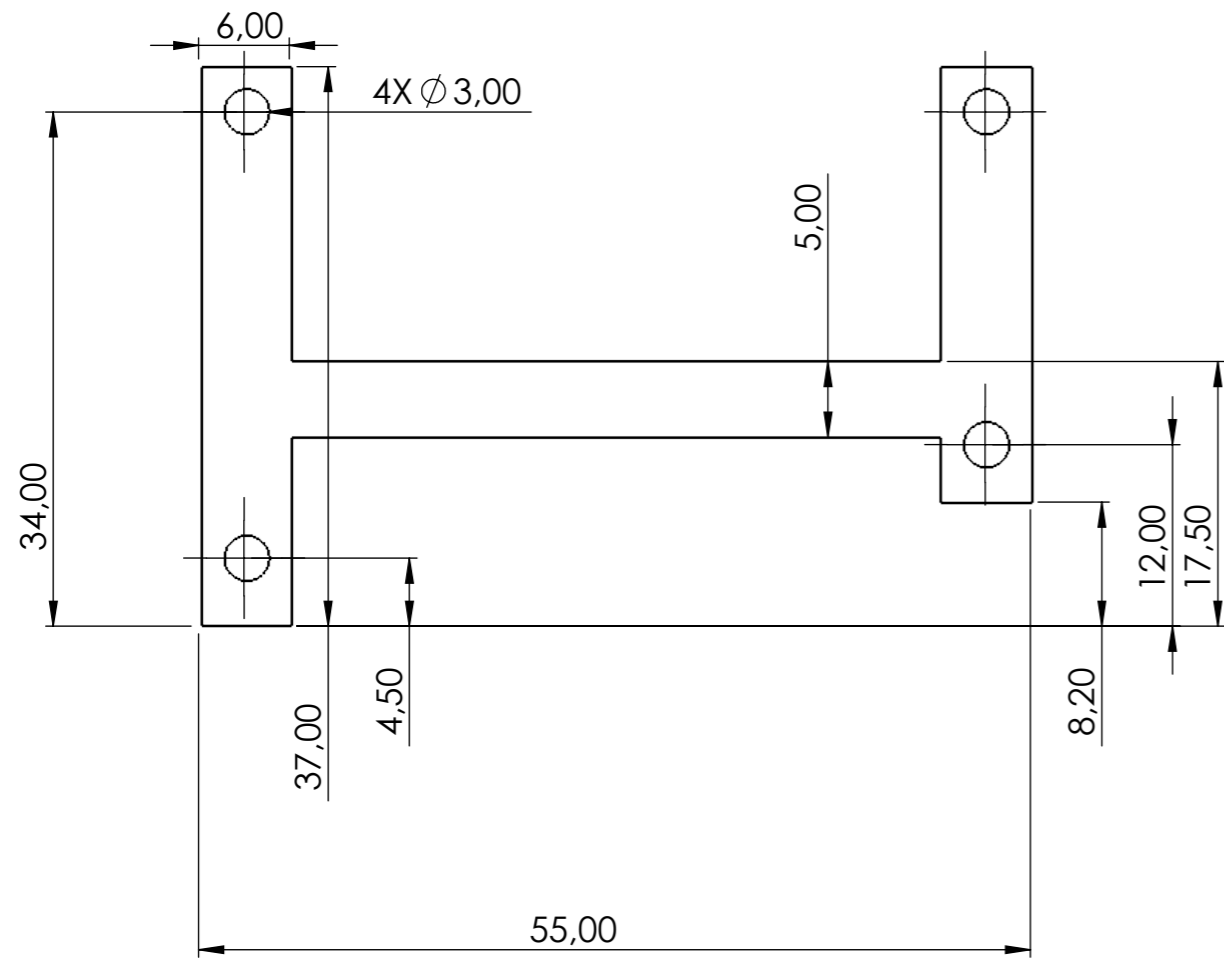
Tegnet av	Simen Tråstadkjølen	12.05.2022	Materiale:	Ultimaker PLA
Godkjent av	Martin Slettedal	22.05.2022	Vekt:	120 g
			Beskrivelse:	
			Skillevegger toppstruktur	
			Tegningsnummer:	Revisjon:
	0089	A		
A3	1:2	Side 1 av 1		




Tegnet av	Simen Tråstadkjølen	12.05.2022	Materiale:	Ultimaker PLA
Godkjent av	Martin Slettedal	22.05.2022	Vekt:	4 g
 PROJECT MINILAUNCHER			Beskrivelse:	
			Feste for detektor	
			Tegningsnummer:	Revisjon:
	0091	A		
A3	2:1	Side 1 av 1		

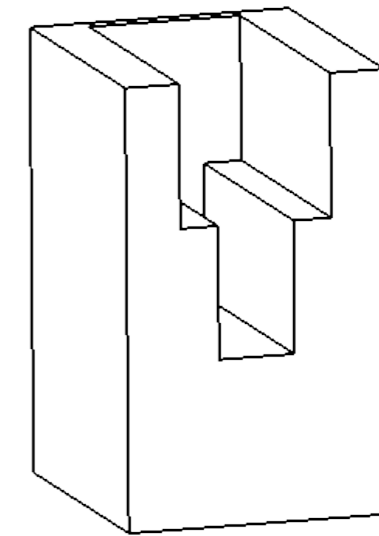
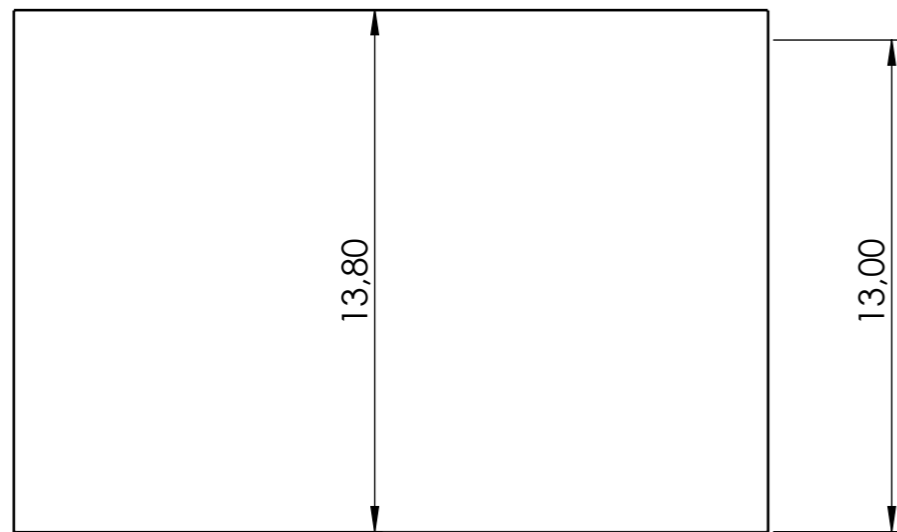
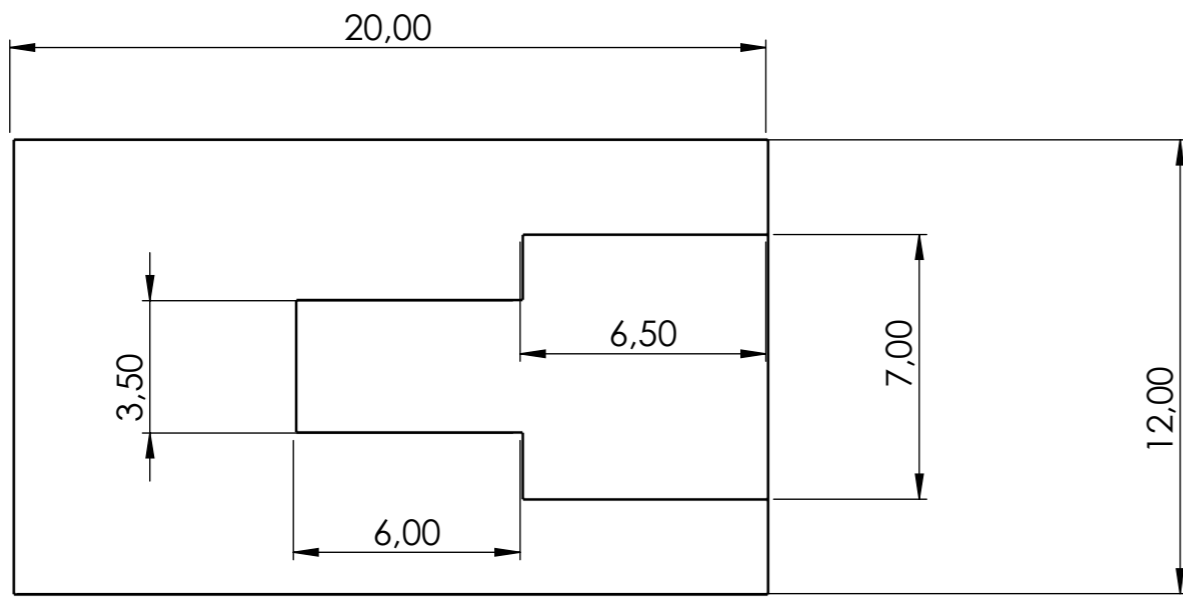


Tegnet av	Simen Tråstadkjølen	12.05.2022	Materiale:	Ultimaker PLA
Godkjent av	Martin Slettedal	22.05.2022	Vekt:	9 g
 PROJECT MINILAUNCHER			Beskrivelse:	
			Feste for detektor vinkel	
Tegningsnummer:		Revisjon:		
0094		A		
A3	2:1	Side 1 av 1		



SCALE 1 : 1

Tegnet av	Tobias Nilsen	22.05.2022	Materiale:	Ultimaker PLA
Godkjent av	Simen Tråstadkjølen	22.05.2022	Vekt:	14
			Beskrivelse:	
			holder arduino og kretskort	
			Tegningsnummer:	Revisjon:
	0170	A		
A3	1:2	Side 1 av 1		



SCALE 3 : 1

Tegnet av	Tobias Nilsen	20.05.2022	Materiale:	Ultimaker PLA
Godkjent av	Simen Tråstadkjølen	22.05.2022	Vekt:	2 g
			Beskrivelse:	
			mikrobryterholder	
			Tegningsnummer:	Revisjon:
	0180	A		
A3	5:1	side 1 av 1		

8 7 6 5 4 3 2 1

F F

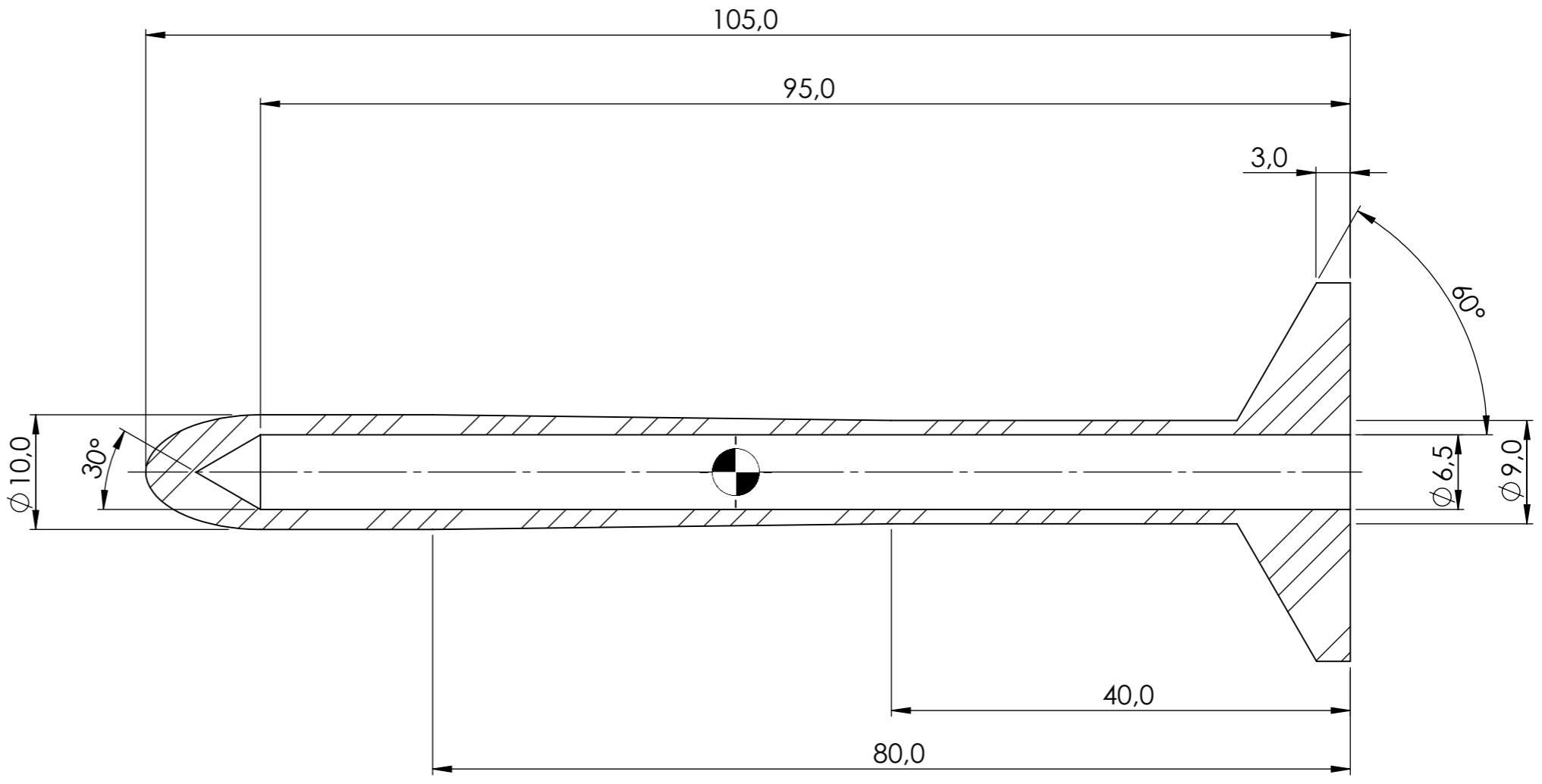
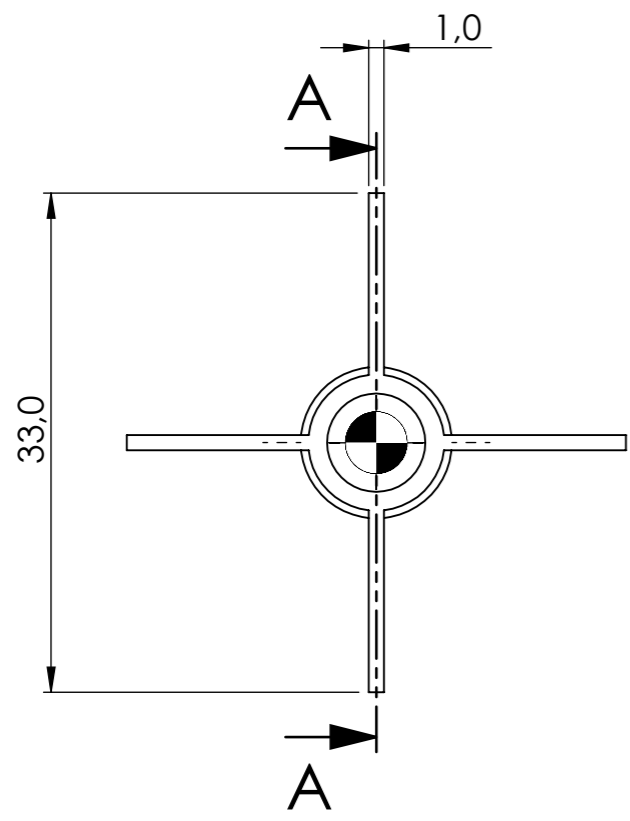
E E

D D

C C

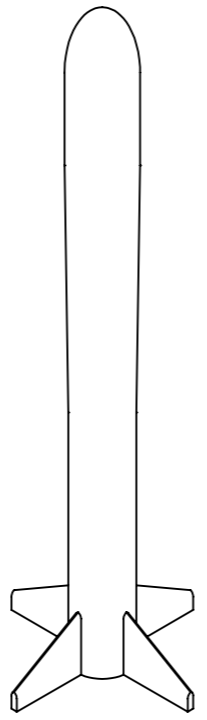
B B


A A



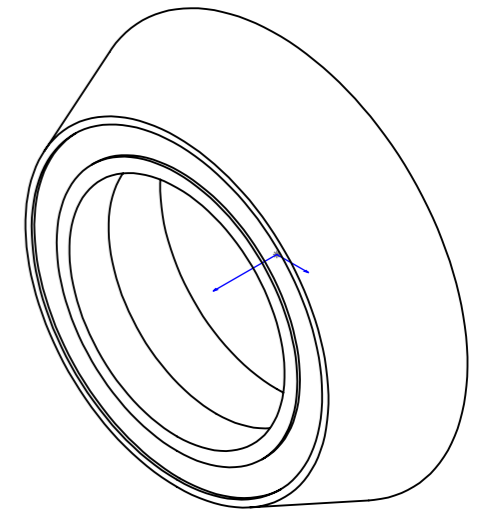
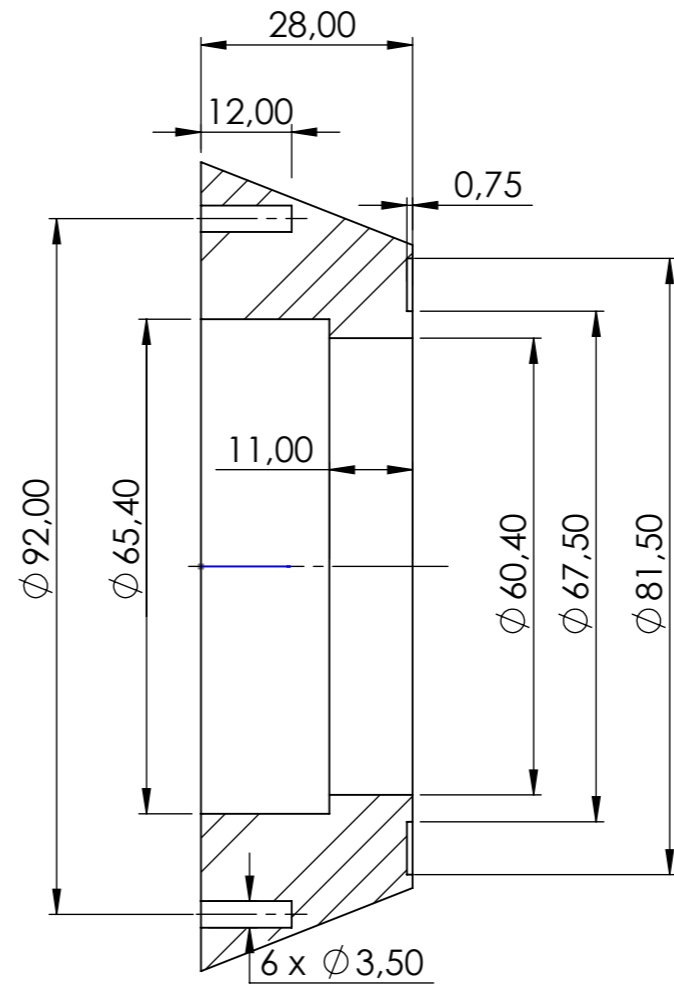
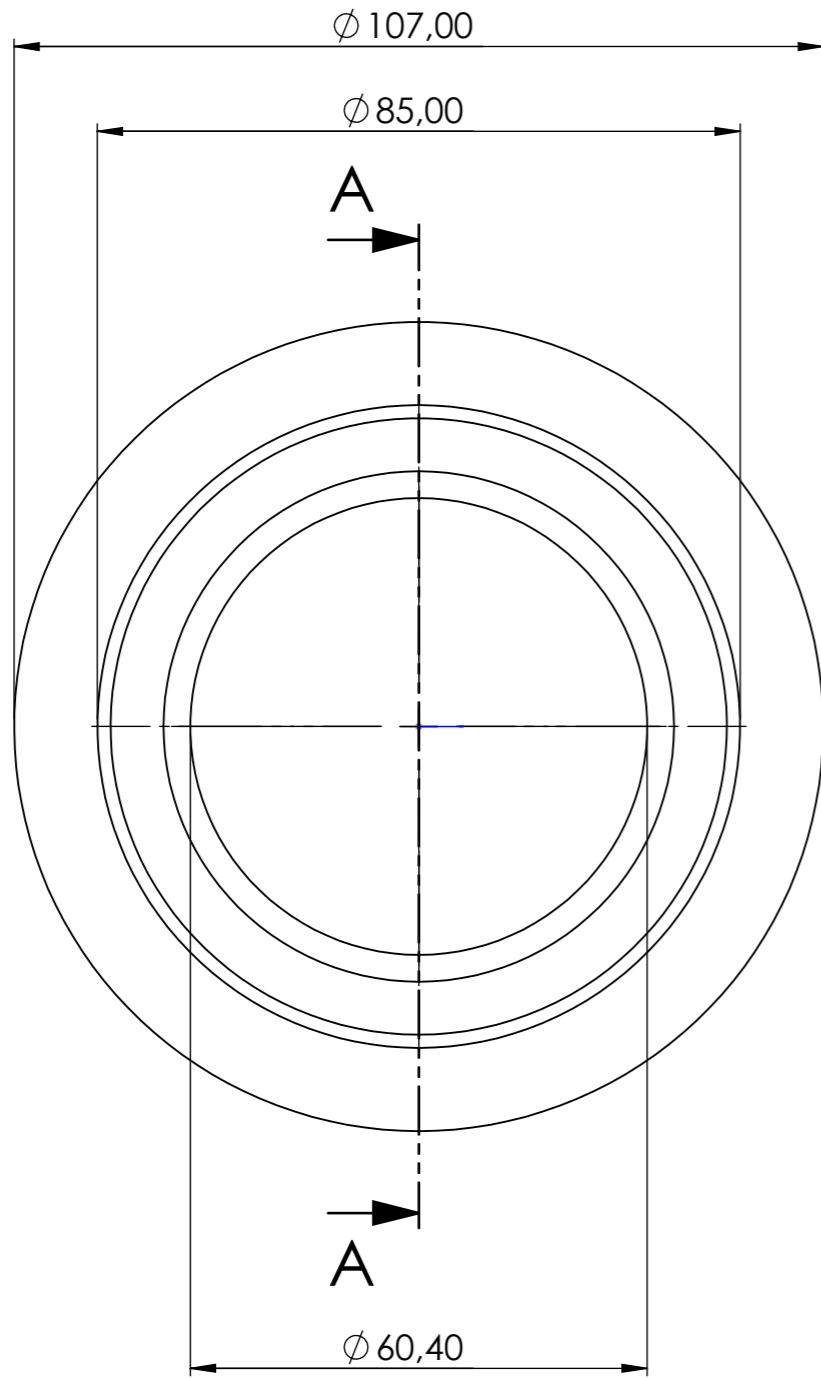
SECTION A-A

Note: 40 og 80 er start og slutt for overgangen mellom $\varnothing 9$ og $\varnothing 10$.




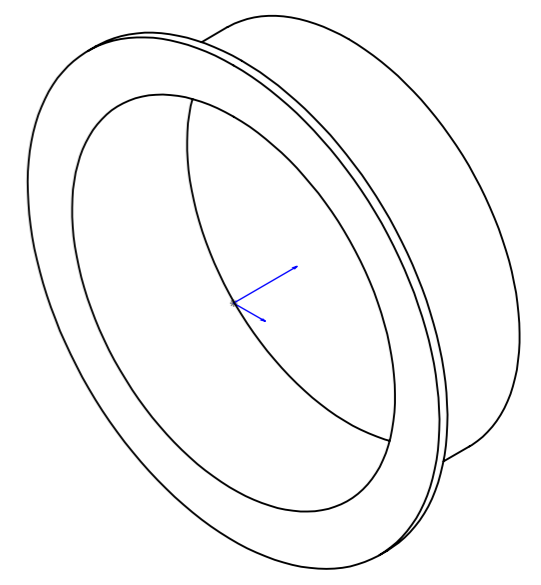
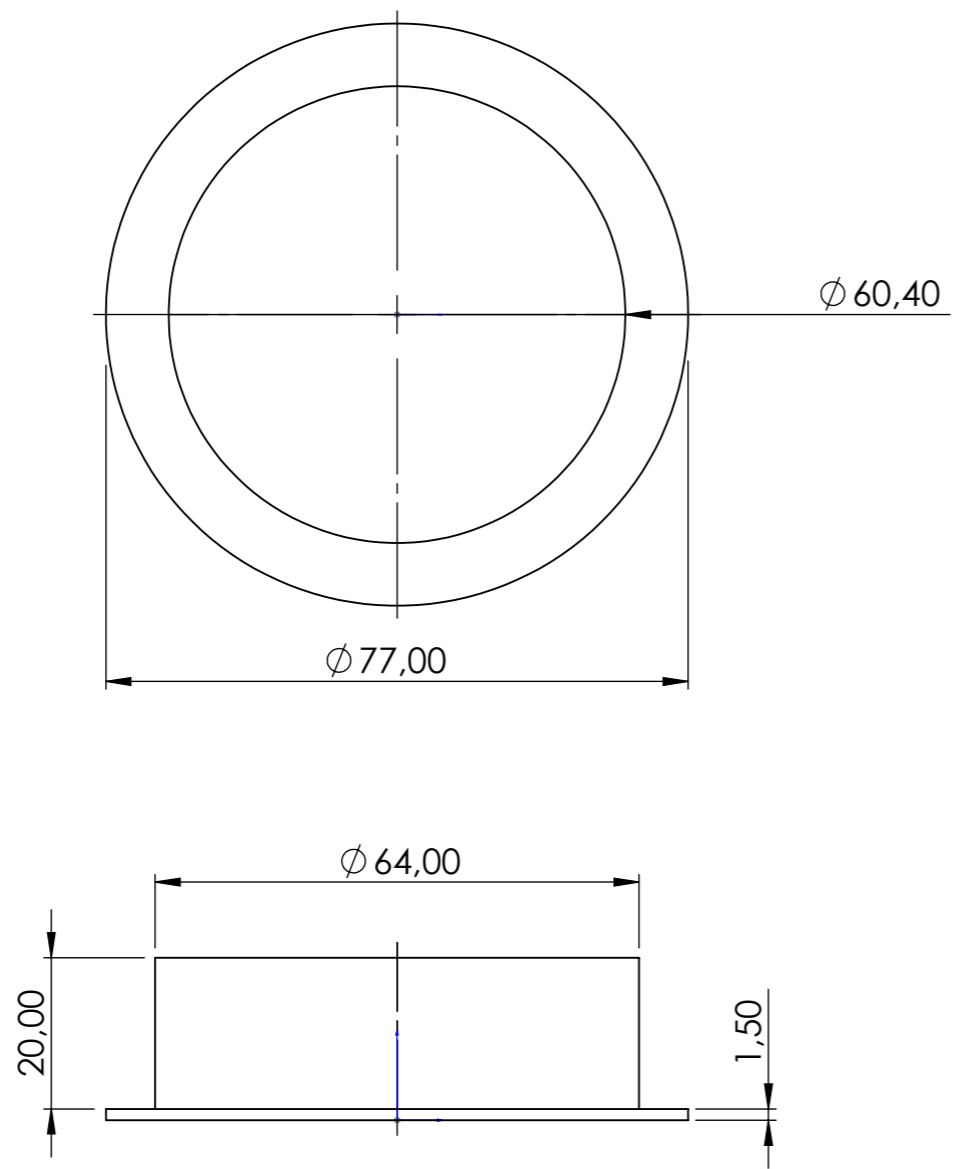
Tegnet av	Simen Tråstadkjølen	10.05.2022	Materiale:	Polymax PLA
Godkjent av	Martin Slettedal	22.05.2022	Vekt:	6 g
			Beskrivelse:	
			Prosjekttil	
			Tegningsnummer:	Revisjon:
9003		A		
A3	2:1	Side 1 av 1		

8 7 6 5 4 3 2 1

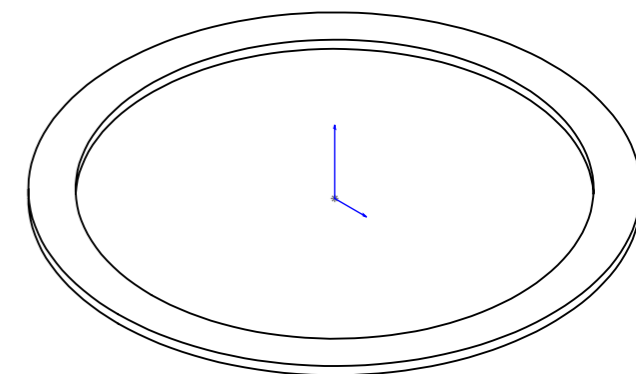
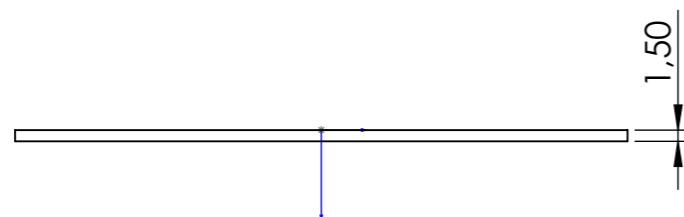
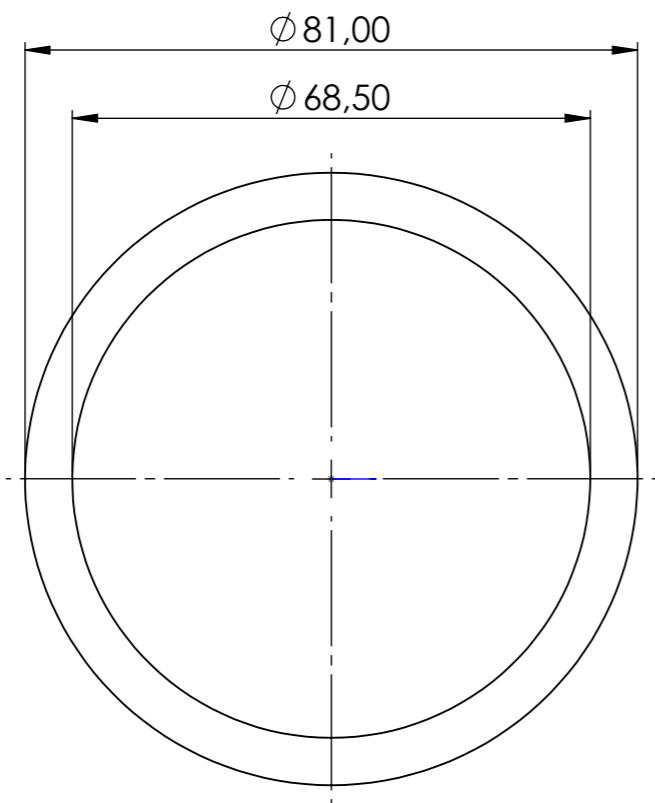


SECTION A-A

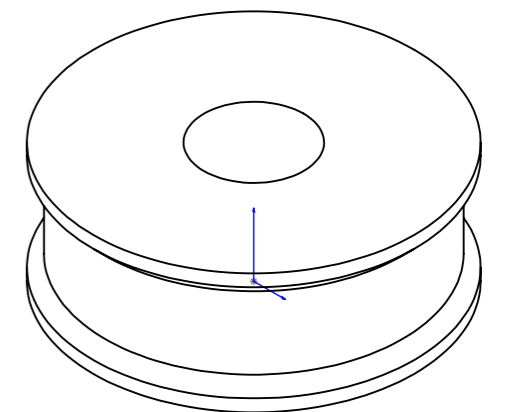
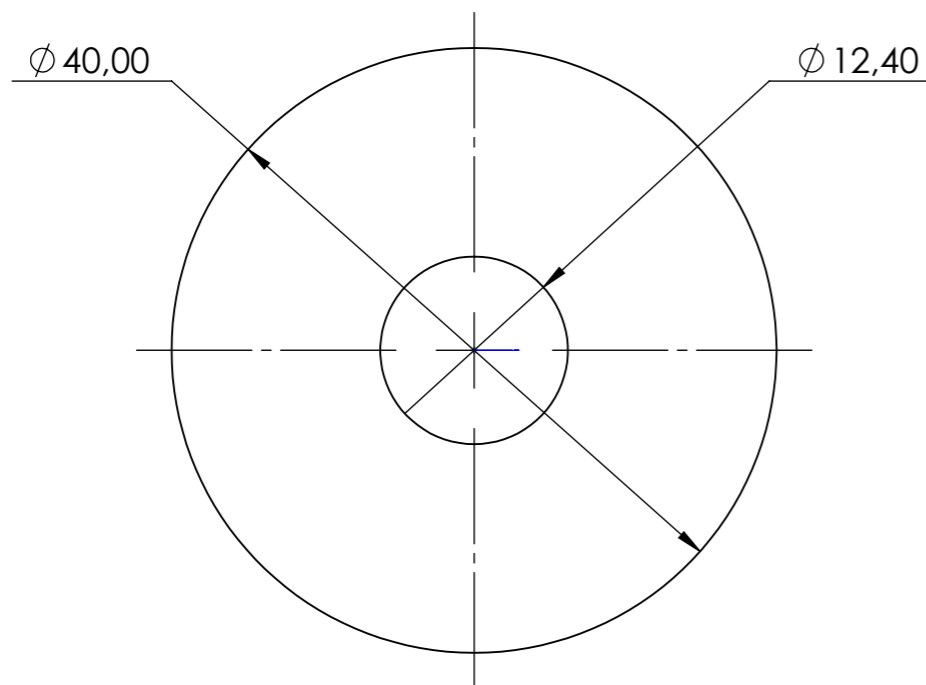
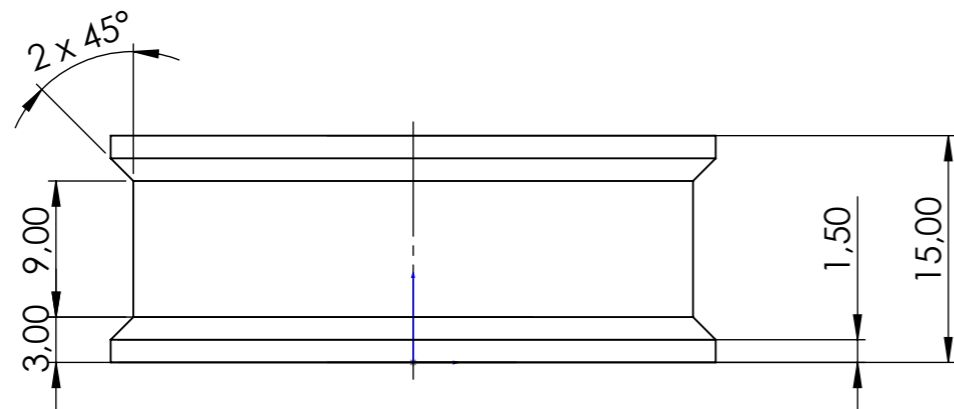
Tegnet av	Martin Slettedal	12.05.2022	Materiale:	Ultimaker PLA
Godkjent av	Tobias Nilsen	22.05.2022	Vekt:	56 g
			Beskrivelse:	
			Rotasjonsbase	
			Tegningsnummer:	Revisjon:
	0104	A		
A3	1:1	Side 1 av 1		



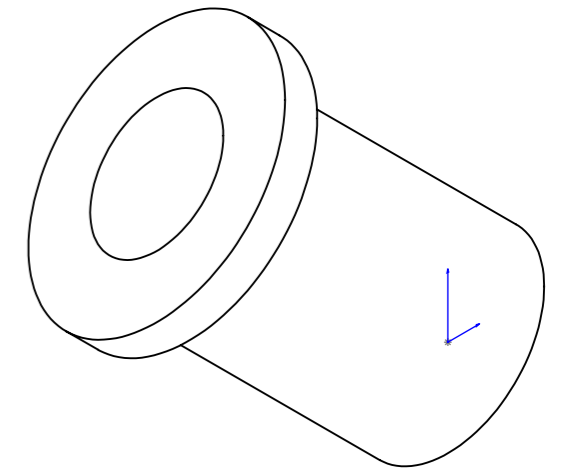
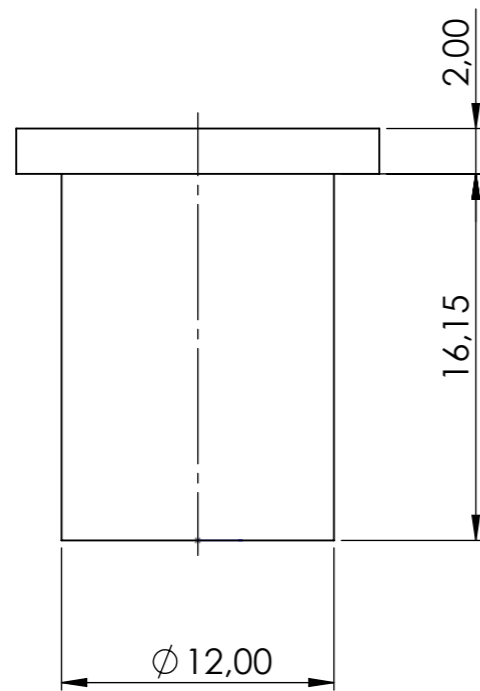
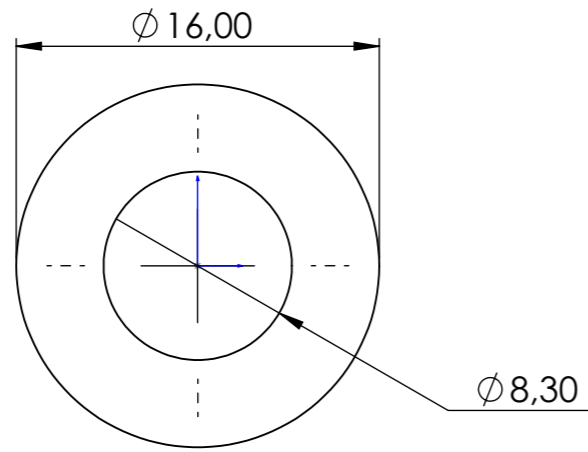
Tegnet av	Martin Slettedal	12.05.2022	Materiale:	Ultimaker PLA
Godkjent av	Tobias Nilsen	22.05.2022	Vekt:	12 g
			Beskrivelse:	
			Bøssing med flens	
			Tegningsnummer:	Revisjon:
0105		A		
A3	1:1	Side 1 av 1		



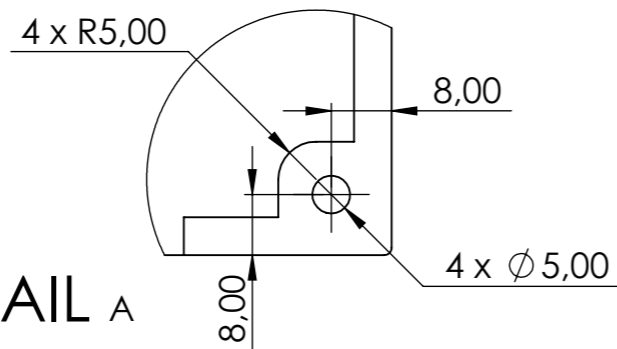
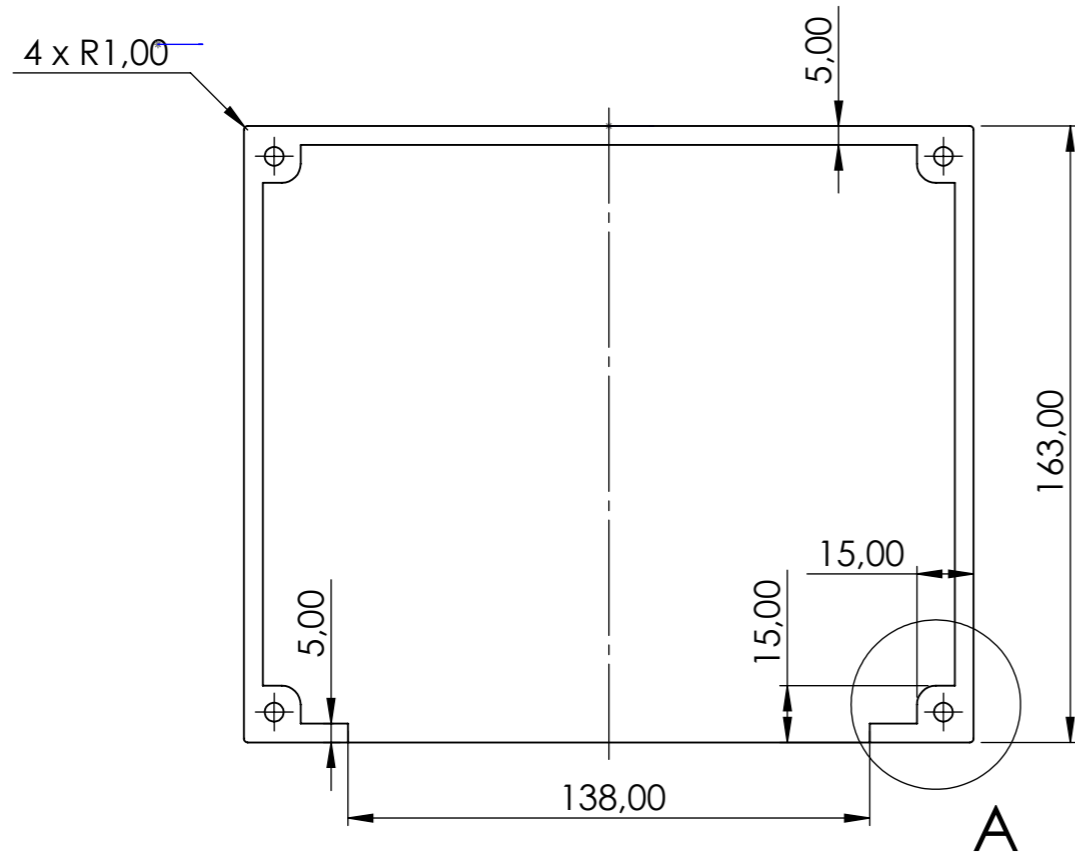
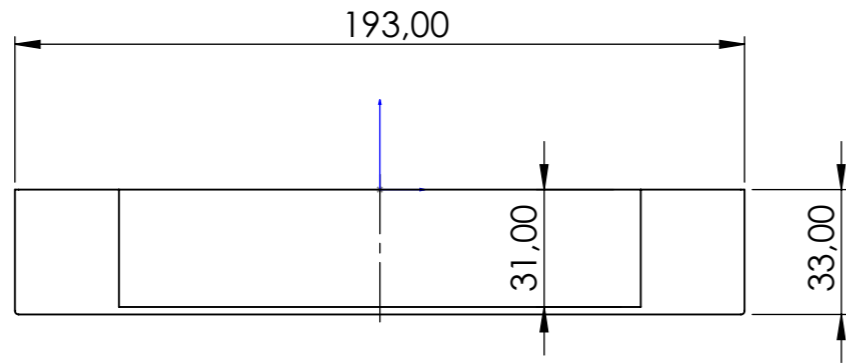
Tegnet av	Martin Slettedal	12.05.2022	Materiale:	Ultimaker PLA
Godkjent av	Tobias Nilsen	22.05.2022	Vekt:	6 g
 PROJECT MINILAUNCHER			Beskrivelse:	
			Glideskive	
			Tegningsnummer:	Revisjon:
	0106	A		
A3	1:1	Side 1 av 1		



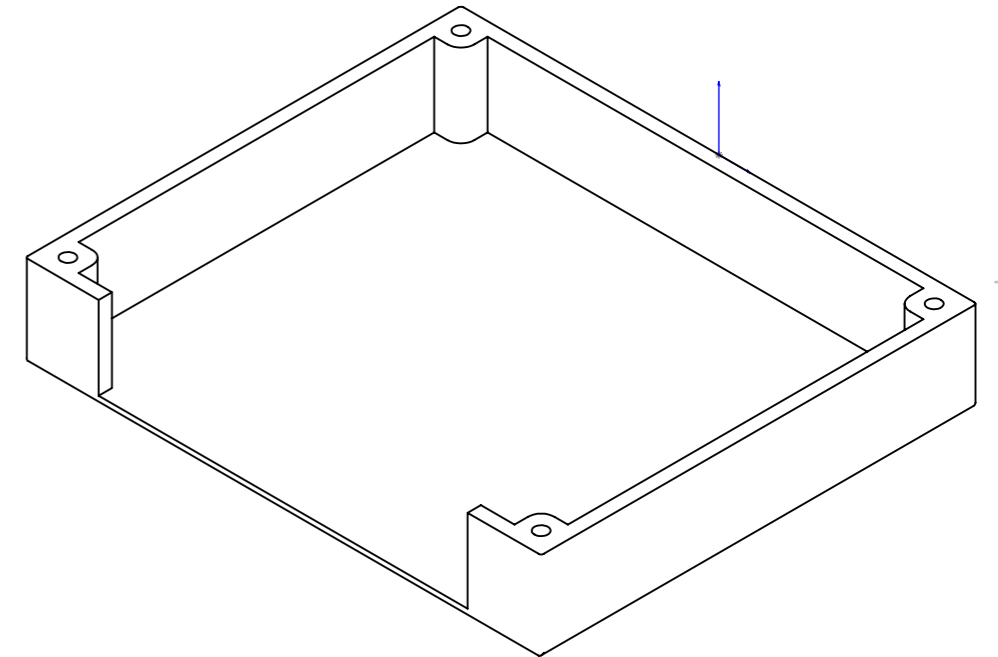
Tegnet av	Martin Slettedal	12.05.2022	Materiale:	Ultimaker PLA
Godkjent av	Tobias Nilsen	22.05.2022	Vekt:	8 g
			Beskrivelse:	
			Strammehjul	
			Tegningsnummer:	Revisjon:
	0111	A		
A3	1:1	Side 1 av 1		




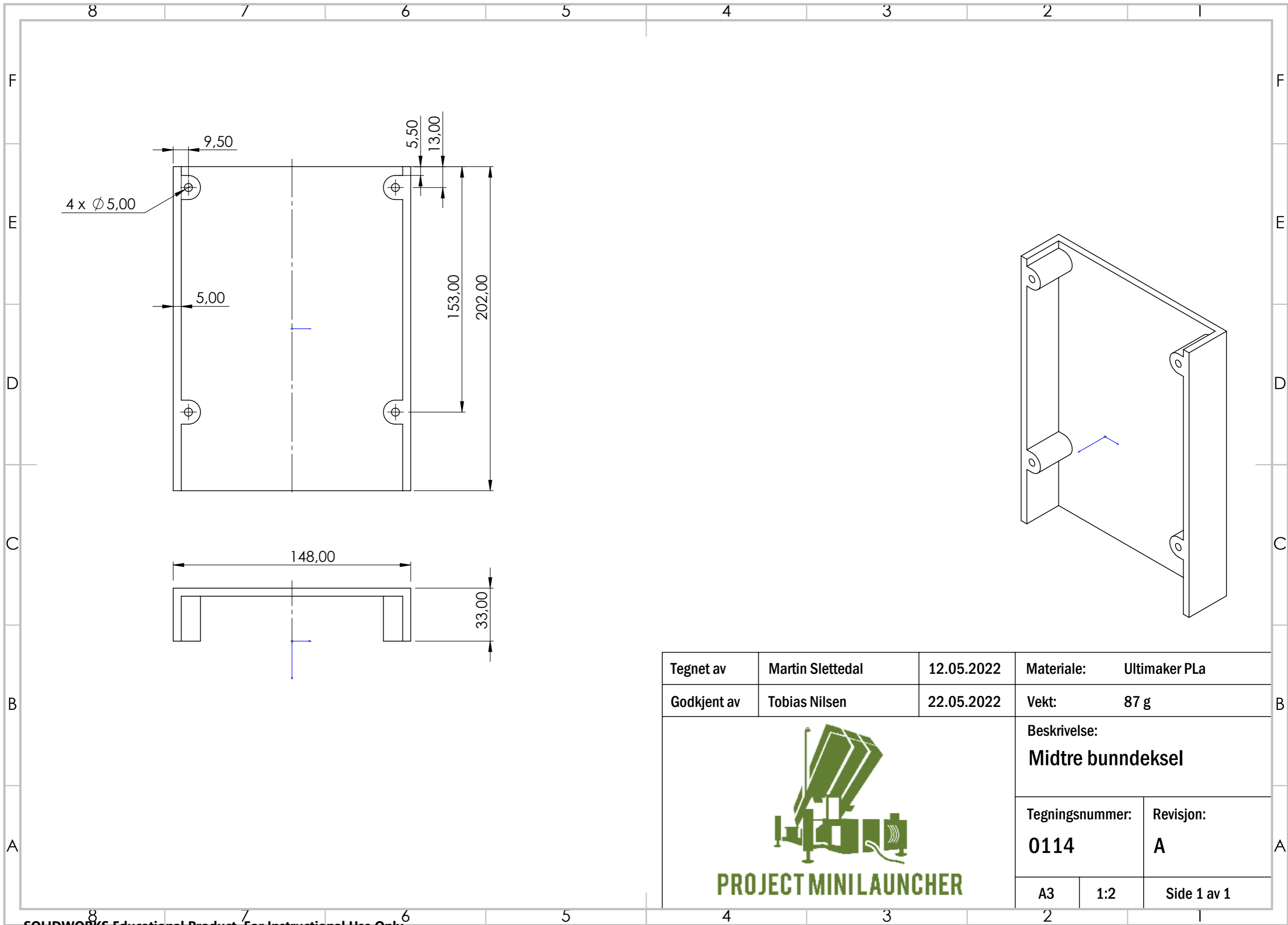
Tegnet av	Martin Slettedal	12.05.2022	Materiale:	Ultimaker PLA
Godkjent av	Tobias Nilsen	22.05.2022	Vekt:	9 g
			Beskrivelse:	
			Bøssing 8mm	
			Tegningsnummer:	Revisjon:
	0112	A		
A3	3:1	Side 1 av 1		



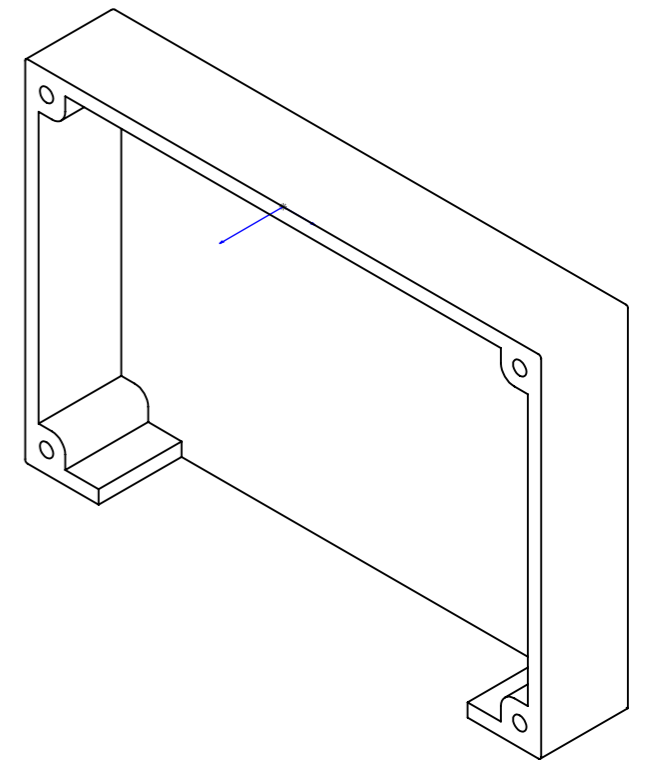
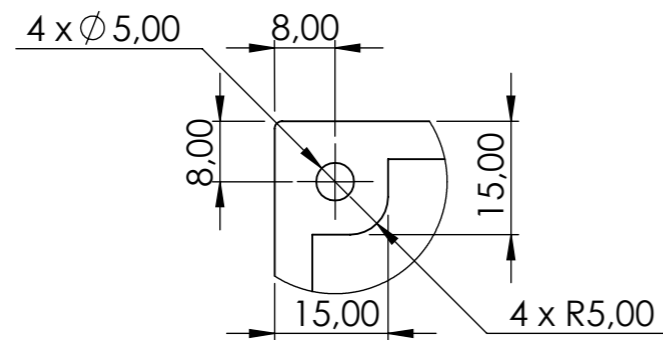
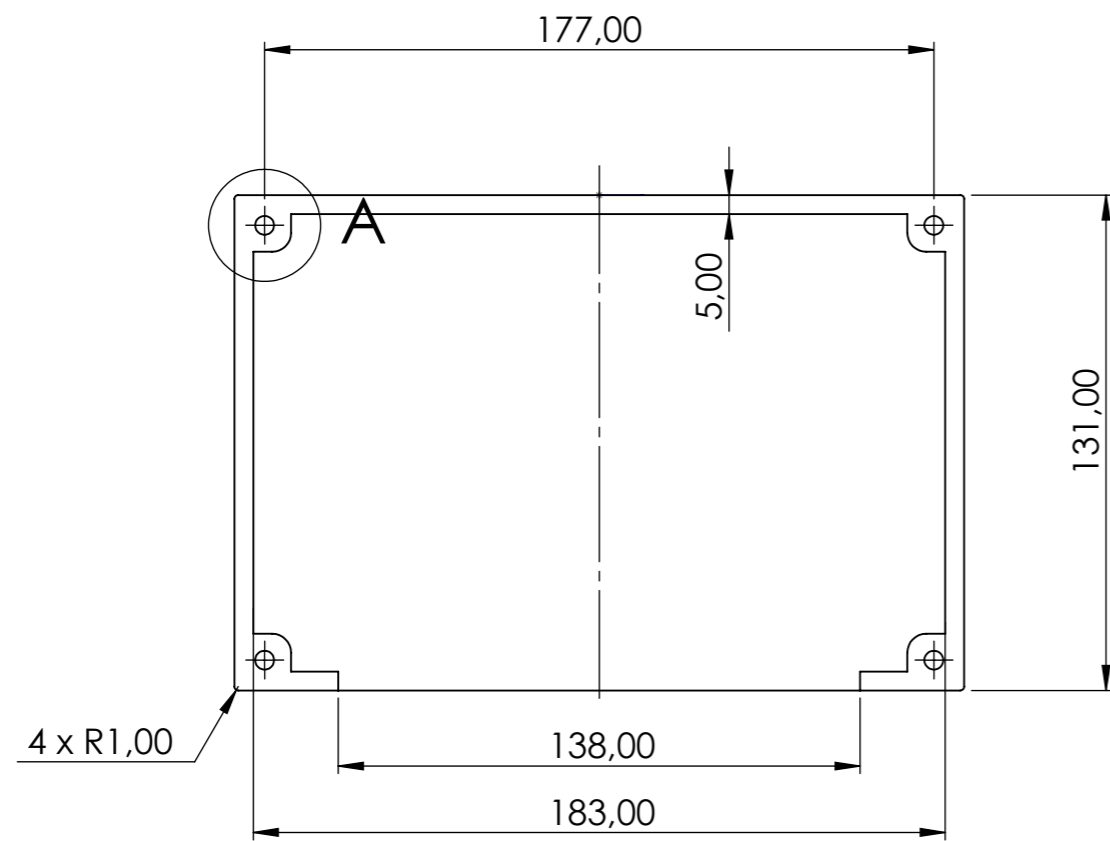
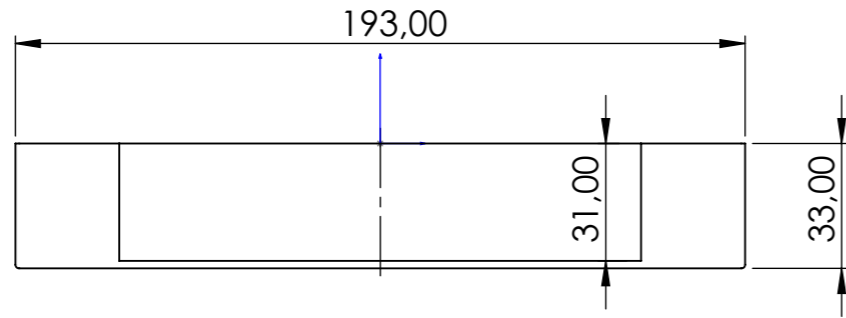
DETAIL A
SCALE 1 : 1



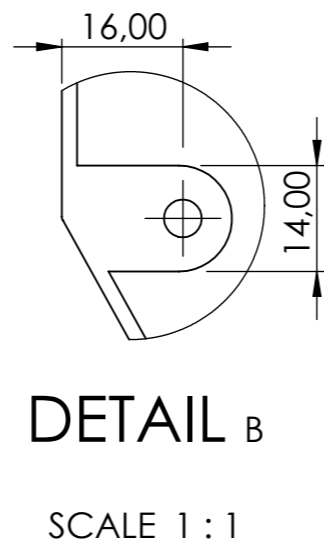
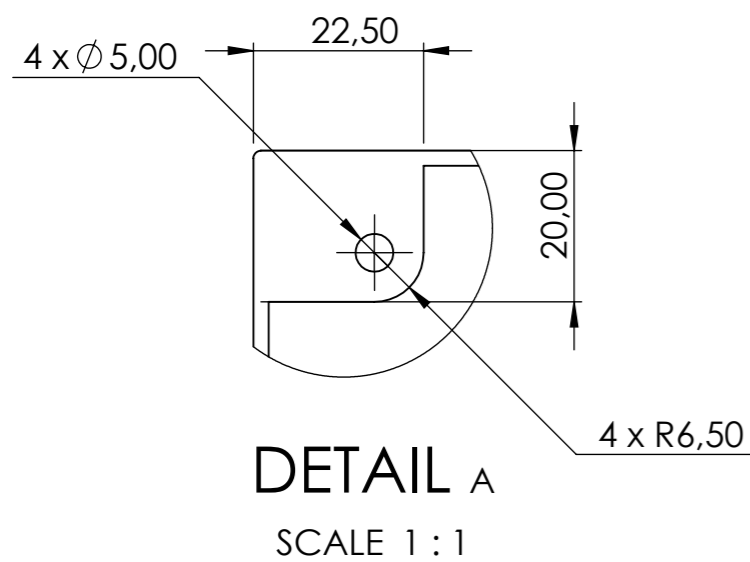
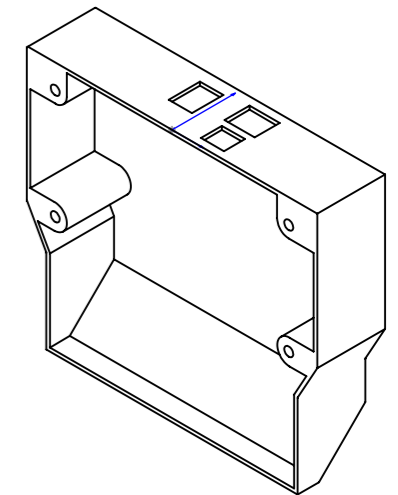
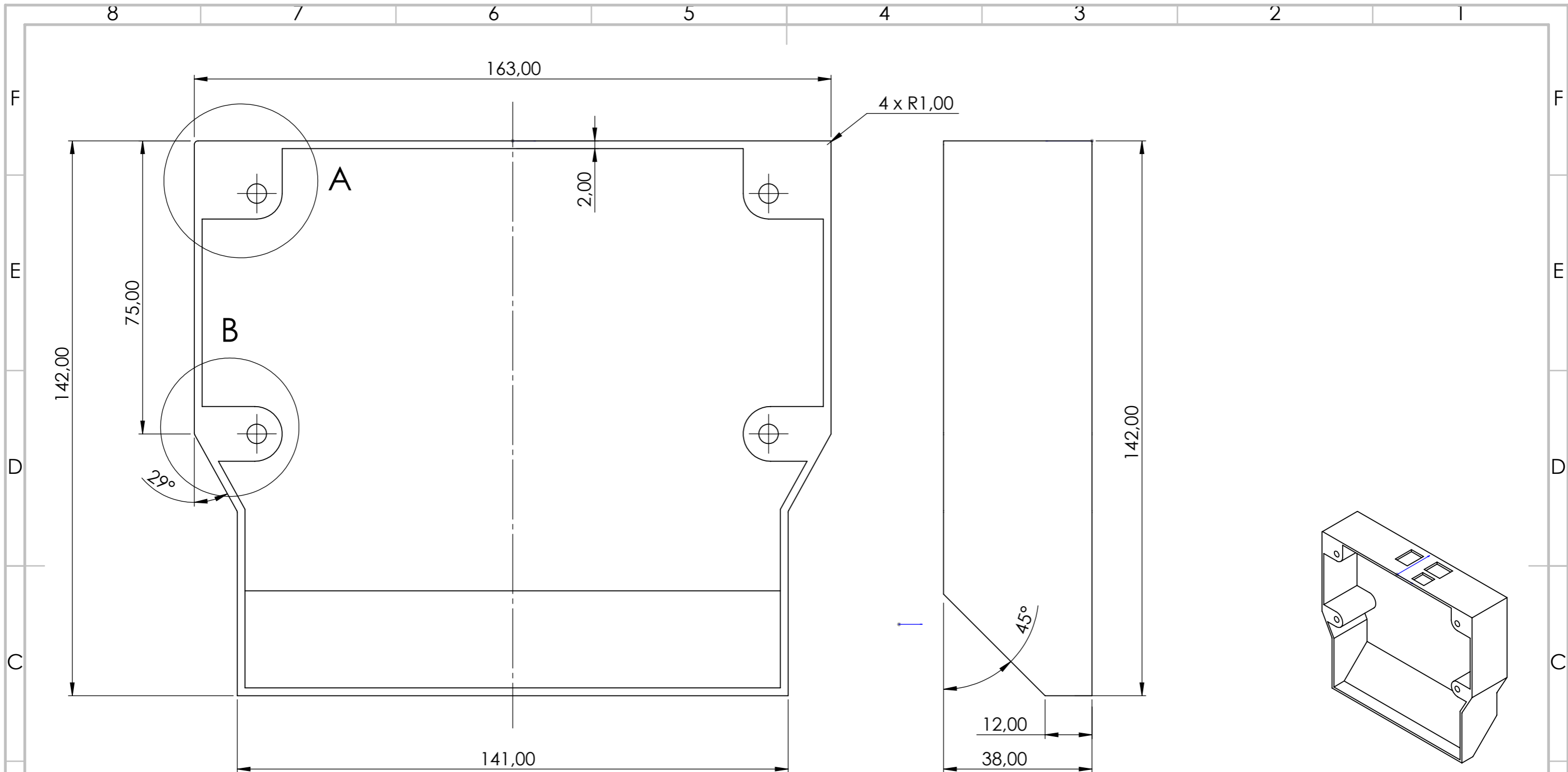
Tegnet av	Martin Slettedal	12.05.2022	Materiale:	Ultimaker PLA
Godkjent av	Tobias Nilsen	22.05.2022	Vekt:	63 g
			Beskrivelse:	
			Fremre bunndeksel	
			Tegningsnummer:	Revisjon:
	0113	A		
A3	1:2	Side 1 av 1		




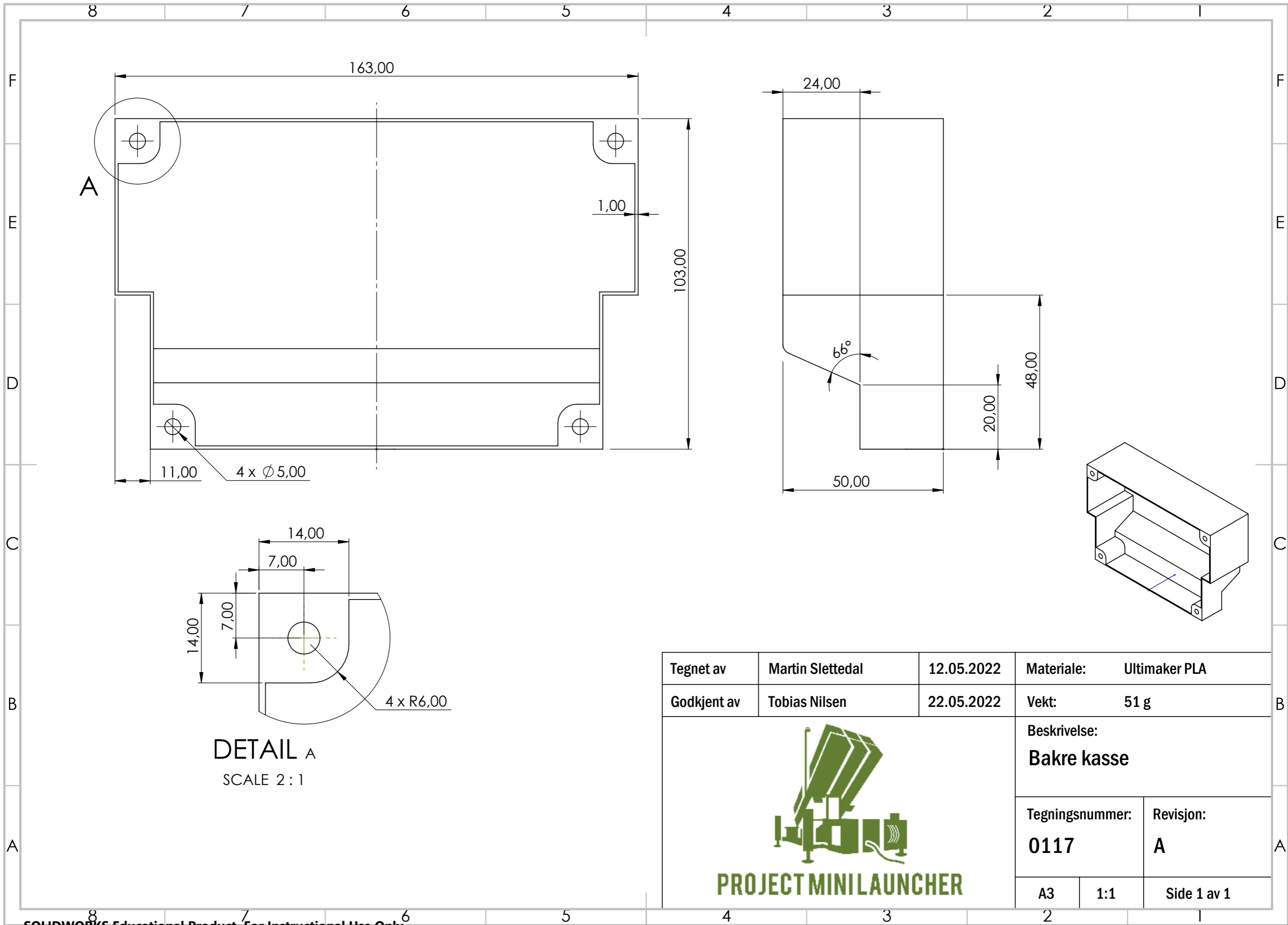
Tegnet av	Martin Slettedal	12.05.2022	Materiale:	Ultimaker PLa
Godkjent av	Tobias Nilsen	22.05.2022	Vekt:	87 g
			Beskrivelse:	
			Midtre bunndeksel	
			Tegningsnummer:	Revisjon:
0114		A		
A3	1:2	Side 1 av 1		



Tegnet av	Martin Slettedal	12.05.2022	Materiale:	Ultimaker PLA
Godkjent av	Tobias Nilsen	22.05.2022	Vekt:	78 g
			Beskrivelse:	
			Bakre bunndeksel	
			Tegningsnummer:	Revisjon:
	0115	A		
A3	1:2	Side 1 av 1		

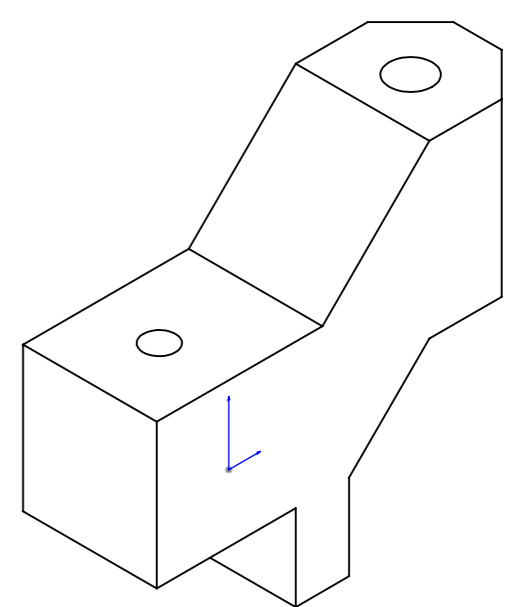
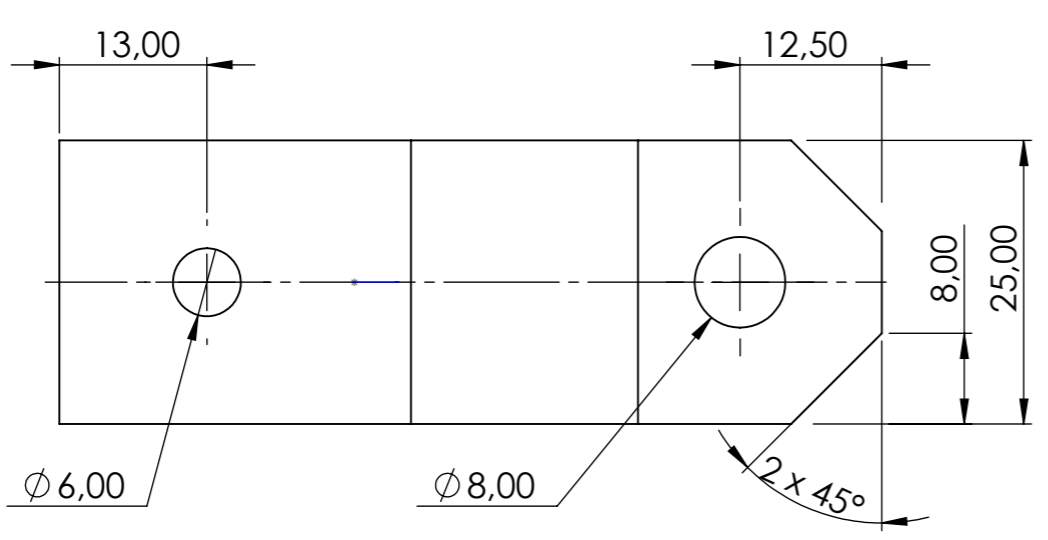
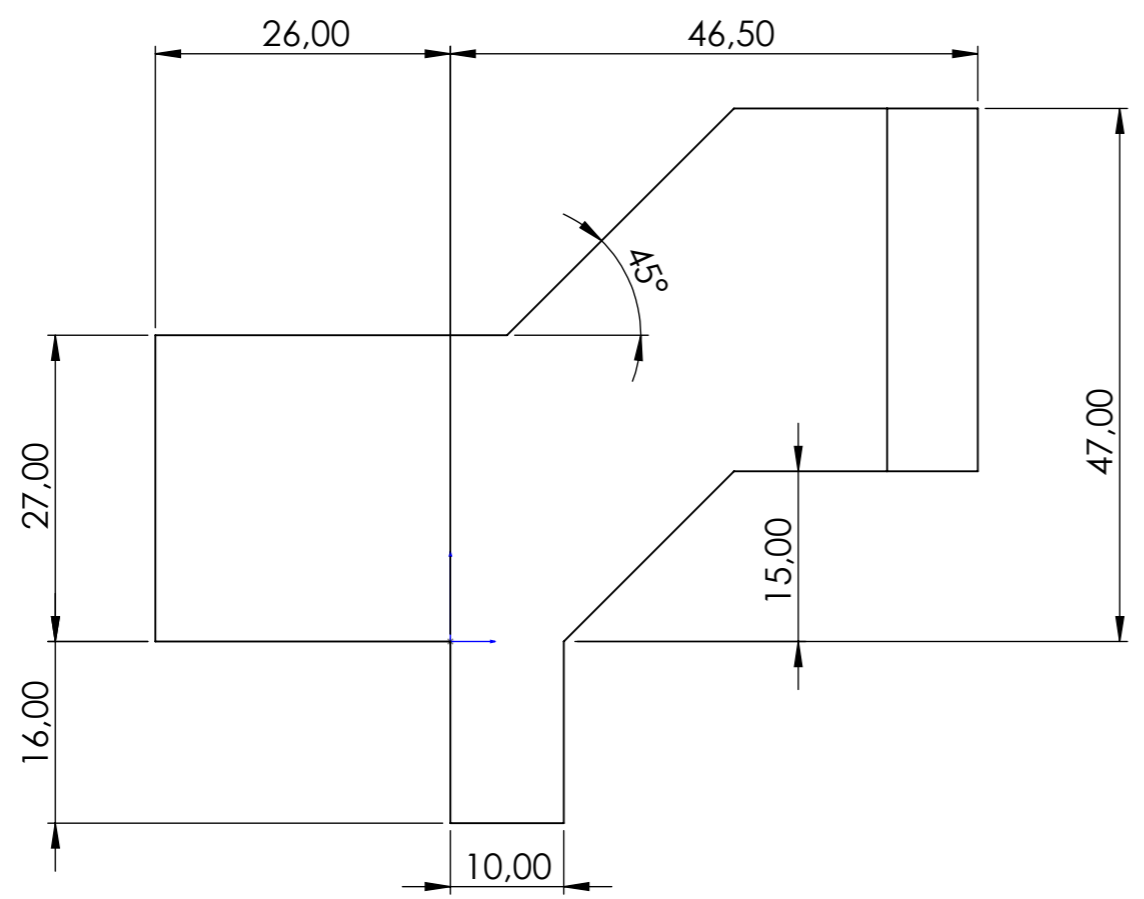



Tegnet av	Martin Slettedal	12.05.2022	Materiale:	Ultimaker PLA
Godkjent av	Tobias Nilsen	22.05.2022	Vekt:	67 g
			Beskrivelse:	
			Fremre kasse	
			Tegningsnummer:	Revisjon:
	0116	A		
A3	1:1	Side 1 av 1		

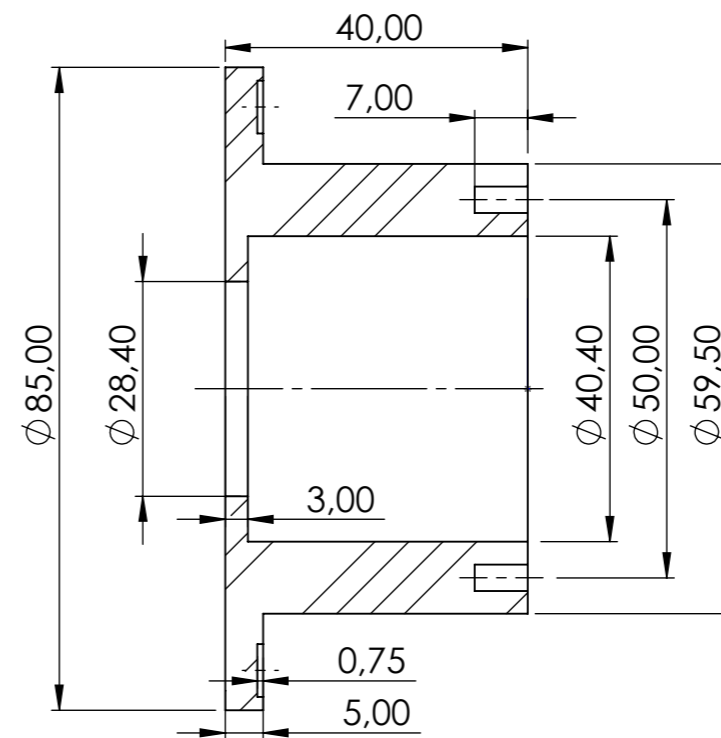
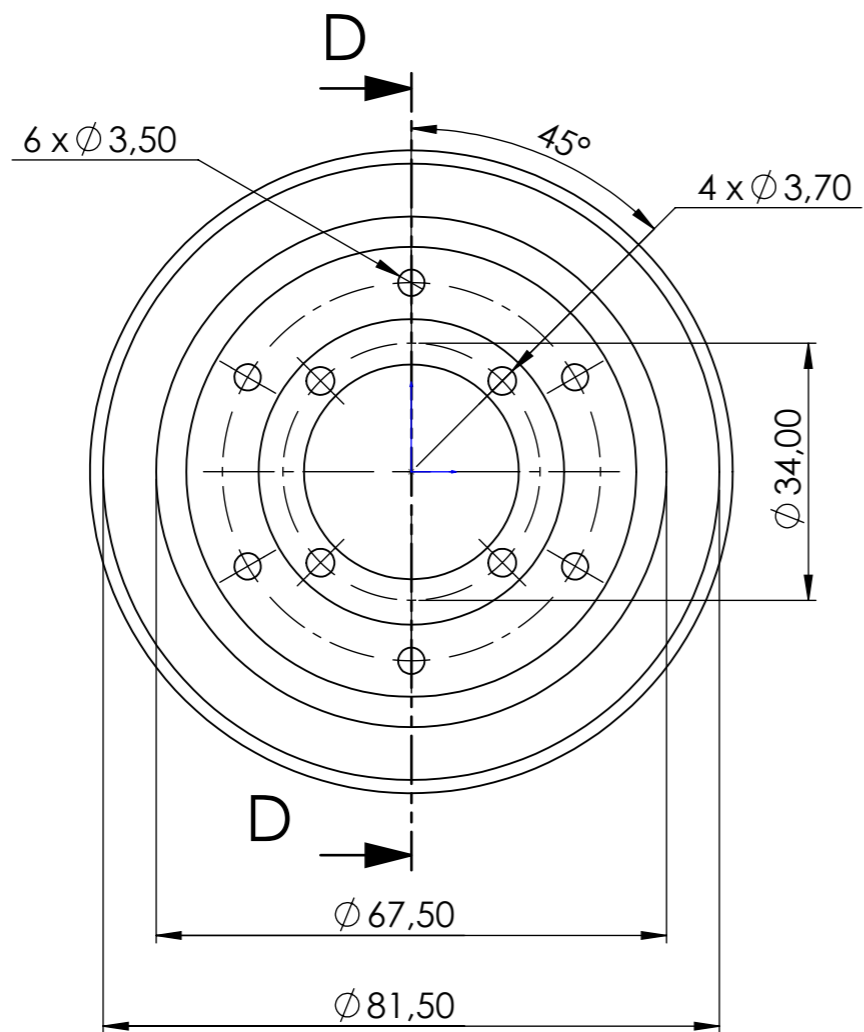


DETAIL A
SCALE 2 : 1

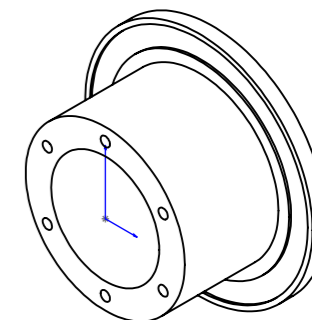
Tegnet av	Martin Slettedal	12.05.2022	Materiale:	Ultimaker PLA
Godkjent av	Tobias Nilsen	22.05.2022	Vekt:	51 g
 PROJECT MINILAUNCHER			Beskrivelse:	
			Bakre kasse	
			Tegningsnummer:	Revisjon:
	0117	A		
A3	1:1	Side 1 av 1		



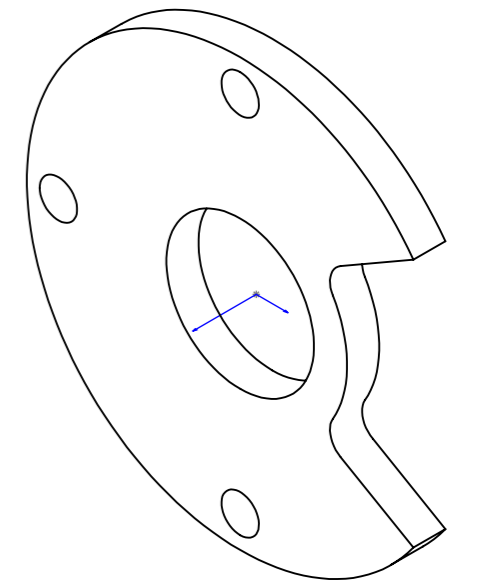
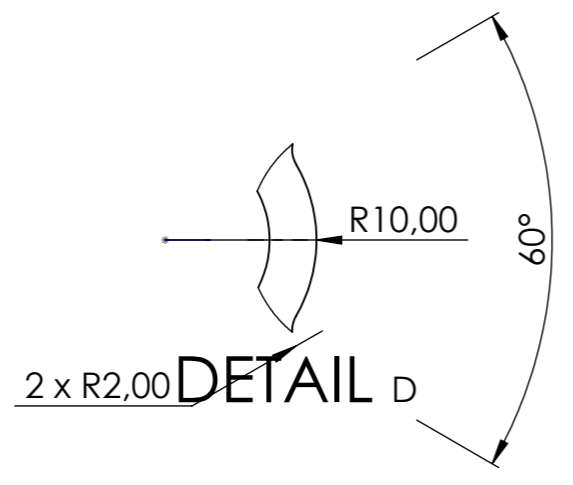
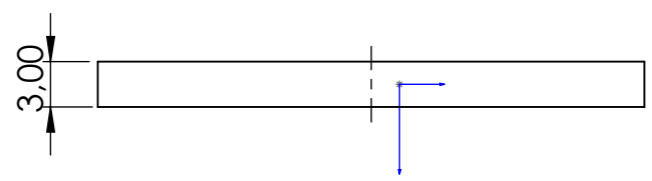
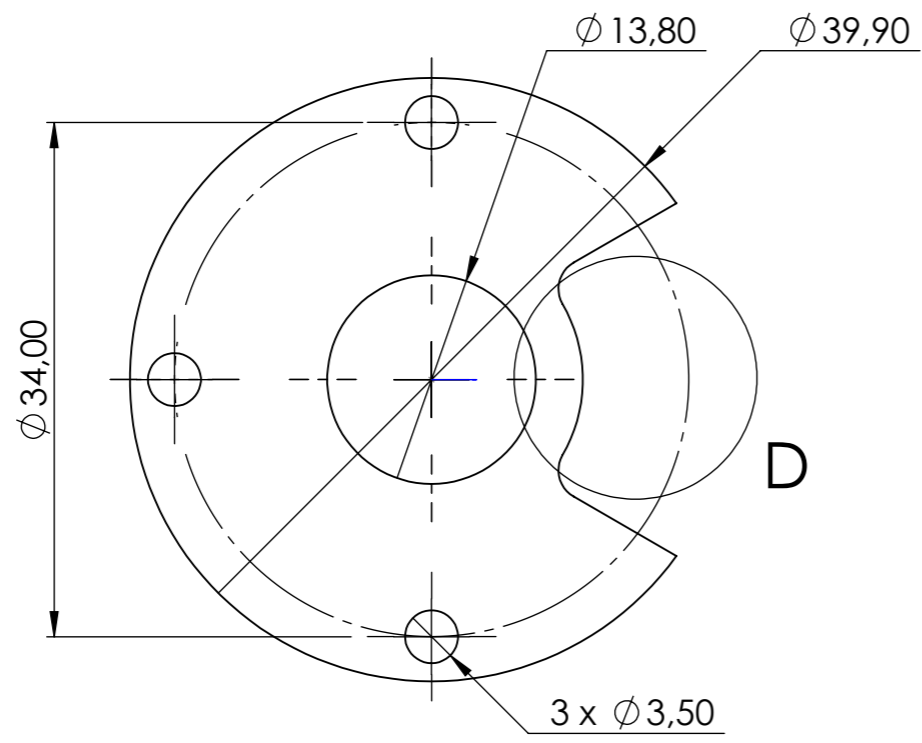
Tegnet av	Martin Slettedal	12.05.2022	Materiale:	Ultimaker PLA
Godkjent av	Tobias Nilsen	22.05.2022	Vekt:	23 g
			Beskrivelse:	
			Bein	
			Tegningsnummer:	Revisjon:
		0118	A	
A3	1,5:1	Side 1 av 1		




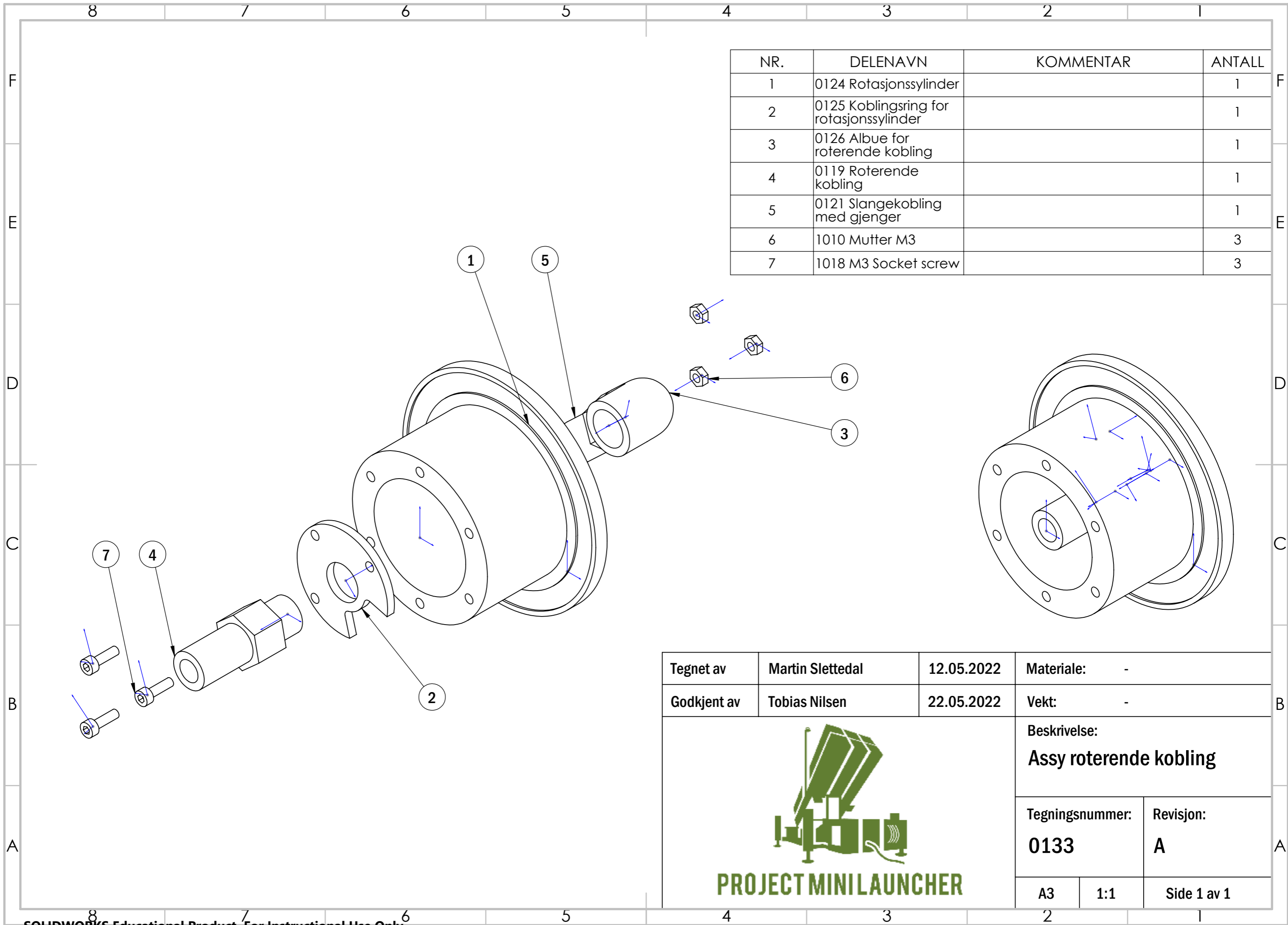
SECTION D-D




Tegnet av	Martin Slettedal	12.05.2022	Materiale:	Ultimaker PLA
Godkjent av	Tobias Nilsen	22.05.2022	Vekt:	45 g
 PROJECT MINILAUNCHER			Beskrivelse:	
			Rotasjonssylinder	
			Tegningsnummer:	Revisjon:
	0124	A		
A3	1:1	Side 1 av 1		



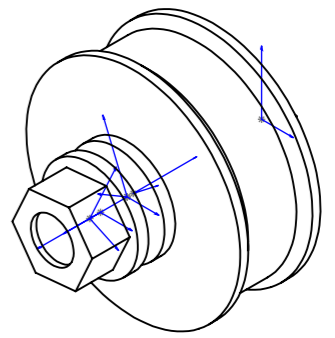
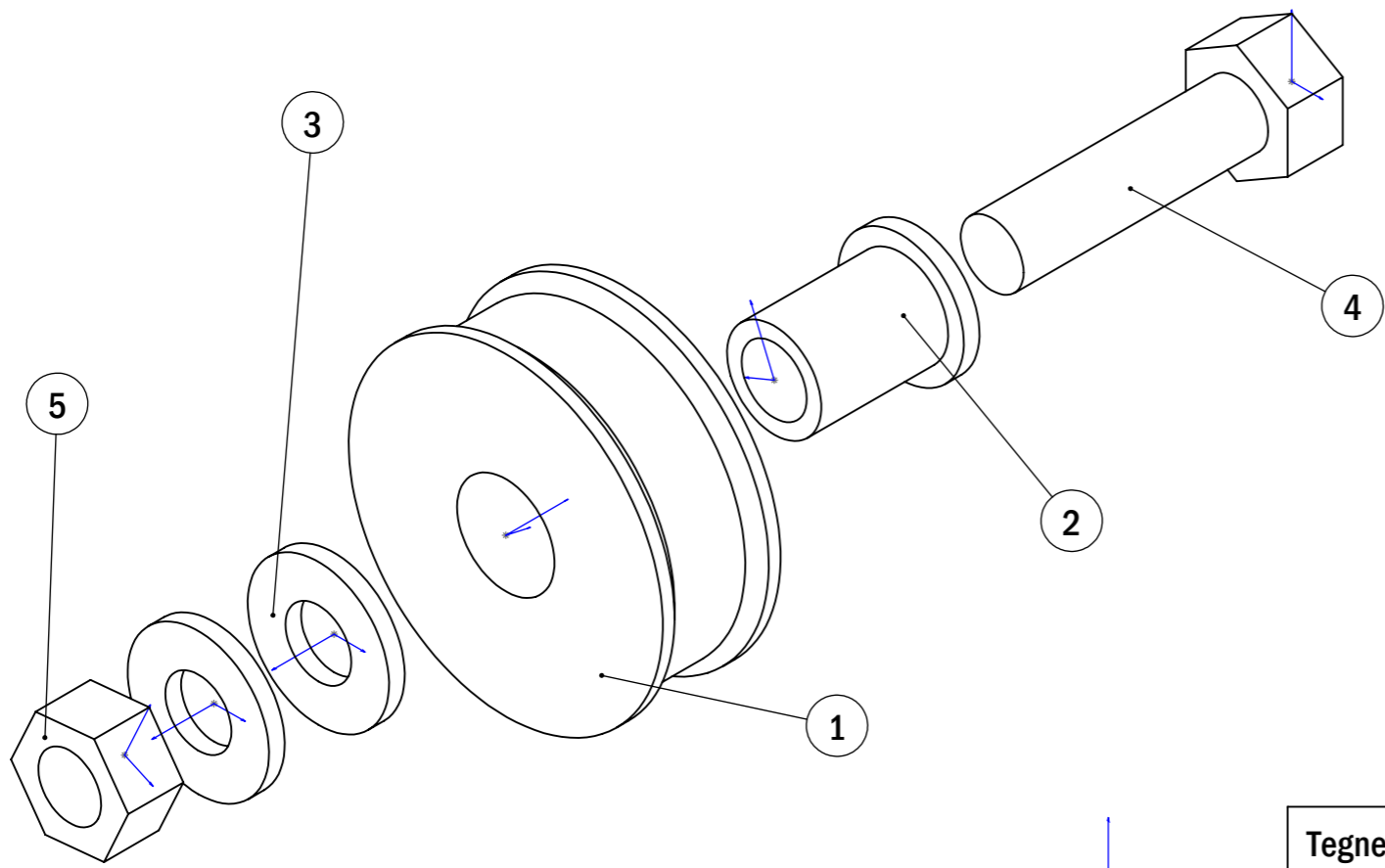
Tegnet av	Martin Slettedal	12.05.2022	Materiale:	Ultimaker PLA
Godkjent av	Tobias Nilsen	22.05.2022	Vekt:	9 g
			Beskrivelse:	
			Koblingsring for rotasjonssylinder	
			Tegningsnummer:	Revisjon:
0125		A		
A3	2:1	Side 1 av 1		



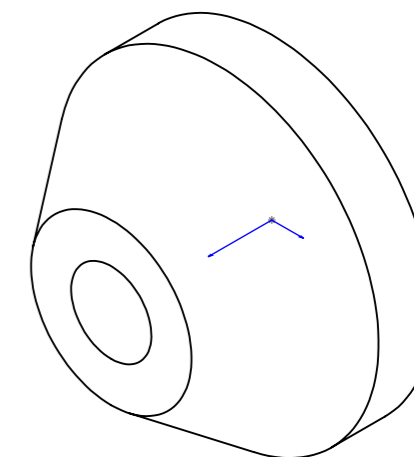
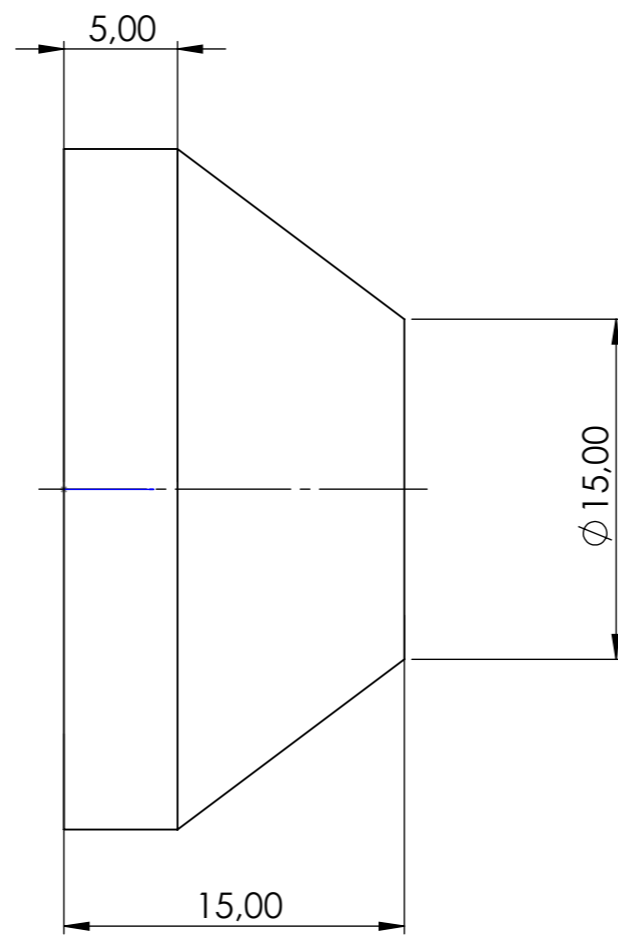
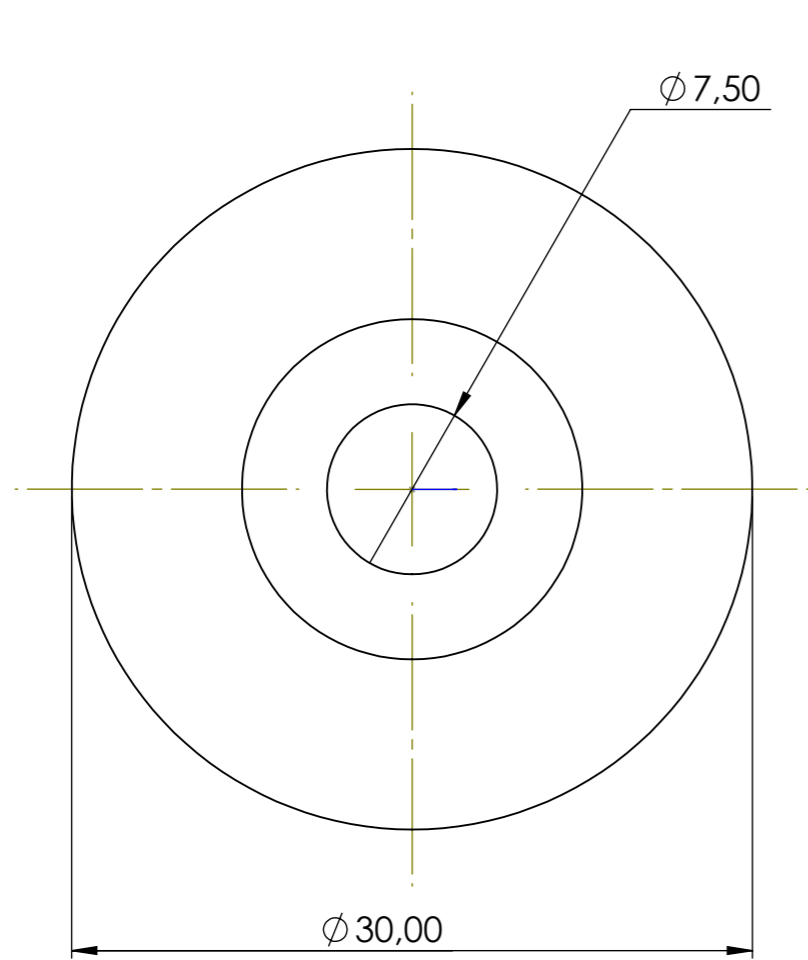
NR.	DELENAVN	KOMMENTAR	ANTALL
1	0124 Rotasjonssylinder		1
2	0125 Koblingsring for rotasjonssylinder		1
3	0126 Albue for roterende kobling		1
4	0119 Roterende kobling		1
5	0121 Slangekobling med gjenger		1
6	1010 Mutter M3		3
7	1018 M3 Socket screw		3

Tegnet av	Martin Slettedal	12.05.2022	Materiale:	-
Godkjent av	Tobias Nilsen	22.05.2022	Vekt:	-
			Beskrivelse:	
			Assy roterende kobling	
			Tegningsnummer:	Revisjon:
0133		A		
A3	1:1	Side 1 av 1		

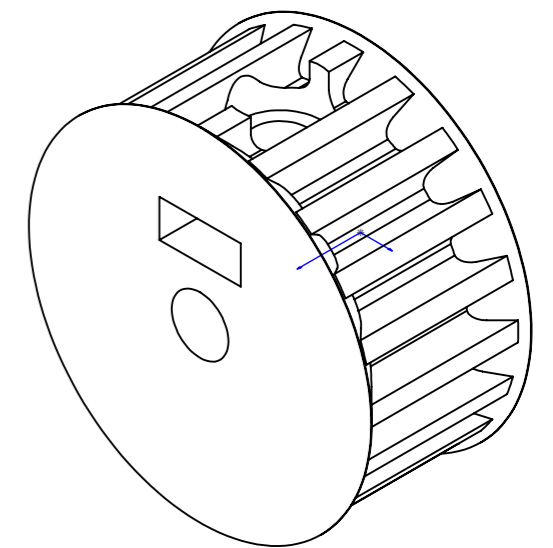
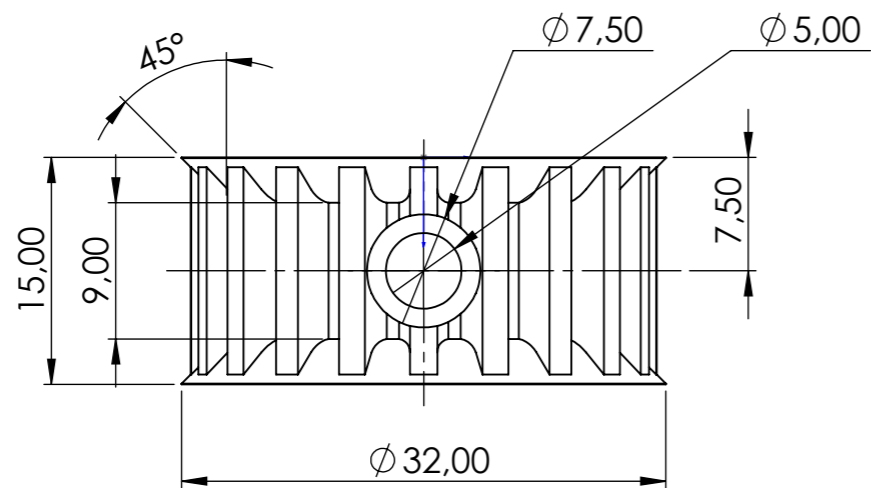
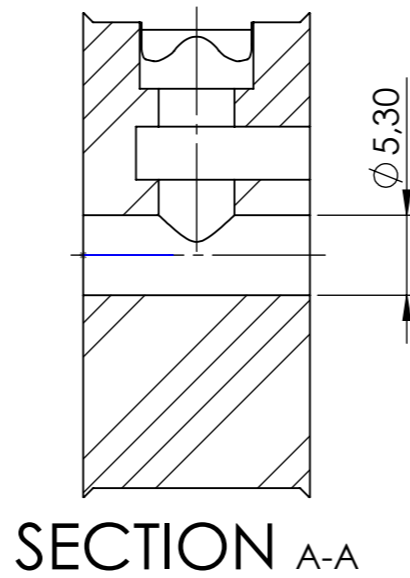
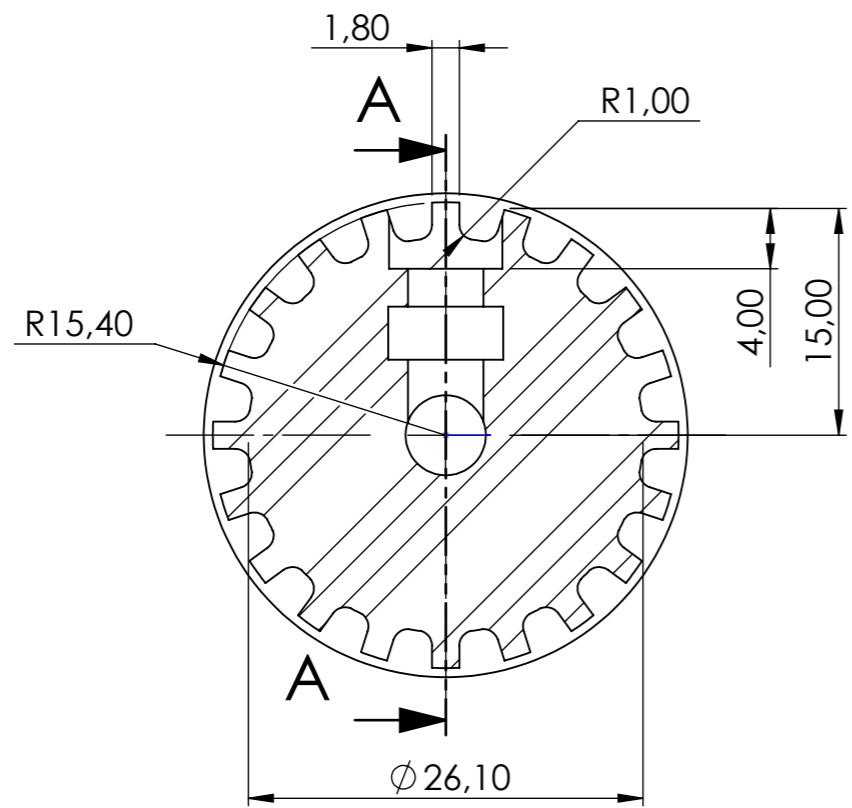
NR.	DELENAVN	KOMMENTAR	ANTALL
1	0111 Strammehjul	Ø40	1
2	0112 Bøssing 8mm	Ø8	1
3	1019 Skive M8		2
4	1020 Skruer M8	L35	1
5	1021 Mutter M8		1



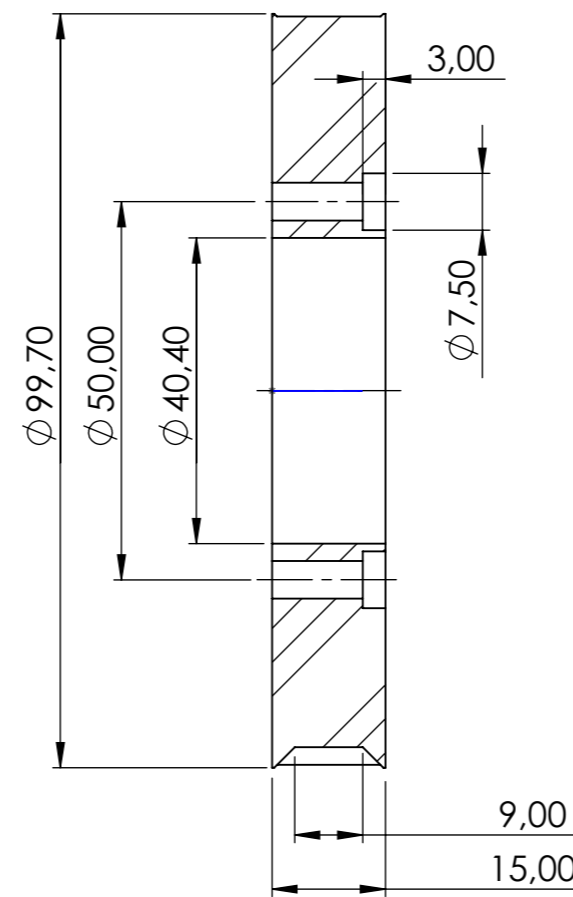
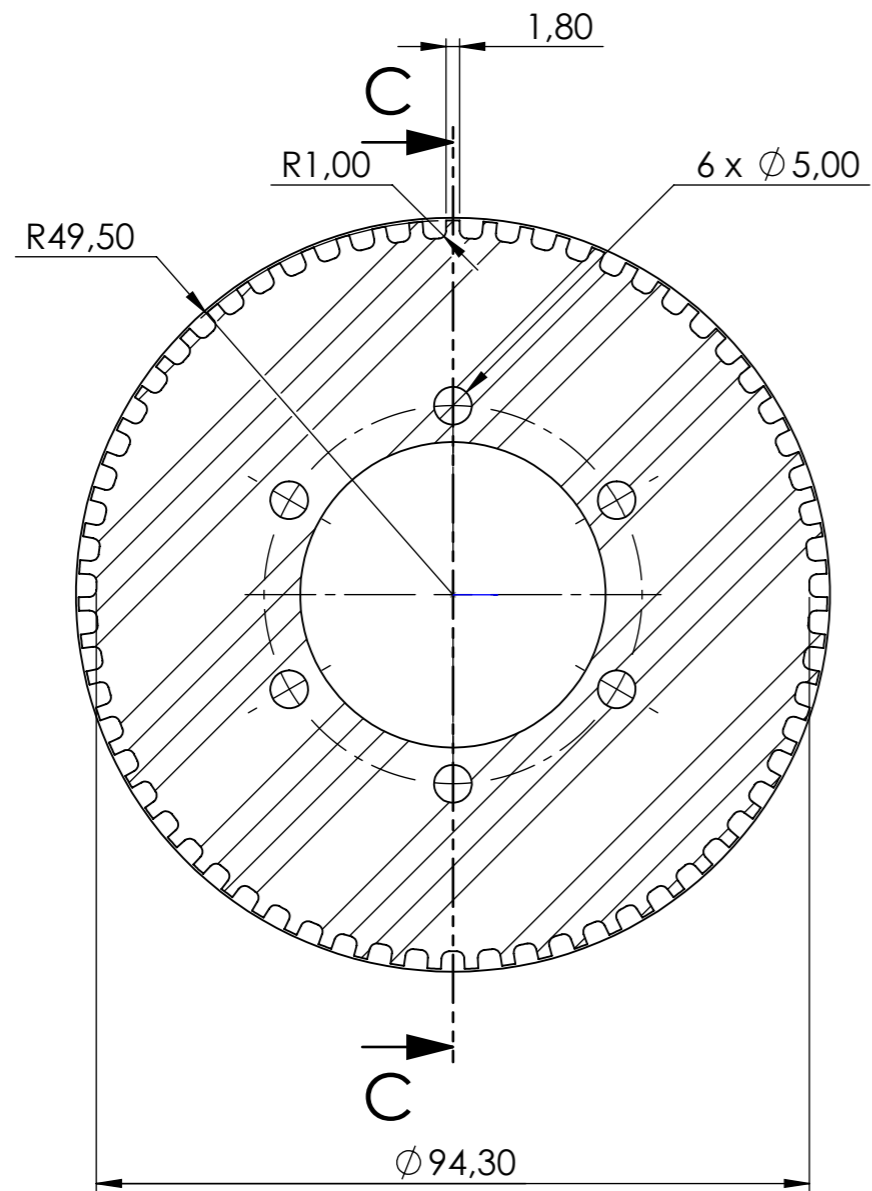
Tegnet av	Martin Slettedal	12.05.2022	Materiale:	-
Godkjent av	Tobias Nilsen	22.05.2022	Vekt:	-
 PROJECT MINILAUNCHER			Beskrivelse:	
			Assy strammehjul	
Tegningsnummer:		Revisjon:		
0134		A		
A3	1,5:1	Side 1 av 1		



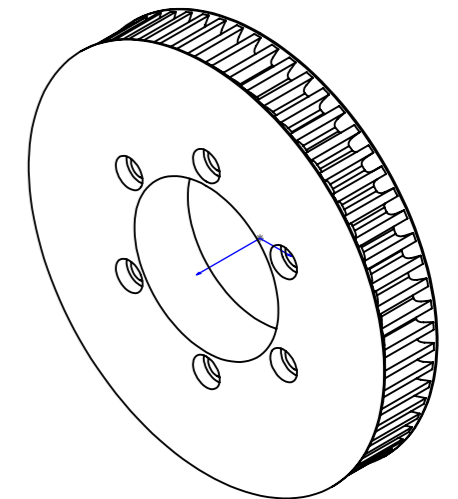
Tegnet av	Martin Slettedal	12.05.2022	Materiale:	Ultimaker PLA
Godkjent av	Tobias Nilsen	22.05.2022	Vekt:	30 g
			Beskrivelse:	
			Fot	
			Tegningsnummer:	Revisjon:
		0137	A	
A3	3:1	Side 1 av 1		



Tegnet av	Martin Slettedal	12.05.2022	Materiale:	Ultimaker PLA
Godkjent av	Tobias Nilsen	22.05.2022	Vekt:	21 g
			Beskrivelse:	
			Reimskive motor liten	
			Tegningsnummer:	Revisjon:
0151		A		
A3	2:1	Side 1 av 1		



SECTION C-C



Tegnet av	Martin Slettedal	12.05.2022	Materiale:	Ultimaker PLA
Godkjent av	Tobias Nilsen	22.05.2022	Vekt:	46 g
 <p>PROJECT MINILAUNCHER</p>			Beskrivelse:	
			Reimskive toppstruktur stor	
			Tegningsnummer:	Revisjon:
	0153	A		
A3	1:1	Side 1 av 1		